

Elaine N. **MARIEB**
Katja **HOEHN**

Anatomie et physiologie humaines

Adaptation française
Sophie DUBÉ

Développement éditorial

Philippe Dubé

Gestion de projet

Sylvie Chapleau

Traduction

Annie Desbiens et Sylvie Dupont

Révision linguistique

Jean-Pierre Regnault

Correction d'épreuves

Marie-Claude Rochon (Scribe Atout)

Recherche iconographique et libération de droits

Aude Maggiori

Direction artistique

Hélène Cousineau

Gestion des réalisations graphiques

Estelle Cuillerier

Conception de la couverture

Francis Kerdevez

Réalisation graphique

Marquis Interscript inc.

Authorized translation from the English language edition entitled HUMAN ANATOMY & PHYSIOLOGY, 11th edition by ELAINE MARIEB; KATJA HOEHN, published by Pearson Education, Inc, publishing as Pearson, Copyright © 2019 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

FRENCH language edition published by ERPI, Copyright © 2019.

Cet ouvrage est une version française de la onzième édition de *Human Anatomy & Physiology* de Elaine Marieb et Katja Hoehn, publiée et vendue à travers le monde avec l'autorisation de Pearson Education, Inc.

© ÉDITIONS DU RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE INC. (ERPI), 2019

Membre du groupe Pearson Education depuis 1989

1611, boulevard Crémazie Est, 10^e étage

Montréal (Québec) H2M 2P2

Canada

Téléphone : 514 334-2690

Télécopieur : 514 334-4720

information@pearsonerpi.com

pearsonerpi.com



Tous droits réservés.

On ne peut reproduire aucun extrait de ce livre sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit — sur machine électronique, mécanique, à photocopier ou à enregistrer, ou autrement — sans avoir obtenu, au préalable, la permission écrite des ÉDITIONS DU RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE INC.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2019

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2019

Imprimé au Canada

ISBN 978-2-7613-9939-5
(82021475)

1234567890 II 22 21 20 19
20861 ABCD SM9

Auteurs



Elaine N. Marieb

Détentrice d'un doctorat en zoologie de l'Université du Massachusetts, Elaine N. Marieb enseignait au Holyoke Community College lorsqu'elle ressentit le désir de mieux comprendre les liens entre l'étude scientifique du corps humain et les aspects

cliniques des soins infirmiers. Parallèlement à l'enseignement à temps plein, elle entreprit donc des études en soins infirmiers qu'elle poursuivit jusqu'à l'obtention d'une maîtrise avec spécialisation clinique en gérontologie de l'Université du Massachusetts. C'est de cette expérience que vient la perspective unique de ses ouvrages, centrés sur les besoins de ses étudiants.



Katja Hoehn

Détentrice d'un doctorat en médecine de l'Université de Saskatchewan et d'un doctorat en pharmacologie de l'Université Dalhousie, Katja Hoehn enseigne à la

Au fil des ans, Elaine Marieb a aidé de nombreux étudiants à poursuivre leurs études, notamment en fournissant des bourses d'études à des femmes qui avaient dû les interrompre ou qui n'avaient pas les moyens d'en entreprendre. Elle a également financé des prix d'enseignement et des améliorations aux installations du Holyoke Community College en plus de contribuer à nombreuses œuvres caritatives.

En 2012 et 2017, Elaine Marieb a apporté à la Florida Gulf Coast University un généreux soutien financier qui sera investi à long terme dans l'éducation et la recherche en soins de santé et services sociaux ainsi que dans la formation des futurs professionnels de ce domaine au sein de la communauté locale. En hommage à cette contribution, la Florida Gulf Coast University accueille maintenant le Elaine Nicpon Marieb College of Health and Human Services.

Elaine Marieb est décédée en décembre 2018, à l'âge de 82 ans.

Mount Royal University, à Calgary. Elle a été récompensée à plusieurs reprises pour la qualité de son enseignement. À l'exemple d'Elaine Marieb, elle soutient financièrement des étudiants grâce à une bourse pour les étudiants en soins infirmiers qu'elle a établie en 2006 à la Mount Royal University.

Adaptatrice

Sophie Dubé

Depuis plus de 15 ans, Sophie Dubé enseigne la biologie, plus précisément l'anatomie et la physiologie humaines. Détentrice d'un baccalauréat en biologie spécialisé en sciences biomédicales de l'Université de Montréal, elle a poursuivi ses études aux cycles supérieurs et obtenu une maîtrise en pathologie et biologie cellulaires. C'est d'ailleurs pendant ses études de deuxième cycle qu'elle effectue ses premières prestations comme enseignante. Passionnée par la génétique et la biologie

cellulaire, elle est d'abord chargée de cours à l'Université du Québec à Trois-Rivières en anatomie descriptive pour le programme de baccalauréat en sciences biomédicales, puis en génétique médicale pour le programme de doctorat en médecine. C'est à ce moment-là que le déclic se fait pour l'enseignement et qu'elle se lance dans le microprogramme d'enseignement au collégial de l'Université de Montréal pour parfaire ses connaissances en pédagogie.

Sophie Dubé est professeure au Cégep de Saint-Jérôme depuis maintenant 10 ans. Elle enseigne dans plusieurs programmes, dont ceux des Sciences de la nature et des Sciences humaines, mais c'est surtout celui des Techniques de soins infirmiers qui occupe majoritairement son temps. À l'intérieur des cours de biologie de ce programme, elle parvient à vulgariser les notions de physiologie humaine, le domaine de la biologie qui la passionne au plus haut point.

Remerciements

S'attaquer à l'adaptation scientifique d'une référence aussi complète et complexe qu'*Anatomie et physiologie humaines* de Marieb et Hoehn serait impossible sans le travail acharné d'une équipe extraordinaire et professionnelle.

Nous tenons tout d'abord à remercier Linda Moussakova et René Lachaine, les adaptateurs des précédentes éditions du Marieb pour le travail colossal qu'ils ont effectué. Leur rigueur, leur souci pédagogique et leur grande expérience ont facilité et guidé le travail d'adaptation. Ils ont fait de ce livre une référence en enseignement de l'anatomie et de la physiologie dans le milieu francophone, tant au collégial qu'au premier cycle universitaire.

Pour leur collaboration exceptionnelle à cette 6^e édition, nous remercions Fabienne Vozy (Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu) et Irina Pusztai (illustratrice). Collaboratrices passionnées et engagées, elles ont créé neuf doubles pages dans cette 6^e édition. C'est avec une grande fierté que nous vous présentons ces pages qui offrent une synthèse visuelle efficace et unique. Fabienne s'est également investie à fond dans ce projet en participant aux échanges d'idées à propos du matériel numérique. Il est aussi essentiel de souligner le travail d'Hugo Larouche-Trottier (Cégep de l'Outaouais). Grâce à sa réflexion, à sa vision et à son travail acharné, nous sommes en mesure d'offrir des ressources numériques novatrices qui constitueront de précieux outils pédagogiques pour les enseignants et les étudiants. Nous espérons que vous les apprécierez. Nous tenons aussi à remercier Benjamin Tardif (Collège de Maisonneuve), qui ne recule jamais devant un défi de programmation. Avec l'aide de l'équipe de Pearson ERPI, il a créé une simulation interactive engageante qui permet l'intégration de plusieurs concepts clés. Un merci particulier à Chantal Proulx (Collège de Bois-de-Boulogne) pour la création et la traduction des animations en français, ainsi que les questions interactives qui les accompagnent.

Merci à tous les professeurs qui nous ont fait part de leurs avis et de leurs commentaires afin de dégager les priorités pour cette 6^e édition : Philippe Mauguere (Cégep du Vieux Montréal), Marc Tremblay, Sophie Hasty et Valérie Lacourse

Sa soif de connaissances l'a mené à devenir adaptatrice scientifique chez Pearson ERPI. Depuis 2014, elle a notamment réalisé l'adaptation d'*Éléments d'anatomie et de physiologie* de Tortora et Derrickson, et collaboré à la prochaine édition de *Biologie* (Campbell) de Urry et collaborateurs. Elle a également participé à la réalisation des deux éditions du cahier *Exercices illustrés d'anatomie et de physiologie* de Morand-Contant et Bentz.

(Cégep Sorel-Tracy), Stéphanie Roy (Collège Montmorency), Luciano Vidali (Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu), Mathieu Dumais, Mélissa Boisvert, Anik Savoie et Véronique Beaulieu-Audy (Cégep de Granby) et Martin Imbeault (Cégep de Sainte-Foy).

L'adaptatrice tient également à remercier Annie Desbiens et Sylvie Dupont pour la traduction de la 11^e édition anglaise. Leur précision et leur rigueur ont grandement facilité le travail d'adaptation. Un grand merci à Jean-Pierre Regnault, pour son immense travail de révision linguistique. Toujours prêt et disponible, il est un collaborateur précieux et rigoureux. Ses suggestions et ses conseils ont grandement contribué à la clarté de cet ouvrage. Merci également à Marie-Claude Rochon pour la révision d'épreuves, car son œil de lynx et sa grande précision sont essentiels à l'uniformité de ce livre de référence. Un merci particulier à Liette Beaulieu pour le travail de coordination sur les doubles pages, un projet colossal.

Ces remerciements seraient incomplets sans mentionner le soutien, la compréhension et la confiance de Philippe Dubé, chef du développement éditorial. Un immense merci à Sylvie Chapleau, editrice, qui a su mener d'une main de maître cet énorme projet. Merci pour les conseils, l'écoute et la confiance.

Plus personnellement, l'adaptatrice tient à remercier ses proches, car un projet d'une telle envergure serait impossible à mener à terme sans le soutien indéfectible de la famille. Merci à Simon, à Pascal et à Clémence pour leur aide quotidienne, ainsi qu'à Huguette et à Louis pour leurs encouragements soutenus depuis le tout début. Merci à Chloé et à Olivier pour leurs questions toujours pertinentes et leur curiosité insatiable envers cette magnifique science qu'est la biologie. Un merci spécial à Chrystian pour sa grande compréhension, sa patience infinie, son appui, sa présence réconfortante, et surtout, pour son amour. Finalement, merci à Clara et à Marie, biologistes en constante formation, qui ont su partager leur mère pendant plusieurs mois avec cette 6^e édition. Merci pour leurs mille et une interrogations sur le corps humain qui permettent toujours de ramener les processus physiologiques complexes à l'essentiel.

Préface

L'étude de l'anatomie et de la physiologie ne serait ni cohérente ni logique si elle ne s'articulait pas autour de thèmes fondamentaux. Les trois que nous avons choisis, énoncés dans le chapitre 1 et développés tout au long du manuel, forment le fil conducteur qui donne au manuel son unité, sa structure et son ton.

- **Relations entre les systèmes.** Partout où nous en avons eu l'occasion, nous avons souligné que presque tous les mécanismes de régulation reposent sur l'interaction de plusieurs systèmes. Par exemple, le système respiratoire ne peut pas accomplir les échanges gazeux – son rôle – si une dysfonction du système cardiovasculaire empêche la bonne irrigation sanguine de tout l'organisme. Cette approche, qui atteint son point culminant dans les rubriques *Synthèse*, ainsi que dans les questions de type « Faites des liens », qui reviennent tout au long du manuel, aideront les étudiants à relier la nouvelle matière avec les connaissances qu'ils ont déjà acquises et à envisager l'organisme comme un ensemble dynamique de composants interdépendants et non comme un assemblage d'unités structurales isolées.
- **Homéostasie.** L'homéostasie est l'état d'équilibre que l'organisme s'efforce d'atteindre et de maintenir. La perte de cet état est toujours associée à un problème de santé antérieur ou actuel. Nous n'avons pas choisi ce thème pour mettre l'accent sur la maladie, mais plutôt pour illustrer ce qui se passe dans l'organisme lorsque « les choses tournent mal » et que l'équilibre est rompu. Les paragraphes portant sur les déséquilibres homéostatiques sont marqués par un symbole qui évoque une balance en déséquilibre et accompagnés du titre du sujet clinique traité. Que ce soit dans une figure ou dans le corps du texte, ce symbole annonce aux étudiants qu'ils vont analyser la maladie sous l'angle de la perte de l'homéostasie.
- **Relation entre la structure et la fonction.** Au fil du manuel, nous faisons de la compréhension des structures anatomiques une condition préalable à l'assimilation des fonctions. Nous expliquons minutieusement les concepts fondamentaux de la physiologie, et nous les rapportons aux caractéristiques morphologiques qui permettent ou facilitent l'accomplissement des diverses fonctions. Nous soulignons par exemple que les cellules musculaires peuvent produire du mouvement parce qu'elles sont contractiles.

NOUVEAUTÉS DE CETTE 6^e ÉDITION

Les changements apportés à la présente version sont motivés par le désir d'aider les étudiants de diverses manières, que voici :

Aider les étudiants à faire des liens entre la nouvelle matière et les concepts appris antérieurement. Pour maîtriser les nouveaux concepts, les étudiants doivent les mettre en rapport avec ceux qu'ils connaissent déjà. Pour les aider à y parvenir, nous avons fait les ajouts suivants à la présente édition :

- **Icônes de renvoi (↩).** Cette icône renvoie l'étudiant aux numéros de pages où le concept a été abordé pour la première fois.
- **Questions de type « Faites des liens ».** Nous avons augmenté le nombre de questions précédées de l'amorce « Faites des liens » dans la rubrique *Vérifiez vos acquis*, qui figure à la fin de chacune des grandes sections d'un chapitre. Pour répondre à ces questions, les étudiants doivent utiliser les concepts appris précédemment (le plus souvent dans les chapitres antérieurs).
- **Nouvelles questions de haut niveau.** Chaque chapitre comporte maintenant au moins cinq questions de haut niveau qui sollicitent une réflexion plus approfondie et l'intégration de plusieurs concepts. Ces questions sont clairement indiquées par les amorces suivantes : **APPLIQUEZ**, **DESSINEZ**, **DÉDUISEZ**, **FAITES DES LIENS** et **ET SI ?**.
- **Nouveaux tableaux synthèses.** Les étudiants ont exprimé le souhait d'avoir plus de résumés sous forme de tableaux. Nous avons donc ajouté 13 de ces tableaux (dont 2 illustrés) qui sont autant de synthèses pour les aider à réviser les concepts.

Améliorer la capacité des étudiants à comprendre et à interpréter des images. Depuis toujours, l'anatomie s'apprend surtout à partir d'images. De plus en plus, cependant, la physiologie est elle aussi représentée par des images, qu'il s'agisse d'illustrations d'interactions moléculaires, de schémas décrivant des processus ou d'autres représentations graphiques. Tout au long de leur future carrière, les étudiants devront être capables de comprendre et d'interpréter de l'information présentée visuellement. Dans la présente édition, nous les aidons à développer cette capacité grâce aux ajouts suivants :

- **Ajout de figures Zoom.** Les figures *Zoom* sont des vues d'ensemble qui illustrent de façon très vivante des mécanismes

physiologiques complexes, étape par étape, pour aider les étudiants à bien les comprendre. Comme ces figures sur deux pages ont eu un grand succès, tant auprès des étudiants qu'auprès des enseignants, nous en avons ajouté 19 dans la nouvelle édition.

