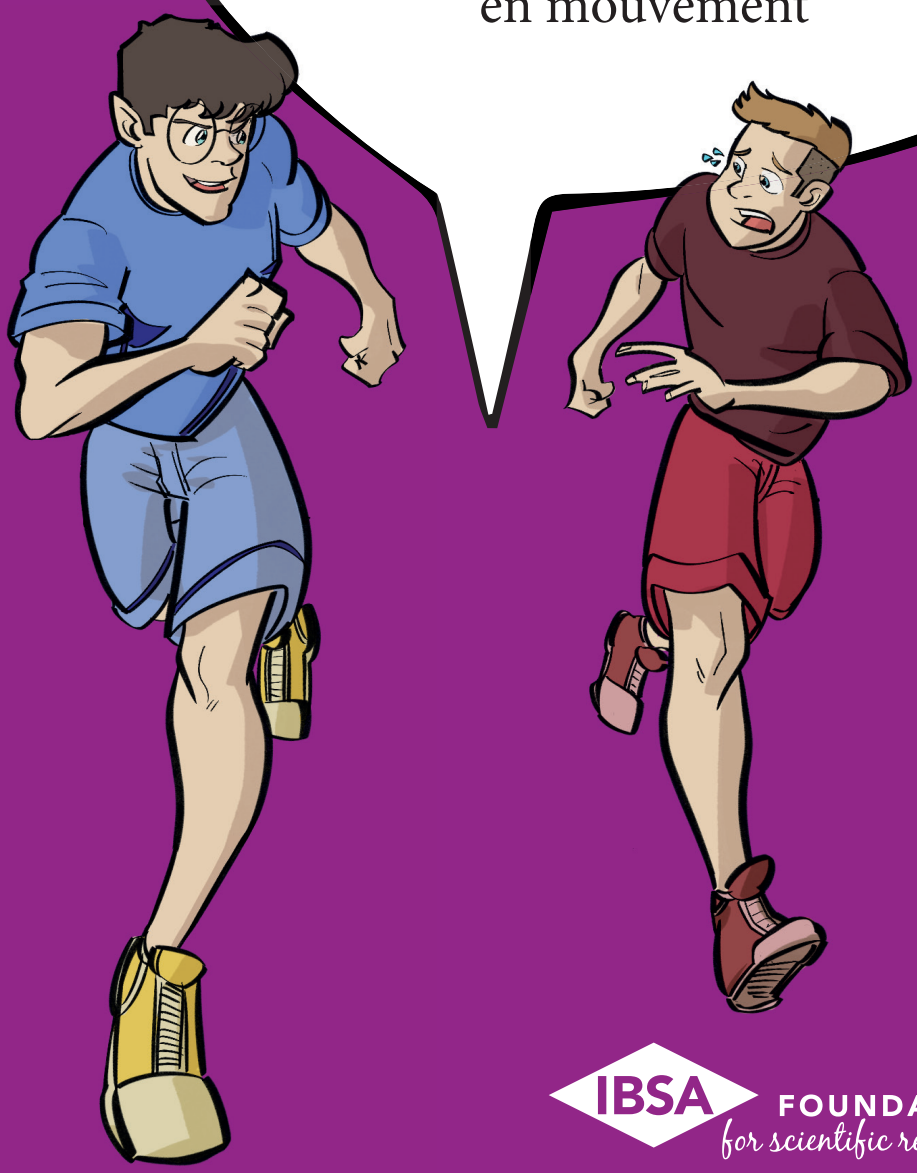
LET'S SCIENCE!

2

Francesco Oliva

BOUGEONS!

Les bienfaits d'une vie en mouvement



IBSA FOUNDATION for scientific research

Francesco Oliva

BOUGEONS!

Les bienfaits d'une vie en mouvement

IBSA FOUNDATION for scientific research

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport

© copyright 2022 par Carocci editore, Rome

Titre original: *Muoviamoci! I benefici di una vita in movimento* (Carocci, 2019)

Conception graphique d'Ulderico Iorillo et Valentina Pochesci

INDEX

05 Préface

07 **PREMIÈRE PARTIE** BOUGEONS!