- **Nouvelles questions de type **DESSINEZ** dans chaque chapitre.** Les étudiants croient souvent qu'il suffit de regarder une illustration pour la comprendre, mais l'assimilation d'un concept représenté graphiquement demande un apprentissage plus actif. C'est pourquoi la nouvelle édition inclut au moins une question par chapitre où l'étudiant doit faire un dessin ou compléter un schéma existant.
- **Nouvelles questions portant sur des illustrations.** Pour aider les étudiants à développer leur capacité d'interpréter des représentations graphiques, nous avons ajouté, dans les rubriques *Vérifiez vos acquis*, 47 nouvelles questions qui portent sur une illustration. Certaines consistent simplement à indiquer les parties de l'illustration, mais beaucoup d'autres sollicitent une interprétation plus avancée.
- **Figures améliorées pour augmenter l'efficacité de l'enseignement.** Comme toujours, une grande part du travail menant à cette nouvelle édition a porté sur les illustrations. De nos jours, les étudiants sont habitués à voir des images hautement photoréalistes. Il reste que bon nombre d'entre eux ne savent pas toujours comment en extraire l'information pertinente ou exercer leur raisonnement critique à l'égard de celle-ci. C'est donc en tenant compte de cette réalité que nous continuons de moderniser nos illustrations en fonction des besoins changeants des étudiants afin qu'elles soient encore plus propices à l'enseignement des concepts essentiels. Dans bien des figures, nous avons ajouté du texte en bleu qui guide l'étudiant, un peu comme le ferait la voix de l'enseignant. En outre, nous avons choisi méticuleusement les nouvelles photos et en avons identifié les parties afin de rehausser encore le processus d'apprentissage.
- **Ajout d'illustrations à des tableaux existants et ajout de tableaux illustrés.** Les étudiants apprécient particulièrement les tableaux illustrés parce qu'ils y trouvent des repères visuels qui les aident à se rappeler le contenu. Dans cette nouvelle édition, nous avons intégré des illustrations à deux tableaux et ajouté trois tableaux illustrés.
- **Ajout de figures dans le corps du texte.** Il s'agit ici de petites images ou photos dont la largeur ne dépasse pas la moitié d'une colonne et qui apparaissent à même le texte, à des endroits stratégiques de la matière présentée.

Aider les étudiants dans l'application clinique des concepts :

- **Mise à jour des rubriques *Déséquilibre homéostatique*.** Nous avons mis à jour bon nombre des rubriques *Déséquilibre homéostatique* en plus d'intégrer des photos pertinentes à certaines. Nous avons revu chaque rubrique *Déséquilibre homéostatique* pour nous assurer de son exactitude et de sa pertinence. De plus, le nouveau graphisme du manuel fait ressortir davantage cette rubrique.
- **Ajout de photos cliniquement pertinentes.** Nous avons ajouté ou mis à jour un certain nombre de photos que nous estimons pertinentes sur le plan clinique (interventions, maladies, etc.) et qui aideront les étudiants à appliquer leurs apprentissages à leur future pratique et aux situations de la vie réelle.

Dans la nouvelle édition, les chapitres 23 et 27 ont été davantage revus et remaniés.

Comme pour l'édition précédente, nous avons veillé à mettre chaque illustration sur la même double page que le renvoi à cette illustration, et nous avons réussi dans la plupart des cas. Même si un tel objectif peut paraître simple, il exige beaucoup de travail et ce ne sont pas tous les manuels qui y parviennent. Le but est d'éviter aux étudiants de devoir sans cesse tourner la page pour voir l'illustration dont il est question dans le texte qu'ils sont en train de lire. Enfin, vous remarquerez de nouveaux renvois au matériel en ligne que les étudiants peuvent exploiter pour bonifier leur apprentissage. S'ils utilisent le manuel numérique, ils y accéderont par un seul clic.

Les enseignants apprécieront aussi le manuel numérique, où ils pourront trouver tout ce dont ils ont besoin en un seul endroit, y compris le matériel pédagogique qui leur est réservé :

- Liste des déséquilibres homéostatiques
- Nouveautés par chapitre
- Nouvelle terminologie utilisée
- Présentations Powerpoint
- Figures, figures muettes et tableaux
- Études de cas du manuel
- Questions et cas supplémentaires, dont trois cas multisystèmes
- Liens particuliers entre les systèmes

Table des matières

PREMIÈRE PARTIE L'organisation du corps humain

1 Le corps humain : introduction 1

- 1.1 La forme détermine la fonction 2
- 1.2 L'organisation du corps va des atomes à l'organisme entier 4
- 1.3 Le maintien de la vie dépend de l'accomplissement des fonctions vitales 4
- 1.4 L'homéostasie se maintient par la rétro-inhibition 10
- ZOOM 1.1** Les mécanismes de régulation de l'homéostasie 14
- 1.5 La terminologie anatomique décrit les directions, les régions et les plans du corps 16
- GROS PLAN** L'intérieur du corps révélé par l'imagerie médicale 19
- 1.6 De nombreux organes reposent dans des cavités du corps tapissées de membranes 21

2 La chimie prend vie 27

NOTIONS DE CHIMIE 28

- 2.1 L'univers est composé de matière, et l'énergie déplace cette matière 28
- 2.2 Les propriétés d'un élément dépendent de la structure de ses atomes 29
- 2.3 Les liaisons d'atomes forment des molécules, et des molécules différentes peuvent donner des mélanges 33
- 2.4 Les liaisons chimiques sont ioniques, covalentes ou hydrogène 36
- 2.5 Les réactions chimiques se produisent lorsque des électrons sont partagés, gagnés ou perdus 41

BIOCHIMIE 44

- 2.6 Les composés inorganiques comprennent l'eau, des sels ainsi que de nombreux acides et bases 44

- 2.7 Les composés organiques résultent d'une synthèse par déshydratation et se dégradent par hydrolyse 48
- 2.8 Les glucides fournissent à l'organisme une source d'énergie facilement utilisable 50
- 2.9 Les lipides isolent les organes du corps, forment les membranes cellulaires et stockent l'énergie 52
- 2.10 Les protéines sont le matériau structural de base du corps et exercent de nombreuses fonctions vitales 55
- 2.11 L'ADN et l'ARN stockent l'information génétique, la transmettent et l'aident à s'exprimer 61
- 2.12 L'adénosine triphosphate (ATP) transfère de l'énergie à d'autres composés 63

3 La cellule : unité fondamentale de la vie 69

- 3.1 Les cellules sont les plus petites unités de la vie 70

MEMBRANE PLASMIQUE 72

- 3.2 La membrane plasmique est une bicouche de phospholipides qui comprend des protéines 72
- ZOOM 3.1** La membrane plasmique 74
- 3.3 Le transport membranaire passif est la diffusion des molécules selon leur gradient de concentration 78
- 3.4 Les mécanismes de transport membranaire actif utilisent de l'ATP directement ou indirectement 84
- ZOOM 3.2** Transport actif primaire : la pompe à $\text{Na}^+\text{-K}^+$ 85
- 3.5 La diffusion sélective établit le potentiel de membrane 89
- 3.6 Les molécules d'adhérence cellulaire et les récepteurs membranaires permettent à la cellule d'interagir avec son environnement 93

CYTOPLASME 94

- ZOOM 3.3** Les protéines G 95
- 3.7 Chacun des organites cytoplasmiques accomplit des tâches spécialisées 96

- 3.8 Les cils et les microvillosités sont les deux principaux types de prolongements cellulaires 103

NOYAU 105

- 3.9 Le noyau comprend l'enveloppe nucléaire, le nucléole et la chromatine 105

- 3.10 Le cycle cellulaire comporte une interphase et une phase mitotique 111

ZOOM 3.4 La mitose 114

- 3.11 L'ARN messager (ARNm) transporte les instructions de l'ADN nécessaires à la synthèse des protéines 116

ZOOM 3.5 La traduction 120

- 3.12 L'autophagie et les protéasomes éliminent des organites et des protéines inutiles; l'apoptose supprime les cellules inutiles 124

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des cellules 124

4 Les tissus : trame vivante 131

- 4.1 Les échantillons de tissu sont fixés, coupés et colorés pour la microscopie 133

- 4.2 Le tissu épithélial recouvre les surfaces du corps, tapisse ses cavités et forme les glandes 133

- 4.3 Le tissu conjonctif est le tissu le plus abondant et le plus largement distribué dans le corps 143

- 4.4 Le tissu musculaire permet les mouvements du corps 155

- 4.5 Le tissu nerveux est le tissu spécialisé du système nerveux 156

- 4.6 La membrane cutanée est sèche, tandis que les membranes muqueuses et séreuses sont humides 158

- 4.7 La réparation des tissus se déroule en trois étapes : l'inflammation, l'organisation et la régénération 159

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des tissus 162

GROS PLAN Le cancer : l'ennemi intime 163

DEUXIÈME PARTIE La peau, les os et les muscles

5 Le système tégumentaire 169

- 5.1 La peau est constituée de deux couches superposées : le derme et l'épiderme 170

- 5.2 L'épiderme est un épithélium stratifié squameux kératinisé 171

- 5.3 Le derme comporte une couche papillaire et une couche réticulaire 174

- 5.4 La mélanine, le carotène et l'hémoglobine déterminent la couleur de la peau 176

- 5.5 Les poils et les cheveux sont constitués de cellules mortes kératinisées 177

- 5.6 Les ongles sont des modifications écailleuses de l'épiderme 181

- 5.7 Les glandes sudoripares participent à la régulation de la température corporelle, et les glandes sébacées sécrètent le sébum 182

- 5.8 La peau est d'abord et avant tout une barrière 184

- 5.9 Le cancer de la peau et les brûlures cutanées peuvent causer des problèmes majeurs à l'organisme 186

ZOOM 5.1 La contribution de la peau au maintien de l'homéostasie 188

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système tégumentaire 192

SYNTHÈSE 193

6 Les os et le tissu osseux 199

- 6.1 Les cartilages hyalins, élastiques et fibreux contribuent à la formation du squelette 200

- 6.2 Les os remplissent plusieurs fonctions importantes 202

- 6.3 Les os sont classés selon leur localisation et leur forme 202

- 6.4 La structure macroscopique de tous les os consiste en une couche d'os compact entourant une couche d'os spongieux 204

- 6.5 Les os se forment soit par ossification intramembraneuse, soit par ossification endochondrale 211

- 6.6 Le remaniement osseux se fait par résorption et dépôt de matière osseuse 216

- 6.7 La consolidation des fractures suppose la formation d'un hématome et d'un cal, ainsi qu'un remaniement osseux 219

- 6.8 Les troubles osseux résultent d'anomalies de la résorption et du dépôt osseux 221

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des os 223

SYNTHÈSE 224

7 Le squelette 229

SQUELETTE AXIAL 230

- 7.1 La tête est constituée des 8 os du crâne et des 14 os de la face 231

- 7.2 La colonne vertébrale est une structure souple qui présente des courbures 249

- 7.3** La cage thoracique est la structure osseuse de la poitrine 257

SQUELETTE APPENDICULAIRE 259

- 7.4** Chaque ceinture pectorale (scapulaire) est constituée d'une clavicule et d'une scapula 259
- 7.5** Chaque membre supérieur est constitué d'un bras, d'un avant-bras et d'une main 262
- 7.6** Les os de la hanche s'attachent au sacrum, formant ainsi la ceinture pelvienne 268
- 7.7** Chaque membre inférieur est constitué d'une cuisse, d'une jambe et d'un pied 272

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du squelette 278

8 Les articulations 285

- 8.1** Les articulations sont classées selon leur structure et leur fonction 286
- 8.2** Dans les articulations fibreuses, les os sont reliés par du tissu fibreux 287
- 8.3** Dans les articulations cartilagineuses, les os sont unis par du cartilage 288
- 8.4** Les articulations synoviales ont une cavité articulaire remplie de liquide 289

ZOOM 8.1 Les articulations synoviales 296

- 8.5** Ces cinq exemples illustrent la diversité des articulations synoviales 300
- 8.6** Les blessures, l'inflammation et la dégénérescence endommagent facilement les articulations 308

GROS PLAN Articulations : de l'armure du chevalier à l'être humain bionique 312

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des articulations 313

9 Les muscles et le tissu musculaire 317

- 9.1** Il existe trois types de tissu musculaire 318
- 9.2** Un muscle squelettique se compose de myocytes, de nerfs, de vaisseaux sanguins et de tissus conjonctifs 320
- 9.3** Les myocytes squelettiques contiennent des moteurs moléculaires régulés par le calcium 322
- 9.4** Les neurones moteurs provoquent la contraction des myocytes squelettiques 329

ZOOM 9.1 Les événements se produisant à la jonction neuromusculaire 332

- 9.5** La sommation temporelle et le recrutement de l'unité motrice permettent des contractions continues et graduées du muscle squelettique 335

ZOOM 9.2 Le couplage excitation-contraction 336

ZOOM 9.3 Le cycle des ponts d'union 338

- 9.6** L'ATP nécessaire à la contraction musculaire est produite par la voie aérobie ou la voie anaérobie 344
- 9.7** Plusieurs facteurs déterminent la force, la vitesse et la durée des contractions des muscles squelettiques 348
- 9.8** Comment le muscle squelettique s'adapte-t-il à l'exercice physique ? 351
- 9.9** Le muscle lisse est un muscle involontaire non strié 352

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des muscles 359

GROS PLAN Les athlètes améliorent-ils leur apparence et leur force grâce aux stéroïdes anabolisants ? 361

SYNTHÈSE 362

10 Le système musculaire 367

- 10.1** Les muscles participent aux mouvements de trois façons 368
- 10.2** Comment nomme-t-on les muscles ? 368
- ZOOM 10.1** Les actions des muscles 369
- 10.3** L'agencement des faisceaux d'un muscle aide à déterminer sa forme et sa force 370
- 10.4** Ensemble, les os et les muscles forment des systèmes de levier 371
- 10.5** Le point d'origine et l'insertion d'un muscle déterminent son action 374

Tableau 10.1 Muscles de la tête, première partie : expression faciale 378

Tableau 10.2 Muscles de la tête, deuxième partie : mastication et mouvements de la langue 381

Tableau 10.3 Muscles de la partie antérieure du cou et de la gorge : déglutition 383

Tableau 10.4 Muscles du cou et de la colonne vertébrale : mouvements de la tête et extension du tronc 385

Tableau 10.5 Muscles profonds du thorax : respiration 389

Tableau 10.6 Muscles de la paroi abdominale : mouvements du tronc et compression des viscères abdominaux 391

Tableau 10.7 Muscles du plancher pelvien et du périnée : soutien des organes abdominopelviens 393

- Tableau 10.8** Muscles superficiels de la face antérieure et de la face postérieure du thorax : mouvements de la scapula et du bras 395
- Tableau 10.9** Muscles qui croisent l'articulation de l'épaule : mouvements du bras (humérus) 399
- Tableau 10.10** Muscles qui croisent l'articulation du coude : flexion et extension de l'avant-bras 402
- Tableau 10.11** Muscles de l'avant-bras : mouvements du poignet, de la main et des doigts 403
- Tableau 10.12** Résumé des actions des muscles qui agissent sur le bras, l'avant-bras et la main 407
- Tableau 10.13** Muscles intrinsèques de la main : mouvements fins des doigts 409
- Tableau 10.14** Muscles qui croisent les articulations de la hanche et du genou : mouvements de la cuisse et de la jambe 412
- Tableau 10.15** Muscles de la jambe : mouvements de la cheville et des orteils 419
- Tableau 10.16** Muscles intrinsèques du pied : mouvements des orteils et soutien de la voûte plantaire 426
- Tableau 10.17** Résumé des actions des muscles qui agissent sur la cuisse, la jambe et le pied 430

TROISIÈME PARTIE Régulation et intégration des processus physiologiques

11 Le système nerveux : notions de base 437

- 11.1** Le système nerveux reçoit et intègre l'information, puis y répond 438
- 11.2** La névroglie soutient les neurones et contribue à leur fonctionnement 440
- 11.3** Les neurones sont les unités structurales du système nerveux 442
- 11.4** Le potentiel de repos de la membrane résulte des différences de concentration ionique et de la perméabilité membranaire 448
- 11.5** Les potentiels gradués sont de brefs signaux locaux à l'intérieur d'un neurone 451
- ZOOM 11.1** L'excitabilité des neurones est le résultat des mouvements d'ions à travers leur membrane plasmique 452
- 11.6** Les potentiels d'action sont de brefs signaux qui franchissent une grande distance à l'intérieur d'un neurone 454
- ZOOM 11.2** Le potentiel d'action 456

- 11.7** Les synapses transmettent les signaux entre les neurones 463
- ZOOM 11.3** La synapse chimique 465
- 11.8** Les potentiels postsynaptiques excitent ou inhibent les neurones récepteurs 466

ZOOM 11.4 Les potentiels postsynaptiques et leur sommation 470

ZOOM 11.5 La physiologie du neurone influencée par sa structure 472

11.9 L'effet d'un neurotransmetteur dépend de son récepteur 474

11.10 Les neurones agissent ensemble, ce qui rend possibles des comportements complexes 480

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des neurones 482

GROS PLAN Le plaisir, à quel prix ? 483

12 Le système nerveux central 489

- 12.1** Le repliement au cours du développement embryonnaire détermine la structure complexe de l'encéphale humain 490
- 12.2** Les hémisphères cérébraux sont constitués du cortex, de la substance blanche et des noyaux basaux 493
- 12.3** Le diencephale inclut le thalamus, l'hypothalamus et l'épithalamus 503
- 12.4** Le tronc cérébral est constitué du mésencéphale, du pont et du bulbe rachidien 506
- 12.5** Le cervelet module les informations motrices pour assurer la coordination et l'équilibre 511
- 12.6** Les systèmes fonctionnels de l'encéphale mobilisent plusieurs de ses structures 513
- 12.7** Les structures interconnectées de l'encéphale permettent les fonctions mentales supérieures 516
- 12.8** L'encéphale est protégé par des os, des méninges, du liquide cébrospinal et la barrière hématoencéphalique 522
- 12.9** Les traumatismes et les troubles de l'encéphale ont des conséquences dévastatrices 527
- 12.10** La moelle épinière est un centre réflexe et une voie de conduction 530
- 12.11** Les voies neuronales transmettent l'information motrice et sensitive arrivant ou partant de l'encéphale 537

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système nerveux central 543

ZOOM 12.1 La comparaison des voies sensitives et des voies motrices 544

13 Le système nerveux périphérique et l'activité réflexe 553

RÉCEPTEURS SENSORIELS ET SENSATION 554

- 13.1 Les récepteurs sensoriels sont activés par des variations dans l'environnement interne ou externe 554
- 13.2 Les récepteurs, les voies ascendantes et le cortex cérébral traitent l'information sensorielle 558

LIGNES DE TRANSMISSION : LES NERFS, LEUR STRUCTURE ET LEUR RÉPARATION 562

- 13.3 Les nerfs sont des faisceaux d'axones semblables à des câbles qui conduisent les potentiels d'action des voies sensitives et motrices 562
- 13.4 Il y a 12 paires de nerfs crâniens 565
- 13.5 Trente et une paires de nerfs spinaux innervent le corps 574

TERMINAISONS MOTRICES ET ACTIVITÉ MOTRICE 586

- 13.6 Les terminaisons motrices périphériques relient les nerfs à leurs effecteurs 586
- 13.7 On distingue trois niveaux de régulation motrice 587

ACTIVITÉ RÉFLEXE 588

- 13.8 L'arc réflexe permet des réactions rapides et prévisibles 588
- 13.9 Les réflexes spinaux sont des réflexes somatiques régis par la moelle épinière 589

ZOOM 13.1 Le réflexe d'étirement 593

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système nerveux périphérique 596

14 Le système nerveux autonome 603

- 14.1 Le SNA diffère du système nerveux somatique par sa capacité à stimuler ou à inhiber ses effecteurs 604
- 14.2 Le SNA comporte une division sympathique et une division parasympathique 606
- 14.3 Les longues neurofibres parasympathiques préganglionnaires proviennent des régions crânienne et sacrée du SNC 608
- 14.4 Les courtes neurofibres sympathiques préganglionnaires prennent naissance dans les segments thoracique et lombaire du SNC 610
- 14.5 Les arcs réflexes viscéraux comportent les cinq mêmes éléments que les arcs réflexes somatiques 615

- 14.6 L'acétylcholine et la noradrénaline sont les principaux neurotransmetteurs du SNA 616

- 14.7 Les systèmes nerveux sympathique et parasympathique produisent habituellement des effets opposés 618

ZOOM 14.1 Les divisions sympathique et parasympathique du SNA 622

- 14.8 L'hypothalamus régule l'activité du SNA 624

- 14.9 La plupart des troubles du SNA sont liés à des anomalies de la régulation des muscles lisses 625

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système nerveux autonome 626

SYNTHÈSE 627

15 Les sens 631

ŒIL ET VISION 632

- 15.1 L'œil se compose de trois tuniques et d'une cavité contenant l'humeur aqueuse, le cristallin et le corps vitré, et il est entouré de structures annexes 632
- 15.2 La cornée et le cristallin font converger la lumière sur la rétine 642
- 15.3 La phototransduction commence quand la lumière active les pigments visuels dans les photorécepteurs de la rétine 647
- 15.4 L'information visuelle provenant de la rétine traverse des noyaux de relais jusqu'à l'aire visuelle 654

SENS CHIMIQUES : GOÛT ET ODORAT 656

- 15.5 Les récepteurs olfactifs du nez détectent les substances chimiques en suspension dans l'air 656
- 15.6 Les récepteurs des calicules gustatifs détectent les substances chimiques dissoutes 659

OREILLE : OÛÏE ET ÉQUILIBRE 662

- 15.7 L'oreille se divise en trois grandes régions 662
- 15.8 Le son est une onde de pression qui stimule les cils des cellules sensorielles de la cochlée 667
- 15.9 Les sons sont traités et transmis dans le bulbe rachidien et les noyaux thalamiques de l'aire auditive 671
- 15.10 Les cellules ciliées de la macule et des crêtes ampullaires régissent la position et le mouvement de la tête 673
- 15.11 Les anomalies de l'oreille peuvent nuire à l'audition, à l'équilibre ou aux deux 678

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des organes des sens 678

16 Le système endocrinien 685

- 16.1 Le système endocrinien est l'un des deux principaux systèmes de régulation de l'organisme 686
- 16.2 La structure chimique d'une hormone détermine son mode d'action 687
- 16.3 Les hormones agissent soit par l'intermédiaire de seconds messagers, soit en activant des gènes spécifiques 688
- 16.4 Trois types de stimulus déclenchent la libération des hormones 691
- 16.5 Les cellules réagissent à une hormone si elles ont un récepteur pour cette hormone 693
- 16.6 L'hypothalamus régule de deux façons la libération d'hormones par l'hypophyse 695

ZOOM 16.1 Le système endocrinien est un acteur majeur dans le maintien de l'homéostasie 696

ZOOM 16.2 Les interactions entre l'hypothalamus et l'hypophyse 698

- 16.7 La glande thyroïde régule le métabolisme 706
- 16.8 Les glandes parathyroïdes sont les principaux régulateurs du taux de calcium 711
- 16.9 Les glandes surrénales sécrètent des hormones qui contribuent à l'équilibre électrolytique et à la réaction au stress 713
- 16.10 La glande pinéale sécrète la mélatonine 718
- 16.11 Le pancréas, les gonades et la plupart des autres organes sécrètent aussi des hormones 722

GROS PLAN Ô douce revanche : la biotechnologie s'apprêterait-elle à vaincre le monstre du diabète sucré ? 728

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système endocrinien 729

SYNTHÈSE 730

QUATRIÈME PARTIE Maintien de l'homéostasie

17 Le sang 737

- 17.1 Le sang a des fonctions de transport, de régulation et de protection 738
- 17.2 Le sang se compose du plasma et d'éléments figurés 738

- 17.3 Les érythrocytes jouent un rôle crucial dans le transport de l'O₂ et du CO₂ 741

ZOOM 17.1 Le cycle de vie des érythrocytes 746

- 17.4 Les leucocytes défendent l'organisme 749
- 17.5 Les thrombocytes sont des fragments de cellules qui aident à stopper les saignements 755
- 17.6 L'hémostase prévient les pertes de sang 756
- 17.7 La transfusion permet de remplacer le sang perdu 763
- 17.8 Les analyses sanguines renseignent sur l'état de santé de la personne 767

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du sang 767

18 Le système cardiovasculaire : le cœur 771

- 18.1 Le cœur est constitué de quatre cavités et propulse le sang dans les circulations pulmonaire et systémique 772
- 18.2 Les valves cardiaques assurent une circulation sanguine à sens unique 779
- 18.3 Le sang s'écoule de l'oreillette au ventricule et se dirige soit vers les poumons, soit vers le reste du corps 782

ZOOM 18.1 Le trajet du sang dans le cœur 783

- 18.4 Les disques intercalaires réunissent les myocytes cardiaques en un syncytium fonctionnel 785
- 18.5 Les cellules cardionectrices déclenchent des potentiels d'action dans tout le cœur 787
- 18.6 La révolution cardiaque décrit les événements mécaniques associés à la circulation du sang dans le cœur 795

ZOOM 18.2 La révolution cardiaque 796

- 18.7 Le volume systolique et la fréquence cardiaque sont régulés pour modifier le débit cardiaque 799

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du cœur 805

19 Le système cardiovasculaire : les vaisseaux sanguins 811

STRUCTURE ET FONCTION DES VAISSEAUX SANGUINS 812

- 19.1 La plupart des vaisseaux sanguins sont formés de trois tuniques 812
- 19.2 Les artères régulent la pression du sang et les artéioles régissent sa distribution 814
- 19.3 Les capillaires sont les vaisseaux des échanges 815

19.4 Les veines sont des réservoirs sanguins qui rapportent le sang au cœur 817

19.5 Les anastomoses vasculaires sont des connexions spéciales entre les vaisseaux sanguins 819

ZOOM 19.1 La physiologie d'un vaisseau sanguin reflète ses propriétés anatomiques 820

PHYSIOLOGIE DE LA CIRCULATION 821

19.6 Le sang circule contre résistance, d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression 821

19.7 La pression sanguine diminue à mesure que le sang s'écoule des artères aux capillaires, puis dans les veines 822

19.8 Des mécanismes à court et à long terme régulent la pression artérielle 825

ZOOM 19.2 Les facteurs physiologiques déterminants dans la régulation de la pression artérielle 832

19.9 Des mécanismes de régulation intrinsèques et extrinsèques déterminent le débit sanguin dans les tissus 835

19.10 Un lent écoulement du sang dans les capillaires favorise la diffusion des nutriments et des gaz, et optimise les échanges liquidiens 840

ZOOM 19.3 Les échanges liquidiens à travers les parois des capillaires 844

VOIES DE LA CIRCULATION : LES VAISSEaux SANGUINS 846

19.11 Les vaisseaux de la circulation systémique acheminent le sang vers tous les tissus 847

Tableau 19.3 Circulation pulmonaire et circulation systémique 848

Tableau 19.4 Aorte et principales artères de la circulation systémique 850

Tableau 19.5 Artères de la tête et du cou 852

Tableau 19.6 Artères des membres supérieurs et du thorax 854

Tableau 19.7 Artères de l'abdomen 856

Tableau 19.8 Artères du bassin et des membres inférieurs 860

Tableau 19.9 Veines caves et principales veines de la circulation systémique 862

Tableau 19.10 Veines de la tête et du cou 864

Tableau 19.11 Veines des membres supérieurs et du thorax 866

Tableau 19.12 Veines de l'abdomen 868

Tableau 19.13 Veines du bassin et des membres inférieurs 870

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des vaisseaux sanguins 871

GROS PLAN Comment traiter l'athérosclérose : sortez vos débouchoirs ! 872

SYNTHÈSE 874

20 Le système lymphatique, les tissus lymphoïdes et les organes lymphoïdes 879

20.1 Le système lymphatique comprend les vaisseaux lymphatiques, la lymphe et les nœuds lymphatiques 880

20.2 Les cellules et tissus lymphoïdes logent dans les organes lymphoïdes et dans les tissus conjonctifs d'autres organes 883

20.3 Les nœuds lymphatiques purifient la lymphe et abritent des lymphocytes 885

20.4 La rate retire de l'organisme les agents pathogènes présents dans le sang ainsi que les vieux érythrocytes 887

20.5 Les formations lymphoïdes associées aux muqueuses protègent contre les agents pathogènes les voies de l'organisme ouvertes sur l'extérieur 889

20.6 Les lymphocytes T parviennent à maturité dans le thymus 890

DÉVELOPPEMENT du système lymphatique, des tissus lymphoïdes et des organes lymphoïdes 892

SYNTHÈSE 893

21 Le système immunitaire : défenses innées et défenses adaptatives de l'organisme 897

DÉFENSES INNÉES 898

21.1 Les barrières superficielles constituent la première ligne de défense contre les envahisseurs 899

21.2 Les défenses innées internes sont les cellules et les substances chimiques qui constituent la deuxième ligne de défense 899

DÉFENSES ADAPTATIVES 908

21.3 Les antigènes sont des substances qui déclenchent l'activité des défenses adaptatives 909

- 21.4** Les lymphocytes B et T ainsi que les cellules présentatrices d'antigènes sont des cellules des défenses adaptatives 910
- 21.5** Les anticorps produits lors de la réaction humorale ciblent les antigènes extracellulaires 914
- 21.6** La réaction cellulaire relève des lymphocytes T qui dirigent l'immunité adaptative ou attaquent des cellules cibles 922
- ZOOM 21.1** Un exemple de réaction immunitaire primaire 932
- 21.7** Les réactions immunitaires trop faibles ou trop fortes causent des problèmes de santé 934

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système immunitaire 938

22 Le système respiratoire 943

ANATOMIE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME RESPIRATOIRE 945

- 22.1** Les voies respiratoires supérieures réchauffent, humidifient et filtrent l'air 945
- 22.2** Les voies respiratoires inférieures comprennent une zone de conduction et une zone respiratoire 950
- 22.3** Chaque poumon est multilobé et occupe sa propre cavité pleurale 958

MÉCANIQUE DE LA RESPIRATION 961

- 22.4** Les variations de volume produisent des variations de pression, qui entraînent l'écoulement de l'air 961
- 22.5** La mesure des volumes et des capacités respiratoires ainsi que les épreuves fonctionnelles respiratoires permettent d'évaluer la ventilation 968
- 22.6** Les échanges gazeux se font par diffusion entre le sang, les poumons et les tissus 971
- 22.7** L'O₂ est transporté par l'hémoglobine, tandis que le CO₂ est transporté de trois manières 976

ZOOM 22.1 La courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine 978

- 22.8** Les centres respiratoires du tronc cérébral régulent la respiration grâce aux chimiorécepteurs et à d'autres centres cérébraux supérieurs 982
- 22.9** L'exercice et l'altitude entraînent une adaptation de la respiration 987
- 22.10** Les maladies respiratoires sont une importante cause d'invalidité et de décès 989

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système respiratoire 992

SYNTHÈSE 994

23 Le système digestif 1001

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU SYSTÈME DIGESTIF 1002

- 23.1** Quels sont les principaux processus digestifs? 1003
- 23.2** La paroi du tube digestif se compose de quatre couches et elle est habituellement entourée par le péritoine 1004
- 23.3** Le tube digestif a son propre système nerveux : le système nerveux entérique 1007

ANATOMIE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME DIGESTIF 1009

- 23.4** L'ingestion se fait uniquement par la bouche 1009
- 23.5** Le pharynx et l'œsophage propulsent les aliments de la bouche à l'estomac 1016
- 23.6** L'estomac emmagasine temporairement la nourriture et entame la digestion des protéines 1018
- 23.7** Le foie sécrète la bile; le pancréas sécrète les enzymes digestives 1029
- 23.8** L'intestin grêle est le principal lieu de la digestion et de l'absorption 1038
- 23.9** Le gros intestin absorbe l'eau et élimine les fèces 1043

PHYSIOLOGIE DE LA DIGESTION ET DE L'ABSORPTION 1049

- 23.10** La digestion hydrolyse les aliments et les convertit ainsi en nutriments qui sont absorbés par l'épithélium intestinal 1050
- 23.11** À quel traitement chaque type de nutriments est-il soumis? 1052

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système digestif 1058

SYNTHÈSE 1060

24 Nutrition, métabolisme et équilibre énergétique 1067

NUTRIMENTS 1068

- 24.1** Les glucides, les lipides et les protéines fournissent l'énergie et servent d'unités structurales 1068
- 24.2** La plupart des vitamines agissent comme des coenzymes, et les minéraux ont de nombreux rôles dans l'organisme 1073

MÉTABOLISME 1077

- 24.3** Le métabolisme est la somme de toutes les réactions biochimiques dans l'organisme 1077
- 24.4** Le métabolisme des glucides est le principal acteur de la production de l'ATP 1080

ZOOM 24.1 La phosphorylation oxydative 1086

24.5 Le métabolisme des lipides est la clé du stockage à long terme et de la libération de l'énergie 1090

24.6 Les acides aminés sont utilisés pour fabriquer des protéines ou pour fournir de l'énergie 1093

24.7 L'organisme stocke l'énergie en état postprandial et la libère en état de jeûne 1095

24.8 Le foie métabolise les aliments, stocke l'énergie et détoxifie l'organisme 1101

ÉQUILIBRE ÉNERGÉTIQUE 1105

24.9 Des facteurs nerveux et hormonaux régulent l'ingestion de nourriture 1106

GROS PLAN Obésité : à la recherche de solutions magiques 1108

24.10 La thyroxine est la principale hormone qui régit la vitesse du métabolisme basal 1110

24.11 L'hypothalamus agit comme thermostat de l'organisme 1112

Nutrition et métabolisme au cours du **DÉVELOPPEMENT ET du VIEILLISSEMENT** 1117

25 Le système urinaire 1125

25.1 Les reins comportent trois parties distinctes et sont richement vascularisés 1127

25.2 Les néphrons sont les unités structurales et fonctionnelles du rein 1130

25.3 Vue d'ensemble : les processus clés de la formation de l'urine sont la filtration, l'absorption et la sécrétion 1136

25.4 Première étape de la formation de l'urine : les glomérules produisent un filtrat 1137

25.5 Deuxième étape de la formation de l'urine : la majeure partie du filtrat est réabsorbée dans le sang 1142

25.6 Troisième étape de la formation de l'urine : certaines substances sont sécrétées dans l'urine 1147

25.7 Les reins régulent la concentration et le volume de l'urine par l'intermédiaire d'un gradient osmotique 1148

ZOOM 25.1 Le gradient osmotique de la médulla rénale 1150

25.8 L'évaluation clinique de la fonction rénale repose sur les analyses du sang et de l'urine 1154

25.9 Les uretères, la vessie et l'urètre transportent, stockent et éliminent l'urine 1156

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT du système urinaire 1161

26 Équilibre hydrique, électrolytique et acidobasique 1169

26.1 Les liquides de l'organisme consistent en eau et en solutés contenus dans trois compartiments 1170

26.2 L'organisme régule l'apport et la déperdition hydriques 1173

26.3 Les taux de sodium, de potassium, de calcium et de phosphate sont étroitement régulés 1177

26.4 Les systèmes tampons chimiques et la régulation respiratoire atténuent rapidement les variations du pH 1186

26.5 La régulation rénale est un mécanisme de régulation à long terme de l'équilibre acidobasique 1189

26.6 Les anomalies de l'équilibre acidobasique sont dites métaboliques ou respiratoires 1192

GROS PLAN Détermination de la cause de l'acidose ou de l'alcalose à l'aide des dosages sanguins 1194

Équilibre hydrique, électrolytique et acidobasique au cours du **DÉVELOPPEMENT ET du VIEILLISSEMENT** 1195

SYNTHÈSE 1197

CINQUIÈME PARTIE La perpétuation**27 Le système génital** 1203

27.1 Le système génital de la femme et celui de l'homme possèdent des caractéristiques communes 1204

ANATOMIE DU SYSTÈME GÉNITAL DE L'HOMME 1208

27.2 Le scrotum contient et protège les testicules 1208

27.3 Les spermatozoïdes sortent du corps en suivant des conduits qui commencent dans les testicules 1212

27.4 Le pénis est l'organe de la copulation chez l'homme 1213

27.5 Les glandes annexes de l'homme produisent la majeure partie du sperme 1215

PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME GÉNITAL DE L'HOMME 1217

27.6 La réponse sexuelle de l'homme comprend l'érection et l'éjaculation 1217

27.7 La spermatogenèse est la série d'événements qui aboutit à la production des spermatozoïdes 1218

- 27.8** Chez l'homme, la fonction de reproduction est régulée par des hormones de l'hypothalamus, de l'adénohypophyse et des testicules 1223

ANATOMIE DU SYSTÈME GÉNITAL DE LA FEMME 1225

- 27.9** Les ovocytes immatures se développent dans les follicules ovariens 1225
- 27.10** Les voies génitales de la femme comprennent les trompes utérines, l'utérus et le vagin 1228
- 27.11** Les organes génitaux externes de la femme sont les organes situés à l'extérieur du vagin 1232
- 27.12** Les glandes mammaires produisent du lait 1232

PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME GÉNITAL DE LA FEMME 1234

- 27.13** L'ovogenèse est la séquence d'événements qui aboutit à la formation des ovules 1234
- 27.14** Le cycle ovarien comprend la phase folliculaire et la phase lutéale 1239
- 27.15** Des hormones hypothalamiques, adénohypophysaires et ovariennes régulent la fonction reproductrice de la femme 1240
- 27.16** La réponse sexuelle de la femme est plus diverse et complexe que celle de l'homme 1246

INFECTIONS TRANSMISSIBLES SEXUELLEMENT 1246

- 27.17** Les infections transmissibles sexuellement sont nuisibles à la fécondité et à la santé 1246

DÉVELOPPEMENT ET VIEILLISSEMENT des organes génitaux 1248

SYNTHÈSE 1254

28 La grossesse et le développement prénatal 1259

- 28.1** La fécondation produit un zygote en combinant les chromosomes du spermatozoïde et de l'ovule 1260

ZOOM 28.1 La pénétration du spermatozoïde et les obstacles à la polyspermie 1262

- 28.2** Le développement embryonnaire débute avec la segmentation du zygote et la formation d'un blastocyste prêt à s'implanter 1265

- 28.3** L'implantation a lieu quand l'embryon s'enfouit dans la muqueuse utérine et déclenche ainsi la formation du placenta 1266

- 28.4** Le développement embryonnaire est marqué par la gastrulation, la différenciation des tissus et l'organogenèse 1270

ZOOM 28.2 La circulation chez le fœtus et le nouveau-né 1278

- 28.5** Durant la grossesse, des changements anatomiques, physiologiques et métaboliques se produisent chez la femme 1281

- 28.6** Le travail comprend trois périodes : la dilatation, l'expulsion et la délivrance 1283

- 28.7** L'adaptation du bébé à la vie extra-utérine débute par la première respiration et par la fermeture des dérivations vasculaires 1286

- 28.8** La lactation est la sécrétion de lait par les glandes mammaires sous l'influence de la prolactine 1286

- 28.9** La procréation médicalement assistée peut aider certaines personnes à avoir des enfants 1288

GROS PLAN La contraception : être ou ne pas être 1289

29 La génétique 1295

- 29.1** Les gènes sont les mots de la génétique 1296

- 29.2** La variabilité génétique résulte de la ségrégation indépendante, de l'enjambement des chromosomes homologues et de la fécondation aléatoire 1297

- 29.3** Nous savons depuis longtemps qu'il existe plusieurs types de transmission héréditaire 1299

- 29.4** L'environnement influe sur l'expression génique 1303

- 29.5** Des facteurs autres que l'ADN régulent l'expression génique 1303

- 29.6** Le dépistage génétique permet de déceler certaines maladies héréditaires 1305

Appendices

- A Réponses aux questions A-1
- B Les groupements fonctionnels des molécules organiques A-26
- C Les acides aminés A-27
- D Deux voies métaboliques importantes A-28
- E Tableau périodique des éléments A-31
- F Valeurs de référence pour certaines analyses de sang et d'urine A-32
- G Le système international d'unités A-38

Glossaire G-1

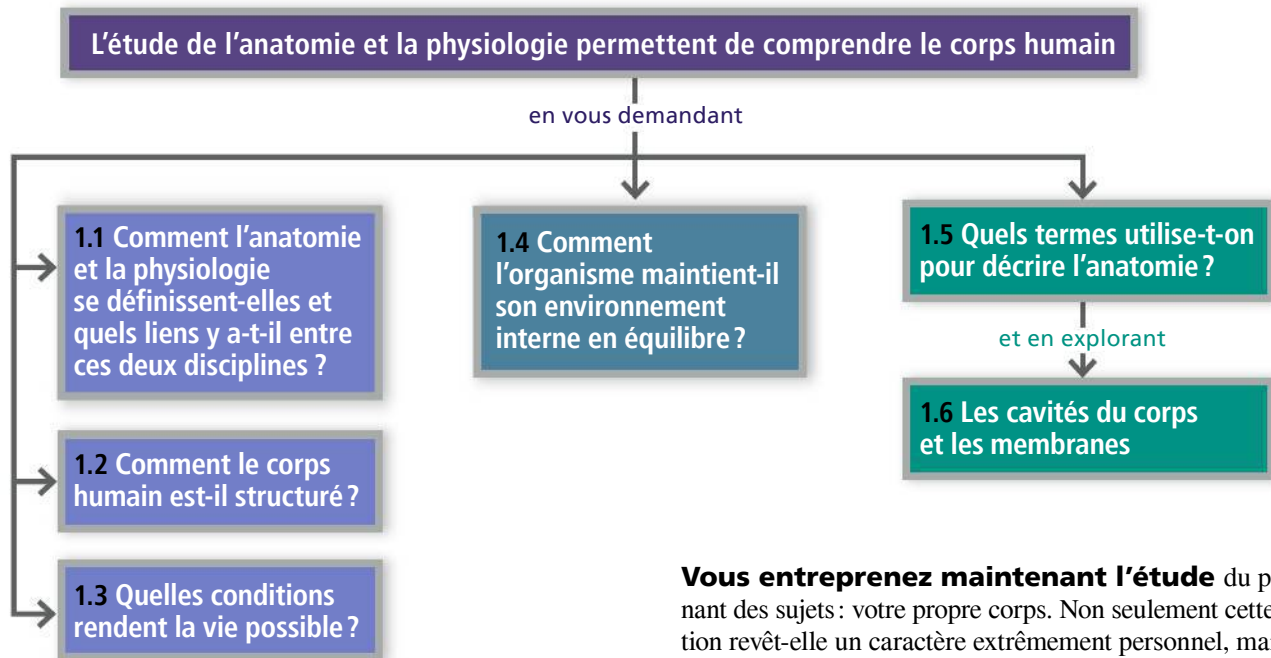
Sources des photographies et des illustrations S-1

Index I-1

Éléments de formation des mots en anatomie et physiologie E-1

Le corps humain : introduction

Dans ce chapitre, vous découvrirez que



Vous entreprenez maintenant l'étude du plus fascinant des sujets : votre propre corps. Non seulement cette exploration revêt-elle un caractère extrêmement personnel, mais elle est aussi d'une grande actualité. En effet, il ne se passe pratiquement pas une journée sans que les médias annoncent quelque découverte médicale. La connaissance du fonctionnement de l'organisme humain vous aidera notamment à apprécier à leur juste valeur les récentes découvertes en génie génétique, à mieux comprendre les nouvelles méthodes de diagnostic et de traitement des maladies et à profiter pleinement des informations sur la manière de rester en bonne santé. Par ailleurs, l'étude de l'anatomie et de la physiologie permettra à ceux qui se préparent à une carrière dans les sciences de la santé d'acquérir les connaissances fondamentales sur lesquelles ils pourront bâtir leur expérience clinique.

Dans ce chapitre, nous commençons par définir l'anatomie et la physiologie en établissant la distinction entre ces deux domaines ; nous présentons ensuite la structure du corps humain et nous passons en revue les besoins et les processus fonctionnels communs à tous les êtres vivants. Nous expliquons les trois principes fondamentaux qui constituent la base de notre étude du corps humain et qui forment le lien entre tous les sujets traités dans ce manuel, à savoir la relation entre la structure et la fonction, l'organisation structurale et l'homéostasie. Enfin, ce chapitre aborde le vocabulaire de l'anatomie, c'est-à-dire les termes employés par les anatomistes pour décrire l'organisme humain et ses composants.

VOS OUTILS INTERACTIFS

Consultez votre MANUEL NUMÉRIQUE, qui vous donne accès aux **animations**, aux **activités**, à la plateforme d'**anatomie interactive** et aux questions de révision.



1.1 La forme détermine la fonction

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Définir l'anatomie et la physiologie, et décrire leurs spécialités respectives.
- ▶ Expliquer le principe de complémentarité de la structure et de la fonction, et en donner deux exemples.

Les deux disciplines scientifiques complémentaires que sont l'anatomie et la physiologie touchent aux notions fondamentales qui nous permettent de comprendre l'organisme humain. L'**anatomie** est l'étude de la *structure* des parties du corps et des relations qui s'établissent entre elles ; l'aspect concret de l'anatomie lui confère un certain attrait, étant donné qu'on peut observer les structures de l'organisme, les palper et les examiner de près, sans être obligé de les *imaginer*.

La **physiologie** se penche sur le *fonctionnement* des parties du corps, c'est-à-dire sur la façon dont celles-ci jouent leur rôle et contribuent au maintien de la vie. En fin de compte, il n'est possible d'expliquer la physiologie qu'à partir des structures anatomiques sous-jacentes.

Pour simplifier l'étude du corps humain, nous parlerons des structures anatomiques et des valeurs physiologiques (température corporelle, fréquence cardiaque, etc.) en prenant pour modèles un jeune homme (22 ans) en bonne santé pesant environ 70 kg (*l'homme de référence*) ou une jeune femme en bonne santé d'environ 57 kg (*la femme de référence*).

Bien que nous utilisions les mêmes valeurs de référence et un vocabulaire commun pour désigner les positions et les régions du corps humain, vous savez, pour avoir observé les visages et les formes corporelles de milliers d'humains, que leur anatomie externe diffère. Les organes internes présentent cette même variabilité. Ainsi, chez une personne donnée, la position d'un nerf ou d'un vaisseau sanguin peut s'écarter légèrement de la position théorique décrite dans les manuels d'anatomie. Il arrive aussi qu'un petit muscle soit absent. Néanmoins, plus de 90 % des structures présentes dans tout corps humain correspondent aux descriptions des manuels. Les variations anatomiques extrêmes sont rares parce qu'elles sont incompatibles avec la vie.

1.1.1 Spécialités de l'anatomie

L'anatomie est un vaste domaine d'étude dont les nombreuses spécialités pourraient faire l'objet d'un cours complet. L'**anatomie macroscopique** consiste à étudier les structures visibles à l'œil nu, comme le cœur, les poumons et les reins. Le terme « anatomie » (du grec *anatômê*, qui signifie « découpe ») s'applique surtout à l'anatomie macroscopique parce que cette discipline consiste à disséquer (découper) des animaux ou des organes préparés afin de les examiner.

On peut aborder l'anatomie macroscopique sous plusieurs angles.

- En **anatomie régionale**, aussi appelée **anatomie topographique**, on examine simultanément toutes les structures (muscles, os, vaisseaux sanguins, nerfs, etc.) d'une certaine région du corps, par exemple l'abdomen ou la jambe.
- En **anatomie des systèmes**, on étudie séparément l'anatomie de chacun des systèmes de l'organisme : par exemple, l'étude

du système cardiovasculaire comprendrait l'examen du cœur et des vaisseaux sanguins du corps.

- En **anatomie de surface**, on observe les structures internes en relation avec la surface de la peau. Vous y avez recours pour identifier les muscles visibles sous la peau d'un culturiste, tout comme les infirmières pour repérer les vaisseaux sanguins avant de prélever du sang ou de prendre les pouls.

Contrairement à l'anatomie macroscopique, l'**anatomie microscopique** s'intéresse aux structures invisibles à l'œil nu. Dans la plupart des cas, on examine au microscope des coupes extrêmement minces de tissus préalablement colorés et déposés sur une lame. L'anatomie microscopique comprend l'anatomie cellulaire, ou **cytologie**, c'est-à-dire l'étude des cellules, et l'**histologie**, qui porte sur la structure des tissus.

L'**anatomie du développement** suit la transformation structurale de l'organisme qui se déroule tout au long de la vie. L'**embryologie** est une des branches de cette discipline et traite du développement prénatal.

Quelques divisions très spécialisées de l'anatomie s'avèrent extrêmement utiles dans certains domaines, tels que la recherche scientifique et le diagnostic des maladies. Par exemple, l'**anatomie pathologique** (ou anatomopathologie) étudie et analyse les lésions que les maladies causent aux structures de l'organisme, tant au niveau microscopique qu'au niveau macroscopique. L'**anatomie radiologique** consiste à étudier des structures internes au moyen de la radiographie ou des techniques spécialisées de tomographie.

Les anatomistes s'intéressent autant aux molécules qu'aux structures macroscopiques. La **biologie moléculaire** traite notamment de la structure des molécules biologiques, c'est-à-dire des substances chimiques qui entrent dans la constitution des organismes vivants. En principe, la biologie moléculaire appartient à une autre branche de la biologie, mais si on pousse l'étude anatomique au-delà de la cellule, jusqu'au niveau des molécules, on peut considérer qu'elle fait partie du grand domaine de l'anatomie.

1.1.2 Étude de l'anatomie

Parmi les « outils » essentiels à l'étude de l'anatomie, un des plus importants est la connaissance du vocabulaire employé dans ce domaine. Sont également indispensables l'observation, la manipulation et, sur les sujets vivants, la *palpation* (évaluation des caractéristiques de certains organes et recherche d'anomalies ou de formations pathologiques à l'aide des doigts ou des mains) et l'*auscultation* (examen consistant à écouter les bruits des organes avec un stéthoscope). À l'aide d'un exemple, voyons comment on utilise certains de ces outils au cours d'une étude anatomique.

Supposons que vous vous intéressiez aux articulations mobiles. Au laboratoire, vous allez *observer* l'articulation d'un animal et voir comment ses parties sont agencées ; vous pouvez la faire bouger (la *manipuler*) pour déterminer l'amplitude de son mouvement. Puis, à l'aide du *vocabulaire de l'anatomie*, vous nommerez les parties de l'articulation selon la nomenclature en vigueur et vous décrierez les relations qu'elles entretiennent afin que les autres étudiants et le professeur vous comprennent. Pour apprendre ce vocabulaire spécialisé, vous pourrez vous servir du glossaire à la fin de ce manuel.

Vous effectuerez la plupart de vos propres observations à l'œil nu ou au microscope, mais vous devez savoir que de nombreuses techniques médicales très perfectionnées permettent d'examiner soigneusement l'intérieur du corps sans causer de traumatismes. Voyez par exemple le **Gros plan** des pages 19 à 21 où il est question de ces remarquables techniques d'imagerie médicale.

1.1.3 Spécialités de la physiologie

Comme l'anatomie, la physiologie englobe un grand nombre de spécialités dont la plupart portent sur le fonctionnement de systèmes particuliers. Ainsi, la **physiologie rénale** étudie le fonctionnement des reins et la production d'urine, la **neurophysiologie** explique celui du système nerveux et la **physiologie cardiovasculaire** examine le fonctionnement du cœur et des vaisseaux sanguins. Alors que l'anatomie donne une image statique du corps, la physiologie met en évidence la nature dynamique de l'organisme.

En physiologie, on s'intéresse souvent à ce qui se passe au niveau cellulaire ou moléculaire parce que les capacités fonctionnelles du corps dépendent du fonctionnement cellulaire, lequel dépend des réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Il faut donc bien connaître certains principes de chimie. Pour bien comprendre la physiologie, il faut également maîtriser certaines notions de physique pour expliquer notamment les courants électriques, la pression dans les vaisseaux sanguins et le mouvement produit par l'action des muscles sur les os. C'est pourquoi nous présentons au chapitre 2 les principes fondamentaux de la chimie et de la physique sans lesquels on ne pourrait expliquer les notions de physiologie.

1.1.4 Complémentarité de la structure et de la fonction

Bien qu'on puisse étudier séparément l'anatomie et la physiologie, ces deux disciplines scientifiques sont en réalité indissociables, car la fonction reflète toujours la structure. Autrement dit, un organe accomplit uniquement les fonctions que lui permet sa structure. C'est ce qu'on appelle le **principe de complémentarité de la structure et de la fonction**.

Ainsi, les os soutiennent et protègent les organes grâce aux minéraux qu'ils contiennent et qui leur confèrent leur dureté ; le sang ne peut se déplacer dans le cœur que dans un sens parce que cet organe comporte des valves qui empêchent le reflux, et les poumons rendent possibles les échanges gazeux grâce à leurs alvéoles et à leurs parois extrêmement minces. La **figure 1.1**, qui montre que les diverses formes de nos dents correspondent à des fonctions différentes, est un autre exemple de complémentarité. Dans ce manuel, après avoir décrit l'anatomie d'une structure, nous expliquons sa fonction en soulignant les caractéristiques structurales qui la rendent possible.

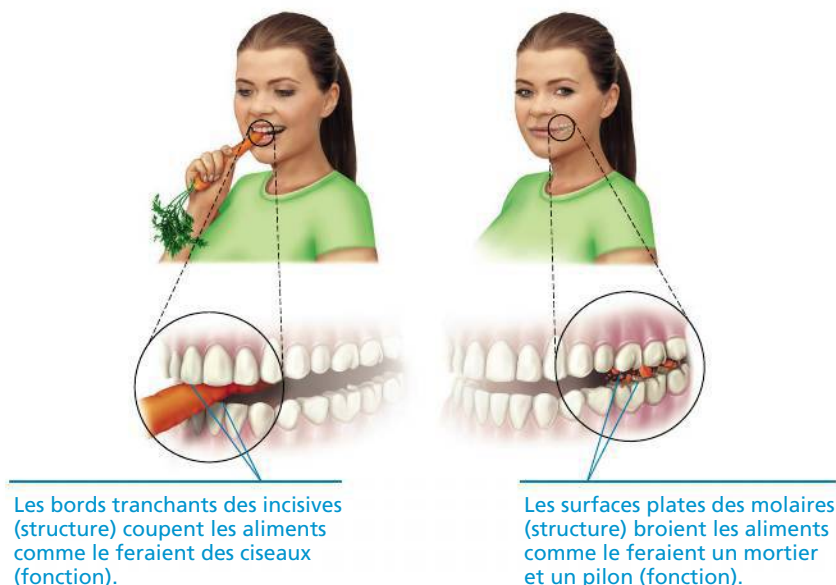


Figure 1.1 La complémentarité de la structure et de la fonction.

Vérifiez vos acquis

1. De quelle manière la physiologie est-elle reliée à l'anatomie ?
2. Si vous vous intéressez au raccourcissement des muscles, devez-vous étudier l'anatomie ou la physiologie ? Et si vous examinez l'emplacement des poumons dans le corps ?
3. **APPLIQUEZ** À l'aide de la liste « Éléments de formation des mots en anatomie et en physiologie » présentée à la toute fin de cet ouvrage, définissez les termes gastrite, leucocyte et néphropathie.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.2 L'organisation du corps va des atomes à l'organisme entier

Objectifs d'apprentissage

- Énumérer, du plus simple au plus complexe, les différents niveaux d'organisation structurale du corps humain et expliquer les relations entre ces niveaux.
- Nommer les 11 systèmes de l'organisme, énumérer leurs composants et expliquer brièvement les principales fonctions de chaque système.

Le corps humain comporte plusieurs niveaux de complexité (**figure 1.2**). Tout au bas de cette organisation hiérarchique se trouve le **niveau chimique**, que nous étudierons au chapitre 2. À ce niveau, de minuscules particules de matière, les *atomes*, se combinent pour former des *molécules* comme l'eau et les protéines. À leur tour, ces molécules s'associent de manière bien spécifique pour façonner les *organites*, qui sont les éléments fondamentaux de la cellule. Les *cellules* sont les plus petites unités des organismes vivants. Nous étudierons le **niveau cellulaire** au chapitre 3. Toutes les cellules ont certaines fonctions en commun, mais elles ont aussi des dimensions et des formes très variées qui reflètent la diversité de leurs fonctions dans l'organisme. Il y aurait plus de 200 types de cellules dans le corps humain.

Les organismes les plus simples ne sont constitués que d'une seule cellule, mais chez les organismes complexes comme les êtres humains, le **niveau tissulaire** est le niveau d'organisation structurale suivant. Les *tissus* sont des groupes de cellules semblables qui remplissent une même fonction. Il existe quatre grands types de tissus chez les humains : le tissu épithélial, le tissu musculaire, le tissu conjonctif et le tissu nerveux.

Chaque type de tissu joue dans l'organisme un rôle particulier que nous expliquons en détail au chapitre 4. En résumé, le tissu épithélial couvre la surface du corps et tapisse ses cavités internes ; le tissu musculaire produit le mouvement ; le tissu conjonctif soutient le corps et protège les organes ; le tissu nerveux permet des communications internes rapides par la transmission d'influx nerveux.

Un *organe* est une structure distincte composée d'au moins deux types de tissus, mais on y rencontre très souvent les quatre grands types. Chaque organe exerce une fonction précise dans l'organisme. Le foie, le cerveau, les vaisseaux sanguins, les muscles squelettiques, les os et la peau sont aussi des organes, même s'ils sont très différents de l'estomac. On peut se

représenter chaque organe comme une structure fonctionnelle spécialisée qui exécute une activité essentielle qu'aucun autre organe ne peut accomplir à sa place.

Au **niveau des organes**, des processus physiologiques extrêmement complexes se déroulent. Par exemple, l'estomac est tapissé d'un épithélium qui sécrète notamment le suc gastrique ; sa paroi est essentiellement formée de tissu musculaire dont le rôle est de pétrir et de mélanger le contenu gastrique (les aliments) ; cette paroi surtout musculaire et molle est renforcée par du tissu conjonctif ; ses fibres nerveuses accélèrent la digestion en stimulant la contraction des muscles et la sécrétion du suc gastrique.

Le niveau d'organisation suivant est le **niveau des systèmes**, chaque *système* étant constitué d'organes qui travaillent de concert pour accomplir une même fonction. Par exemple, le cœur et les vaisseaux sanguins du système cardiovasculaire acheminent continuellement le sang oxygéné contenant des nutriments à toutes les cellules de l'organisme. Outre le système cardiovasculaire, l'organisme comporte les systèmes tégumentaire, squelettique, musculaire, nerveux, endocrinien, respiratoire, digestif, lymphatique, urinaire et génital. (Notez que le système immunitaire est étroitement relié au système lymphatique.) Vous trouverez à la figure 1.4, aux pages 8 et 9, une description de chacun de ces 11 systèmes, que nous présenterons à la prochaine section et que nous étudierons plus en détail de la deuxième à la cinquième partie de ce manuel.

Le dernier niveau d'organisation est celui de l'*organisme*, c'est-à-dire l'être humain vivant. Le **niveau de l'organisme** constitue l'ensemble de tous ces niveaux de complexité travaillant de concert pour assurer le maintien de la vie.

Vérifiez vos acquis

4. Quel niveau d'organisation structurale constitue le domaine d'étude d'un cytologiste ?
5. Classez de la plus simple à la plus complexe les structures suivantes : tissu, organisme, organe, cellule.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.3 Le maintien de la vie dépend de l'accomplissement des fonctions vitales

Objectifs d'apprentissage

- Énumérer et décrire brièvement les caractéristiques fonctionnelles nécessaires au maintien de la vie chez les humains.
- Énumérer les conditions vitales dont dépend le fonctionnement de l'organisme et expliquer sommairement leurs fondements.

1.3.1 Fonctions vitales

Après la description de ces niveaux d'organisation structurale du corps humain, il nous faut maintenant essayer de comprendre le fonctionnement de cet organisme si bien structuré.

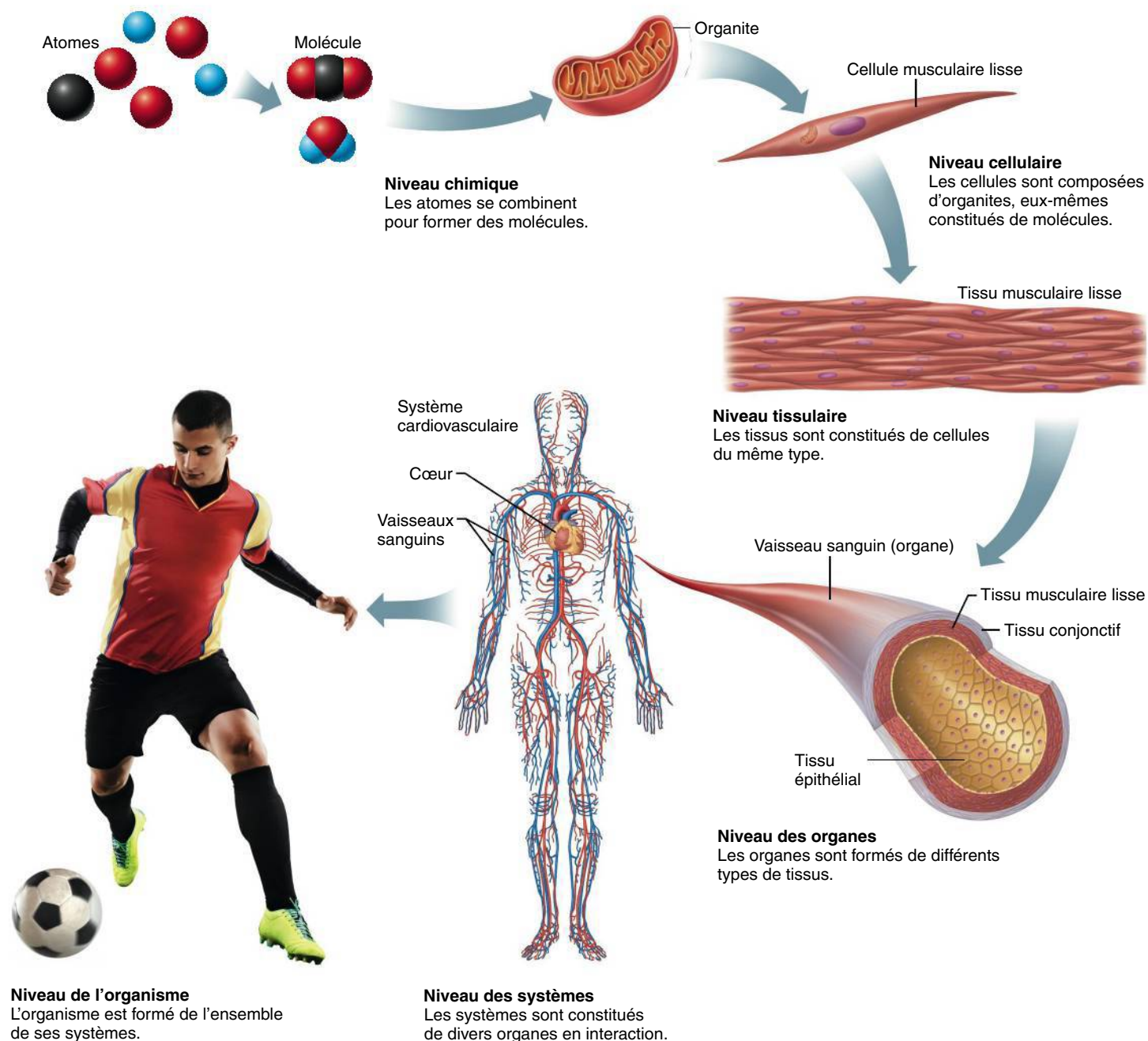


Figure 1.2 Les niveaux d'organisation structurale. Dans ce schéma, les différents niveaux de complexité du corps humain sont illustrés à l'aide du système cardiovasculaire.

Comme tous les animaux complexes, les êtres humains doivent maintenir l'intégrité de leur structure et de leurs fonctions à l'intérieur de certaines limites, bouger, réagir aux changements de leur environnement, ingérer et digérer des aliments, avoir une activité métabolique, éliminer des déchets, se reproduire et croître. Nous traiterons ici brièvement de chacune de ces fonctions vitales, qui sont expliquées en détail dans des chapitres ultérieurs.

Il importe de bien comprendre que toutes les cellules de l'organisme sont interdépendantes, parce que l'être humain est un organisme multicellulaire et que ses fonctions vitales sont distribuées entre plusieurs systèmes différents. Les systèmes

ne travaillent pas de façon indépendante, mais collaborent au bien-être de l'organisme entier. La **figure 1.3** représente schématiquement un certain nombre de systèmes et leurs contributions les plus importantes à divers processus fonctionnels. Par ailleurs, pour mieux comprendre cette section, nous vous invitons à vous reporter aux descriptions des systèmes présentées à la **figure 1.4**, aux pages 8 et 9.

Maintien des limites

Tout organisme vivant doit **maintenir des limites** entre son environnement (milieu externe) et son milieu interne (l'intérieur

Système digestif

Absorbe les nutriments, les dégrade et élimine les matières non absorbées (selles).

Système respiratoire

Absorbe les molécules d'oxygène (O_2) et élimine les molécules de dioxyde de carbone (CO_2).

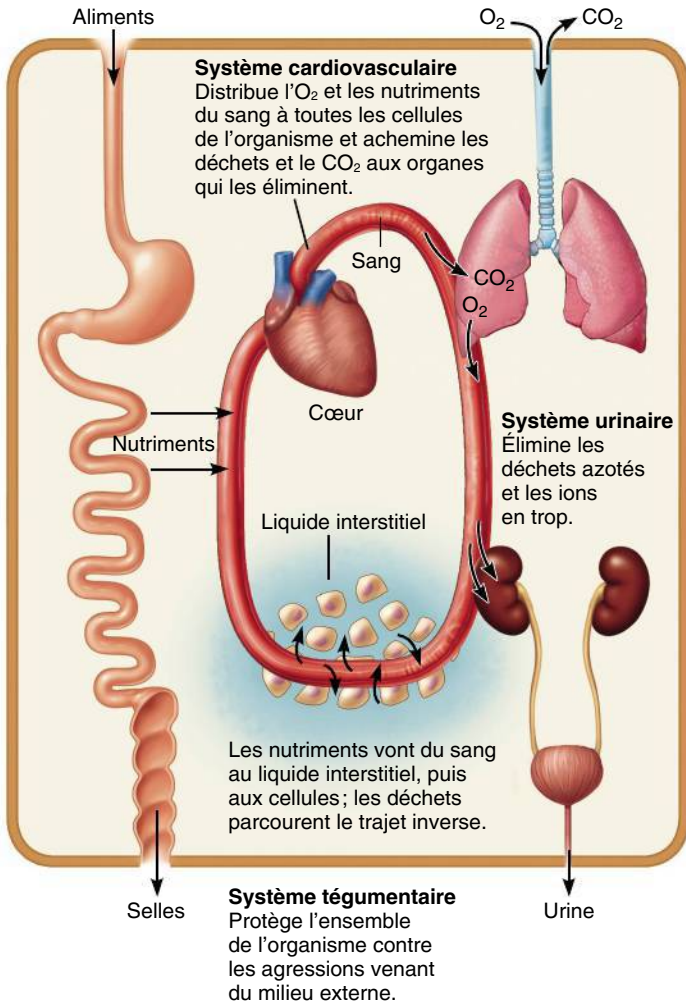


Figure 1.3 Exemples montrant l'interdépendance des systèmes de l'organisme.

de l'organisme). Chez les organismes unicellulaires, cette limite est constituée d'une membrane qui forme une enveloppe et laisse entrer les substances utiles, tout en empêchant le passage des substances inutiles ou nuisibles. De la même façon, toutes les cellules de l'organisme humain sont délimitées par une membrane à perméabilité sélective.

Cette membrane plasmique sépare le *liquide intracellulaire* (à l'intérieur des cellules) du *liquide extracellulaire* (à l'extérieur des cellules). Une partie du liquide extracellulaire se trouve dans les vaisseaux sanguins ; c'est le *plasma sanguin*. Une autre partie, appelé *liquide interstitiel*, entoure et baigne toutes nos cellules (figure 1.3).

De plus, l'ensemble de notre corps est recouvert et protégé par le système tégumentaire – la peau – (figure 1.4a), qui prévient le dessèchement des organes internes (ce qui serait fatal), tout en les protégeant contre les agresseurs microbiens et les effets nocifs de la chaleur, des rayons du soleil ainsi que

des innombrables substances chimiques présentes dans l'environnement. Nous étudierons le système tégumentaire au chapitre 5.

Mouvement

Par **mouvement**, on entend toutes les activités permises par le système musculaire comme le déplacement au moyen de la marche, de la course ou de la nage, et les manipulations d'objets dans l'environnement grâce à l'agilité de nos doigts (figure 1.4c). Le système squelettique constitue la charpente sur laquelle sont fixés les muscles squelettiques qui entrent en action (figure 1.4b). La circulation du sang dans le système cardiovasculaire, le déplacement des aliments dans le système digestif et l'écoulement de l'urine dans le système urinaire sont également des mouvements assurés par un autre type de muscles. Au niveau cellulaire, la capacité des cellules musculaires de se raccourcir est appelée **contractilité**. Les chapitres 6 à 10 traiteront des systèmes reliés au mouvement.

Excitabilité

L'**excitabilité** est la faculté de percevoir les changements (stimulus) de l'environnement et d'y réagir de manière adéquate. Par exemple, si on se blesse la main avec un éclat de verre, on a aussitôt un *réflexe de retrait*, c'est-à-dire qu'on éloigne involontairement la main du stimulus douloureux (l'éclat de verre). Il n'est même pas nécessaire d'y penser, le geste est automatique. Un phénomène similaire se produit quand la concentration de CO_2 dans le sang s'élève jusqu'à atteindre un niveau dangereux : des chimiorécepteurs interviennent alors en envoyant des messages aux centres de l'encéphale régissant la respiration, et le rythme respiratoire s'accélère.

Comme les cellules nerveuses sont extrêmement excitables et communiquent rapidement entre elles au moyen d'influx nerveux (aussi appelés *potentiels d'action*), le système nerveux (auquel les chapitres 11 à 14 seront consacrés) joue un rôle déterminant dans l'excitabilité (figure 1.4d). Cependant, toutes les cellules de l'organisme présentent une certaine excitabilité.

Digestion

La **digestion** est le processus de dégradation des aliments en molécules simples capables de passer dans le sang. Le sang chargé de nutriments est ensuite acheminé à toutes les cellules de l'organisme par le système cardiovasculaire. Dans un organisme unicellulaire comme l'amibe, c'est la cellule elle-même qui constitue l'« usine de digestion » ; mais dans un organisme multicellulaire comme le corps humain, le système digestif remplit cette fonction pour l'ensemble de l'organisme (figure 1.4i). Le système digestif fera l'objet du chapitre 23.

Métabolisme

Le terme **métabolisme** (« changement d'état ») englobe toutes les réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Le métabolisme comprend la dégradation de certaines substances en leurs unités constitutives (processus appelé plus précisément *catabolisme*), la synthèse de structures cellulaires plus complexes à partir de matériaux simples (*anabolisme*) ainsi que la production, à partir des nutriments et de l' O_2 (par

la *respiration cellulaire*), des molécules d'ATP qui fournissent l'énergie nécessaire aux activités cellulaires. Le métabolisme (qui sera vu au chapitre 24) dépend des systèmes digestif et respiratoire (dont traite le chapitre 22), puisqu'ils font passer les nutriments et l'O₂ dans le sang, ainsi que du système cardiovasculaire (présenté aux chapitres 17 à 19), qui distribue ces substances indispensables à l'ensemble de l'organisme (figure 1.4i, h et f, respectivement). La régulation du métabolisme est assurée principalement par l'intermédiaire des hormones sécrétées par les glandes du système endocrinien (figure 1.4e), que nous étudierons au chapitre 16.

Excrétion

L'**excrétion** est l'élimination des déchets de l'organisme, ou *excreta*. Pour fonctionner correctement, le corps doit se débarrasser des substances inutiles, comme les résidus de la digestion, ou même potentiellement toxiques, comme des sous-produits du métabolisme.

Plusieurs systèmes participent à la fonction d'excrétion. Par exemple, les résidus de nourriture non digérés sont rejetés par le système digestif sous forme de selles ; quant au système urinaire (objet du chapitre 25), il élimine dans l'urine les déchets métaboliques azotés tels que l'urée (figure 1.4i et j). Le CO₂, un sous-produit de la respiration cellulaire, est transporté par le sang jusqu'aux poumons et expulsé avec l'air expiré (figure 1.4h).

Reproduction

La **reproduction** s'effectue au niveau cellulaire et au niveau de l'organisme. La reproduction des cellules se fait par division cellulaire (mitose), une cellule originale produisant deux cellules filles identiques pour assurer la croissance ou la guérison d'une lésion. La reproduction de l'organisme humain, c'est-à-dire la génération d'un nouvel être humain, est la principale fonction du système génital. Lorsqu'un spermatozoïde s'unit à un ovocyte, l'embryon ainsi formé se développe à l'intérieur de l'organisme maternel jusqu'à la naissance d'un bébé. Le système génital (étudié au chapitre 27) est directement responsable de la reproduction, mais son fonctionnement est réglé de façon très fine par les hormones du système endocrinien (figure 1.4e).

Comme les hommes produisent des spermatozoïdes et les femmes des ovocytes, le processus de reproduction donne lieu à une « division du travail », et les organes génitaux de chaque sexe sont très différents (figure 1.4k et l). En outre, le site de la fécondation des ovocytes par les spermatozoïdes se trouve dans les structures reproductrices de la femme, où le fœtus en cours de développement est protégé et nourri jusqu'à sa naissance. Le chapitre 28 traite de la grossesse et des premières étapes du développement.

Croissance

La **croissance** est l'augmentation de volume d'une partie du corps ou de l'organisme entier, habituellement par la multiplication des cellules. Notons toutefois que les cellules grossissent aussi lorsqu'elles ne sont pas en train de se diviser. Pour qu'une véritable croissance se produise, il faut que le rythme des

activités anaboliques (de synthèse) dépasse celui des activités cataboliques (de dégradation).

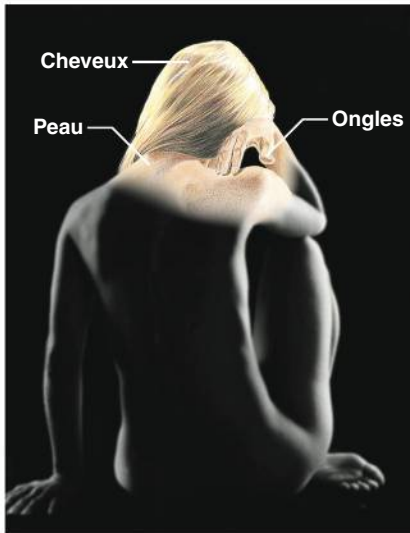
1.3.2 Conditions vitales

Tous les systèmes de l'organisme participent d'une façon ou d'une autre au maintien de la vie. Cependant, la vie est extraordinairement fragile et plusieurs facteurs lui sont nécessaires. Ces **conditions vitales** sont une quantité suffisante de nutriments, d'O₂ et d'eau ainsi qu'une température et une pression atmosphérique adéquates.

- **Les nutriments.** Les **nutriments** proviennent de l'alimentation et contiennent les substances chimiques nécessaires à la production de l'énergie ou à la construction des cellules. La plupart des aliments d'origine végétale sont riches en glucides, en vitamines et en minéraux, alors que la plupart des aliments d'origine animale sont riches en protéines et en lipides. Nous aborderons certains concepts de nutrition au début du chapitre 24.

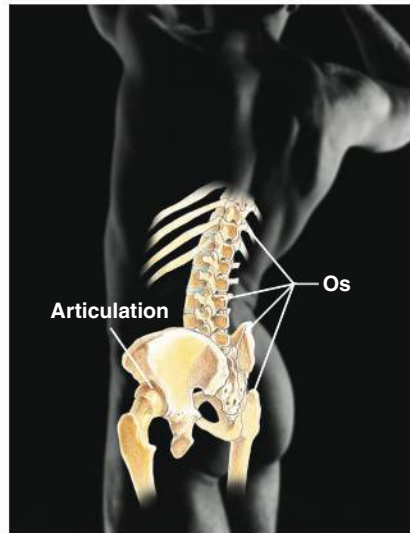
Les glucides sont la principale source d'énergie des cellules. Les protéines et, dans une moindre mesure, les lipides sont essentiels à l'élaboration des structures de la cellule. Les lipides protègent également les organes, forment des couches isolantes et constituent une réserve d'énergie. Plusieurs vitamines et minéraux sont indispensables au transport de l'O₂ dans le sang et aux réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules. Ainsi, le calcium, un minéral, confère aux os leur dureté ; il joue également un rôle essentiel dans la coagulation du sang.

- **Les molécules d'oxygène (O₂).** Tous les nutriments du monde seraient inutiles sans **oxygène**. En effet, les cellules ne peuvent survivre que quelques minutes sans O₂, car en son absence, les *réactions oxydatives* ne peuvent se produire et tirer assez d'énergie des nutriments. L'O₂ représente 20 % de l'air que nous respirons. Il pénètre dans le sang et atteint les cellules grâce au travail conjoint du système respiratoire et du système cardiovasculaire. Nous verrons de façon détaillée l'utilisation de l'O₂ et des nutriments par les cellules, ainsi que l'ensemble des réactions métaboliques, au chapitre 24.
- **L'eau.** L'eau compte pour 60 à 80 % de la masse corporelle ; c'est la substance chimique la plus abondante de l'organisme. Elle constitue à la fois le milieu liquide nécessaire aux réactions chimiques et la substance de base des sécrétions et des excréments. L'organisme tire l'eau des aliments et des liquides ingérés, et il la perd par évaporation au niveau des poumons et de la peau, ainsi que par les excréments. L'équilibre entre les entrées et les sorties d'eau est primordial pour l'organisme. Il en sera question de façon détaillée au chapitre 26.
- **La température corporelle.** Les réactions chimiques ne peuvent se produire à un rythme suffisant pour maintenir l'organisme en vie que si la **température corporelle** est normale. Tout abaissement de la température au-dessous de 37 °C entraîne un ralentissement progressif des réactions métaboliques puis, finalement, leur arrêt. Si la température est excessive, les réactions chimiques s'enchaînent à un rythme effréné ; les protéines de l'organisme perdent leur



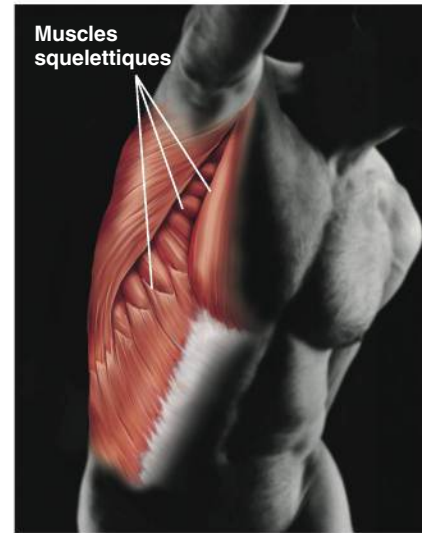
(a) Système tégumentaire

Forme l'enveloppe externe de l'organisme; protège les tissus plus profonds contre les lésions (blessures et infections); synthétise la vitamine D; contient les récepteurs cutanés (douleur, pression, etc.) ainsi que les glandes sudoripares (régulation de la température corporelle) et sébacées.



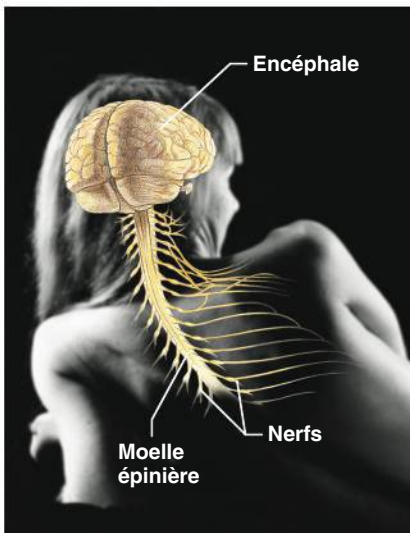
(b) Système squelettique

Protège et soutient les autres organes; constitue une charpente sur laquelle les muscles agissent pour produire le mouvement; fabrique les cellules sanguines dans la moelle des os; constitue une réserve de minéraux.



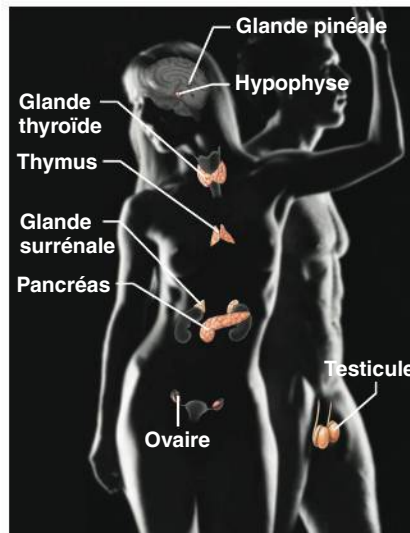
(c) Système musculaire

Permet les manipulations d'objets dans l'environnement, la locomotion, l'expression faciale, le maintien de la posture; produit de la chaleur.



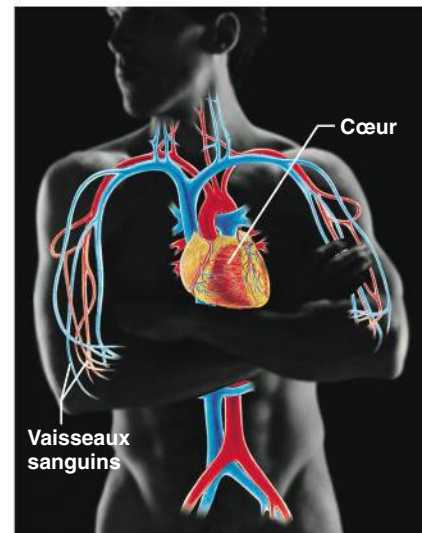
(d) Système nerveux

Système de régulation rapide de l'organisme; perçoit les stimulus, analyse les informations et réagit instantanément aux changements internes et externes en activant les glandes et les muscles appropriés.



(e) Système endocrinien

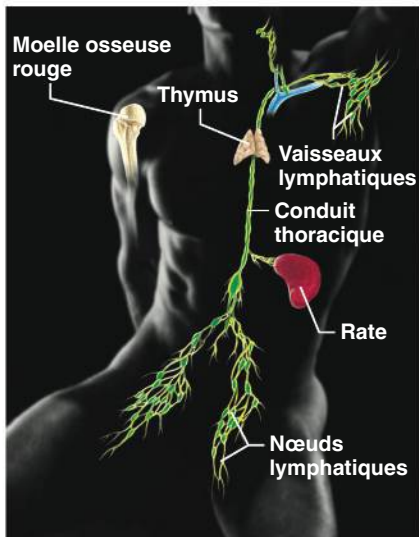
Glandes qui sécrètent des hormones réglant divers processus, comme la croissance, la reproduction et l'utilisation des nutriments par les cellules (métabolisme).



(f) Système cardiovasculaire

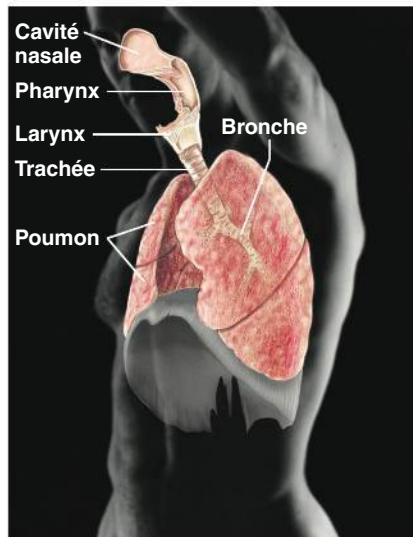
Les vaisseaux sanguins transportent le sang qui contient de l'O₂, du CO₂, des nutriments, des déchets, etc.; le cœur fait circuler le sang en agissant comme une pompe.

Figure 1.4 Systèmes de l'organisme et leurs principales fonctions.



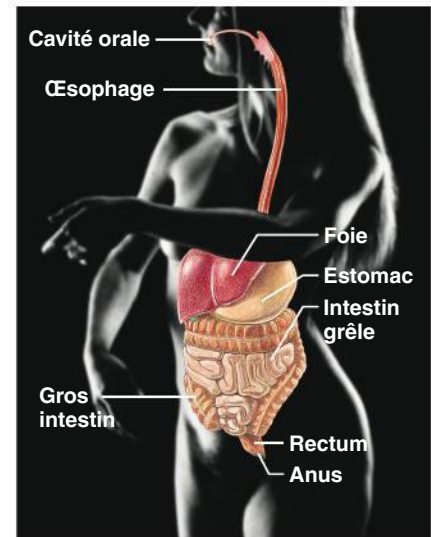
(g) Système lymphatique et immunitaire

Recueille les liquides qui s'échappent des vaisseaux sanguins et les réachemine vers le sang; élimine les déchets de la lymphe grâce aux nœuds lymphatiques; contient les globules blancs (leucocytes) qui interviennent dans l'immunité. Les cellules immunitaires s'attaquent aux substances étrangères présentes dans l'organisme.



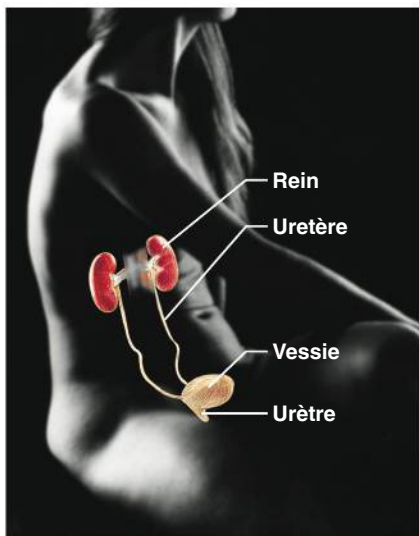
(h) Système respiratoire

Assure en permanence l'oxygénation du sang et l'élimination du CO_2 qu'il contient; les échanges gazeux se produisent à travers les parois des alvéoles pulmonaires.



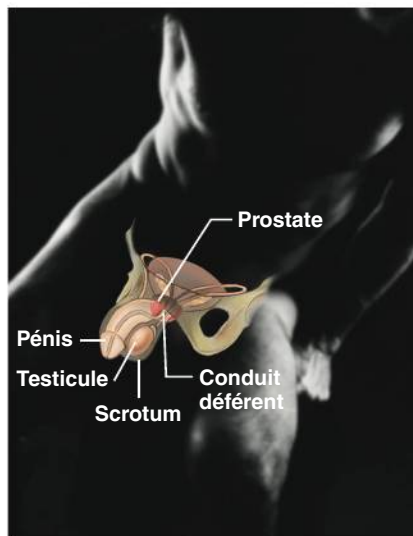
(i) Système digestif

Dégrade les aliments en nutriments absorbables qui passent dans le sang pour être distribués aux cellules; les substances non digérées sont rejetées sous forme de selles.



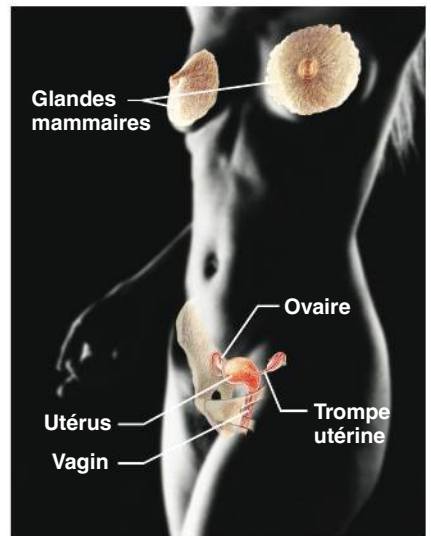
(j) Système urinaire

Élimine du corps les déchets azotés; règle l'équilibre hydrique, électrolytique et acidobasique du sang.



(k) Système génital de l'homme

Les systèmes génitaux assurent la reproduction. Les testicules produisent les spermatozoïdes et l'hormone sexuelle mâle; les conduits et les glandes permettent de déposer les spermatozoïdes dans les voies génitales de la femme. Les ovaires produisent les ovocytes et les hormones sexuelles femelles; les autres organes sont le siège de la fécondation et du développement du fœtus. Les glandes mammaires situées dans les seins produisent du lait servant à nourrir le nouveau-né.



(l) Système génital de la femme

Figure 1.4 (suite)

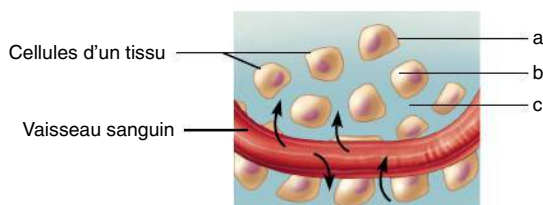
forme caractéristique et cessent d'être fonctionnelles. Les températures extrêmes, qu'elles soient trop basses ou trop élevées, sont mortelles. La majeure partie de la chaleur du corps est produite par le système musculaire. Une section du chapitre 24 sera consacrée à la thermorégulation.

- **La pression atmosphérique.** La **pression atmosphérique** est la force exercée par l'air sur la surface du corps. La respiration et les échanges gazeux dans les poumons nécessitent une pression atmosphérique *appropriée*. (Au chapitre 22, nous expliquerons les principes des échanges gazeux.) En altitude, là où la densité de l'air et la pression atmosphérique sont plus faibles, l'apport en O_2 est parfois insuffisant pour que le métabolisme cellulaire puisse se maintenir à un rythme satisfaisant.

Pour assurer la survie, non seulement les facteurs décrits précédemment doivent-ils exister, mais ils doivent être présents en quantité *appropriée*; les excès peuvent être tout aussi néfastes que les insuffisances. Nous avons mentionné les effets des températures extrêmes. L' O_2 est essentiel, mais son excès est toxique pour les cellules. De même, nous devons consommer des aliments de bonne qualité et en quantité adéquate afin d'éviter les troubles nutritionnels, l'obésité ou l'inanition. Ajoutons que les facteurs énumérés ici sont capitaux, mais qu'ils sont loin de représenter l'ensemble des facteurs qui contribuent à une bonne qualité de vie. Par exemple, si c'est nécessaire, nous pouvons vivre en l'absence de gravité, mais notre qualité de vie s'en ressent.

Vérifiez vos acquis

6. Qu'est-ce qui distingue les organismes vivants des objets inertes ?
7. Quel nom donne-t-on à l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent dans les cellules ?
8. Le schéma ci-dessous montre des cellules d'un tissu et une portion de vaisseau sanguin. Les nutriments et les déchets cellulaires s'échangent à travers une frontière importante qui sépare deux compartiments remplis de liquide. Nommez (a) cette frontière puis, pour (b) et (c), nommez le liquide contenu dans chacun des compartiments. Soyez précis.



Les réponses se trouvent à l'appendice A.

1.4 L'homéostasie se maintient par la rétro-inhibition

Objectifs d'apprentissage

- ▶ Définir l'homéostasie et expliquer son importance pour l'organisme.
- ▶ Nommer les trois éléments de base de tout mécanisme homéostatique et décrire la fonction de chacun.

- ▶ Expliquer la contribution de la rétro-inhibition et de la rétroactivation au maintien de l'homéostasie de l'organisme.
- ▶ Donner un exemple du déroulement de chacun de ces deux types de mécanismes.
- ▶ Définir la relation entre les déséquilibres homéostatiques et la maladie.

Notre corps est constitué de millions de millions de cellules presque toujours en activité; le fait qu'il éprouve si peu de problèmes de fonctionnement ne peut que nous émerveiller. Au début du xx^e siècle, le physiologiste américain Walter Cannon parlait de la «sagesse du corps»; il a créé le mot **homéostasie** pour décrire la capacité de l'organisme de maintenir relativement stable son milieu interne malgré les fluctuations constantes de l'environnement.

Même si l'étymologie du terme fait référence à un état stable, l'homéostasie ne désigne pas un état statique ou sans changement. Il s'agit plutôt d'un état d'équilibre *dynamique* dans lequel les conditions internes varient, mais toujours à l'intérieur de limites relativement étroites. En général, on considère que l'homéostasie se maintient quand les conditions vitales de l'organisme sont remplies et que l'organisme fonctionne bien.

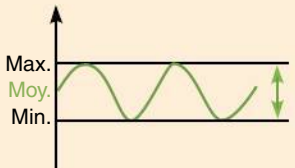
Le maintien de l'homéostasie est un processus plus complexe qu'on ne le croirait de prime abord. En effet, presque tous les systèmes contribuent à stabiliser le milieu interne. Non seulement l'organisme doit-il maintenir à tout moment une concentration adéquate de nutriments dans le sang, mais il doit également surveiller et ajuster sans arrêt l'activité cardiaque et la pression artérielle afin que le sang puisse être acheminé à tous les tissus. En même temps, il doit éviter l'accumulation des déchets et réguler la température corporelle avec précision. De nombreux processus chimiques, thermiques et neurologiques agissent et interagissent de façon complexe dans l'organisme, certains ayant tendance à le rapprocher, d'autres à l'éloigner de son objectif ultime, qui est l'homéostasie.

1.4.1 Mécanismes de régulation de l'homéostasie

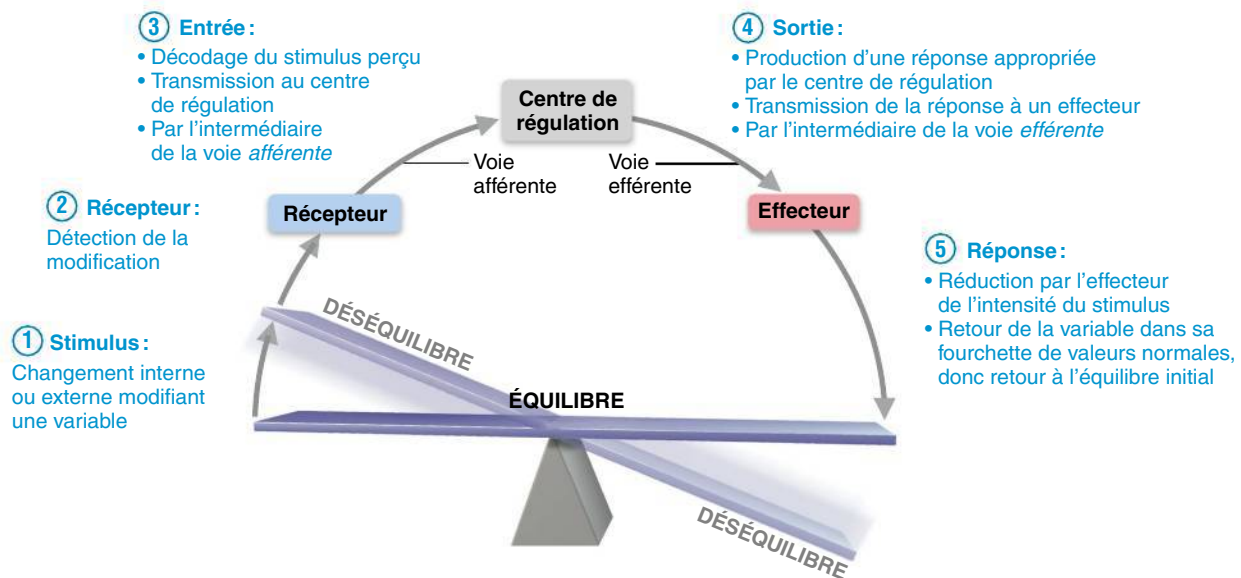
La communication entre les différentes parties de l'organisme est essentielle à l'homéostasie. Le système nerveux et le système endocrinien captent et transmettent la majorité des informations nécessaires au maintien de l'équilibre. Le premier produit des potentiels d'action transmis par les nerfs, tandis que le second élabore des hormones, que transporte le sang. Nous étudierons en détail le fonctionnement de ces deux grands systèmes de régulation dans des chapitres ultérieurs, mais nous décrivons ici les caractéristiques fondamentales des systèmes de régulation de l'homéostasie.

Quel que soit le facteur contrôlé, appelé **variable**, tous les mécanismes de régulation comportent au moins trois éléments interdépendants (**figure 1.5**).

- Le premier, le **récepteur**, est essentiellement un capteur dont le rôle consiste à surveiller l'environnement et à réagir aux changements, ou *stimulus*, en envoyant des informations (entrée) au second élément, qui est le *centre de régulation*. Ces informations d'entrée vont du récepteur au centre de régulation en suivant la *voie afférente*.

Variables internes (Facteurs contrôlés)	Représentation schématique de l'homéostasie	Stimulus internes ou externes	Facteurs influant sur les valeurs normales
Exemples Température corporelle Glycémie Pression artérielle Concentration sanguine de différents ions Gaz sanguins artériels (rapport O_2/CO_2)	Équilibre dans une fourchette de valeurs normales (minimales à maximales) 	Exemples Manque d' O_2 (hypoxémie) Hausse ou baisse de la température corporelle Faim ou soif Excès ou manque de sels minéraux Blessure Stress	Exemples Âge Sexe Héritéité Sédentarité Habitudes de vie Problèmes de santé préexistants

(a) Paramètres de l'homéostasie : variables internes dont les valeurs normales fluctuent selon les stimulus reçus par l'organisme.



(b) La communication entre les éléments d'un mécanisme de régulation permet de maintenir la stabilité d'une variable interne dont la valeur a été modifiée.

Figure 1.5 Régulation de l'homéostasie.

- Le **centre de régulation**, qui fixe la *valeur de référence*, soit le niveau ou l'écart (ou la série de niveaux ou d'écarts) où la variable doit être maintenue, analyse les données qu'il reçoit et détermine la réaction appropriée. L'information (sortie) quitte alors le centre de régulation pour se déplacer vers le troisième élément, l'*effecteur*, en suivant la *voie efférente*. Pour ne pas confondre les termes « *afférent* » et « *efférent* », rappelez-vous que l'information transportée par la voie *afférente* s'*approche* du centre de régulation, tandis que l'information propagée par la voie *efférente* s'en *éloigne*. (Pour bien mémoriser cette notion, il vous suffit d'associer la première lettre des deux mots.)
- L'**effecteur** est le moyen par lequel le centre de régulation met en œuvre la réponse (sortie) au stimulus. La réponse produit alors une *rétroaction* qui agit sur le stimulus ; elle peut avoir pour effet de le réduire, de sorte que tout le mécanisme de régulation cesse son activité, ou de le renforcer afin d'amplifier la réaction.

Mécanismes de rétro-inhibition

La majorité des mécanismes de régulation de l'homéostasie sont des **mécanismes de rétro-inhibition**, c'est-à-dire des systèmes dont la réponse met fin au stimulus de départ ou réduit son intensité. La valeur de la variable change donc dans une direction *opposée* au changement initial et revient à une valeur « idéale ».

Pour illustrer ce principe, prenons l'exemple d'un système de rétro-inhibition non biologique : un appareil de chauffage relié à un thermostat. Celui-ci contient à la fois le récepteur et le centre de régulation. S'il est réglé à 20 °C, le thermostat met l'appareil de chauffage (l'effecteur) en marche dès que la température de la pièce descend sous cette valeur. L'appareil réchauffe alors l'air ambiant ; lorsque la température atteint 20 °C ou un peu plus, le thermostat arrête l'appareil de chauffage. Le cycle « marche » et « arrêt » ainsi créé permet de conserver dans la pièce une température assez proche de la valeur désirée, soit 20 °C. Le « thermostat » de votre corps, situé dans une partie de l'encéphale appelée hypothalamus, fonctionne un peu de la même façon (**figure 1.6**).

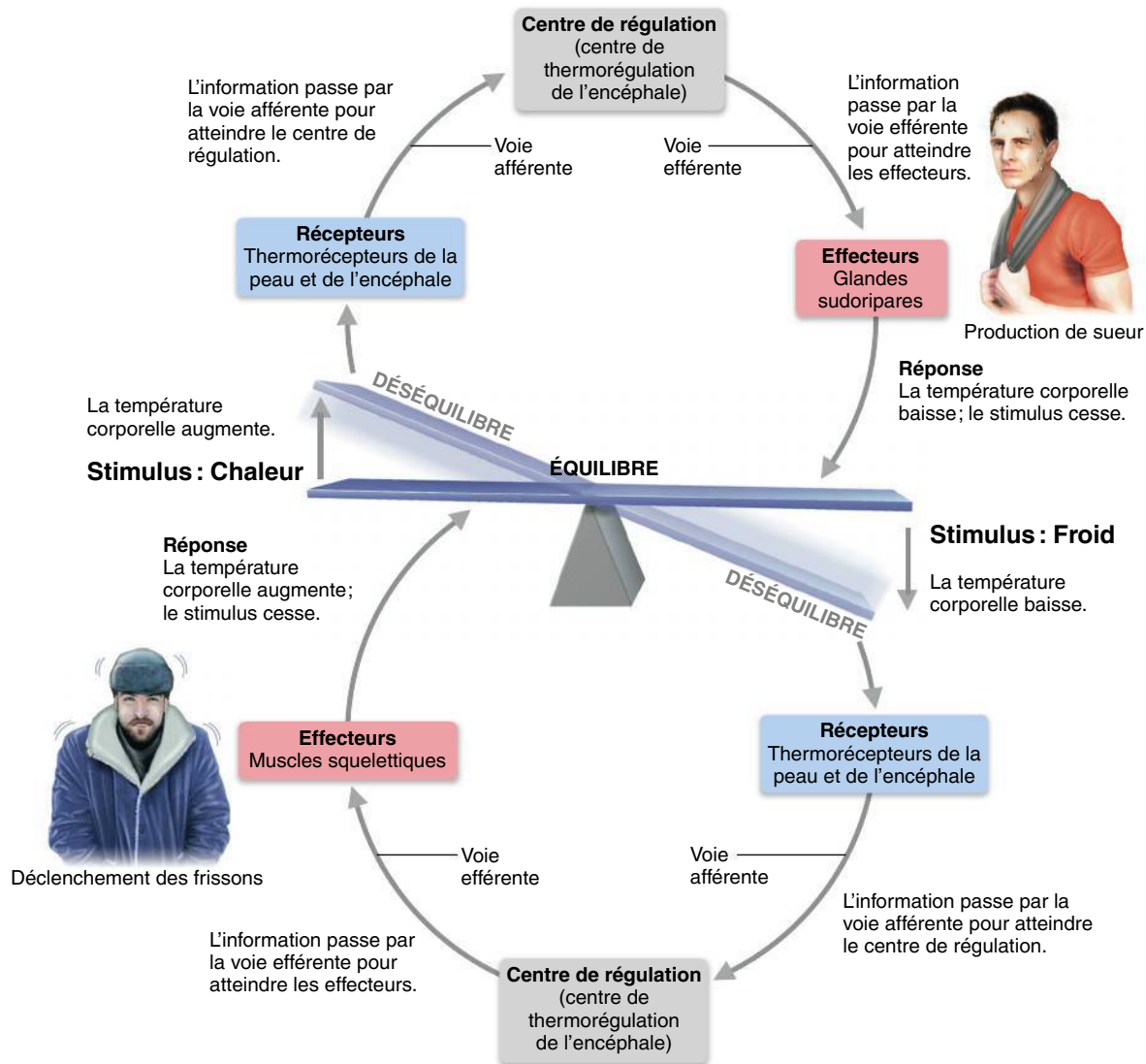


Figure 1.6 Régulation de la température corporelle par un mécanisme de rétro-inhibition.

La régulation de la température corporelle est une des nombreuses voies par lesquelles le système nerveux assure la stabilité du milieu interne. Le réflexe de retrait que nous avons cité comme exemple d'excitabilité est un mécanisme de régulation nerveux qui assure un retrait rapide de la main en présence d'un stimulus douloureux comme le contact avec un éclat de verre.

Le système endocrinien joue également un rôle important dans le maintien de l'homéostasie. La régulation du glucose sanguin (glycémie) par l'insuline est un bon exemple de mécanisme de rétro-inhibition hormonal. Quand la concentration sanguine de glucose augmente, des récepteurs de l'organisme captent ce changement, et le pancréas (le centre de régulation) stimule la libération d'insuline dans le sang. Cette modification déclenche à son tour la réabsorption d'une plus grande quantité de glucose par les cellules, de sorte que la glycémie baisse. La diminution de la glycémie met alors fin au stimulus qui avait déclenché la libération d'insuline.

La capacité de l'organisme de régulariser son milieu interne revêt une importance capitale, et tous les mécanismes de

rétro-inhibition contribuent par leur action à éviter les changements soudains et majeurs au sein de l'organisme. La température corporelle et la glycémie ne sont que deux exemples des variables qui sont ajustées de cette façon, mais il en existe des centaines ! D'autres mécanismes de rétro-inhibition règlent le rythme cardiaque, la pression artérielle, la fréquence et l'amplitude respiratoires ainsi que les concentrations d'O₂, de CO₂ et de minéraux dans le sang. Penchons-nous maintenant sur l'autre groupe de mécanismes de régulation par rétroaction, soit les mécanismes de rétroactivation.

Mécanismes de rétroactivation

Dans les **mécanismes de rétroactivation**, la réponse initiale amplifie le stimulus de départ, de sorte que la réponse qui suit se renforce. Il s'agit bien d'une « activation » parce que le changement produit va dans la *même* direction que la fluctuation initiale, de sorte que la variable s'éloigne de plus en plus de sa valeur ou de son intervalle de valeurs de départ.

Contrairement aux mécanismes de rétro-inhibition, qui règlent une fonction physiologique autour d'une valeur précise

ou qui maintiennent la concentration des composants sanguins dans une fourchette très étroite, les mécanismes de rétroactivation régissent habituellement des phénomènes peu fréquents qui ne nécessitent pas d'ajustements continus. En général, ils déclenchent une série d'événements qui peuvent s'autoentretenir : une fois mis en route, ils font boule de neige. En d'autres mots, ils vont en s'amplifiant. C'est pourquoi on dit souvent qu'ils se déroulent *en cascade*. Parmi les processus physiologiques bien connus qui font intervenir de tels mécanismes, mentionnons les deux exemples suivants : l'augmentation de la force et de la fréquence des contractions du muscle utérin au cours de l'accouchement, et l'hémostase (ou l'arrêt du saignement).

Nous expliquerons en détail au chapitre 28 le mécanisme de rétroactivation par lequel l'ocytocine, une hormone hypothalamique, rend plus intenses les contractions utérines pendant l'accouchement (voir la figure 28.17, p. 1285). Retenons pour l'instant que l'ocytocine provoque des contractions de plus en plus fréquentes et de plus en plus vigoureuses, ce qui entraîne la libération d'une plus grande quantité d'ocytocine et l'accroissement du nombre de contractions jusqu'à ce que l'accouchement soit terminé. À ce moment-là, le stimulus qui a engendré la libération d'ocytocine disparaît, ce qui met fin au mécanisme de rétroactivation.

Les réactions de l'hémostase, que nous expliquerons en détail au chapitre 17, se produisent normalement peu après la rupture de la paroi d'un vaisseau sanguin, et ce mécanisme complexe offre d'excellents exemples de régulation par rétroactivation portant sur une fonction organique importante. En gros, lorsqu'un vaisseau sanguin est endommagé, des fragments de cellules sanguines appelées plaquettes (ou thrombocytes) s'agglutinent immédiatement sur le site de la blessure et libèrent des substances chimiques qui attirent d'autres plaquettes. L'accumulation de plus en plus rapide de ces éléments sanguins obstrue temporairement la lésion (**figure 1.7**).

La formation du bouchon temporaire (appelé *clou plaquettaire*) met un frein au mécanisme de rétroactivation qui a produit l'accumulation des plaquettes, mais il amorce une autre série de réactions en cascade qui mèneront à la formation du caillot. Ces dernières réactions, qui provoqueront la coagulation du sang, représentent aussi des exemples de rétroactivation. Comme ce type de réaction risque de devenir incontrôlable, les mécanismes de rétroactivation n'assurent habituellement pas le maintien de l'homéostasie de l'organisme. Cependant, les effets de certains mécanismes de rétroactivation, dont la coagulation, se limitent à des parties spécifiques de l'organisme. Par exemple, la formation du caillot est accélérée dans les vaisseaux endommagés, mais elle ne s'étend habituellement pas à l'ensemble de la circulation.

1.4.2 Déséquilibre homéostatique

L'importance de l'homéostasie est telle que l'on considère que la plupart des maladies sont causées par un **déséquilibre homéostatique**, c'est-à-dire par une perturbation de l'homéostasie. Lorsque nous avançons en âge, nos organes et nos mécanismes de régulation deviennent de moins en moins efficaces et notre milieu interne devient de plus en plus instable, ce qui crée un risque croissant de maladie et entraîne les modifications inhérentes au vieillissement.

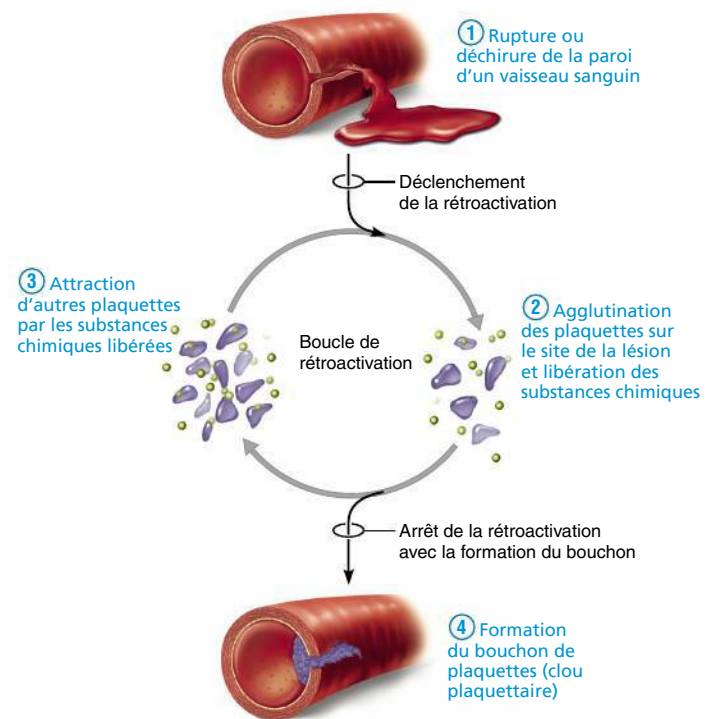


Figure 1.7 Description sommaire du mécanisme de rétroactivation qui régit la formation d'un bouchon de plaquettes (clou plaquettaire).

On trouve également de nombreux exemples de déséquilibre homéostatique lorsque les mécanismes normaux de rétro-inhibition ne sont plus en mesure de jouer leur rôle ou lorsque les mécanismes destructeurs de rétroactivation ne sont plus contrôlés. Ce phénomène peut se manifester dans certains types de crises cardiaques, par exemple.

Tout au long de cet ouvrage, vous trouverez des exemples de déséquilibres homéostatiques qui vous permettront de mieux comprendre les mécanismes physiologiques normaux. Les paragraphes décrivant des déséquilibres homéostatiques commencent par le symbole  pour indiquer qu'on y explique un état anormal. Le **Zoom 1.1** résume les mécanismes de régulation de l'homéostasie par l'intermédiaire de deux exemples.

Vérifiez vos acquis

9. Quel processus vous permet de vous adapter dans un environnement extrêmement chaud ou froid ?
10. Pourquoi le mécanisme de régulation illustré à la figure 1.7 est-il qualifié de mécanisme de rétroactivation ? Quel événement y met fin ?
11. **APPLIQUEZ** Quand une personne commence à être déshydratée, elle ressent la soif, ce qui l'incite à boire. Ce phénomène fait-il partie d'un mécanisme de rétroactivation ou de rétro-inhibition ? Expliquez votre réponse.

Les réponses se trouvent à l'appendice A.



Regardez l'animation.



Réalisez l'activité.



Les mécanismes de rétro-inhibition et de rétroactivation permettent le maintien de l'homéostasie en régulant les variables corporelles internes par le biais de leurs trois composantes : le récepteur, le centre de régulation et l'effecteur.

La régulation de la température corporelle se fait par des mécanismes de **rétro-inhibition**.