08 Introduction

11 Que se passe-t-il dans notre corps si nous ne bougeons pas?

14 Quels sont les effets de la sédentarité sur nos os?

18 Et si nous ne bougeons pas, comment réagit la musculature?

21 La fonctionnalité de nos tendons aussi est compromise en cas d'immobilité

24 Les articulations ne sont pas conçues pour rester immobiles

27 Les effets du mouvement sur le système circulatoire

31 Les effets du mouvement sur l'appareil respiratoire

34 Les effets du mouvement sur le bien-être psychologique et émotionnel

36 Les différents types d'activité physique

39 La différence entre les différents sports

40 Études sur la sédentarité

41 Conclusions

43 **DEUXIÈME PARTIE** LA MALADIE DES ASTRONAUTES

57 Glossaire

PRÉFACE

Dans quelle mesure sommes-nous conscients des retombées de la recherche scientifique et de la pratique médicale sur notre vie quotidienne? Quelles sont les "passions" et les motivations qui animent les chercheurs et les professionnels de la santé? Que savons-nous de leur profession?

Nombreux sont les efforts déployés par la société pour faire connaître à tous la science et ses implications. Nous pensons par exemple aux diverses brochures mettant en avant l'importance d'un style de vie sain et, en général, le bien-être. Naturellement, l'école aussi joue un rôle important, à travers des principes d'alphabétisation scientifique et la sensibilisation à une série de thèmes favorisant la construction d'une culture scientifique pour nos jeunes.

Le projet *Let's Science!* – réalisé par la Fondation IBSA pour la recherche scientifique en collaboration avec le Département de l'éducation, de la culture et du sport du Canton du Tessin (DECS) – est le fruit de ces réflexions. Ce partenariat a permis d'identifier d'intéressants domaines thématiques qui ont été affrontés en impliquant les scientifiques actifs sur le territoire cantonal. C'est ainsi que deux réalités souvent distantes ont été rapprochées – la recherche scientifique et l'école – en favorisant le dialogue entre professionnels et élèves à travers des ateliers thématiques, dans le but de développer une sensibilité aussi bien au thème qu'à sa communication.

Mais quel a été l'horizon thématique du projet et quelles sont les réflexions qui ont conduit à certains choix stratégiques? La science et la recherche, notamment en biomédecine et dans les disciplines connexes, avancent rapidement et l'élargissement continu des domaines d'investigation nécessite un effort constant de mise à jour afin de maintenir une perspective historique et d'accueillir les nombreuses nouveautés. Pouvoir disposer d'informations scientifiquement correctes, proposées à travers un langage accessible, offre la possibilité aux jeunes de se passionner pour des questions jugées en général "difficiles" et de s'en approcher.

C'est ainsi que naît la collection *Let's Science!*, qui se propose d'élargir le champ des sujets scientifiques pouvant être approfondis à l'école. Les thèmes, de nature interdisciplinaire et directement liés à la santé et au bien-être de la

personne, sont présentés de façon innovante: le texte scientifique est en effet accompagné d'une histoire réalisée à partir de l'expérience de classes des écoles secondaires cantonales qui, accompagnées par leurs professeurs, ont élaboré des scénarios originaux transposés en bandes dessinées par des professionnels du secteur.

Nous n'avons plus qu'à inviter le jeune lecteur à se laisser surprendre par les domaines de recherche tous plus passionnants les uns que les autres de *Let's Science!*, qui favorisent à leur tour la possibilité de nouvelles questions et de nouveaux approfondissements. Et qui sait... Parmi ces lecteurs se trouve peut-être celui ou celle qui, un jour, réalisera des découvertes fondamentales dans la compréhension de la complexité de la vie et du délicat équilibre qui nous permet de vivre heureux et en bonne santé. Bonne lecture!

SILVIA MISITI
Directrice de la Fondation IBSA pour la recherche scientifique

NICOLÒ OSTERWALDER
Conseiller didactique de la division scolaire pour les sciences naturelles (DECS)

Bougeons!

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION

Le mouvement et l'énergie que nous transformons en permanence nous permettent de vivre. Aujourd'hui, dans une société de plus en plus technologique qui nous immobilise devant un PC ou qui nous connecte au reste du monde par le biais d'une tablette ou d'un téléphone portable, l'humanité risque paradoxalement de bouger de moins en moins. Nous sommes de plus en plus rapides, nous parvenons à être au courant de tout ce qui se passe aux quatre coins du monde, mais sans jamais bouger un muscle. Le grand risque de notre époque est donc la sédentarité.

Le **manque de mouvement** représente, en effet, le quatrième facteur de risque de mortalité le plus important: chaque année, environ 3,2 millions de personnes meurent à cause de la vie sédentaire; rien qu'en Europe, on compte un million de décès. En outre, le taux de manque d'activité physique est en train d'augmenter dans de nombreux pays, entraînant de graves conséquences sur l'état de santé général de la population.

Le manque d'activité physique représente un facteur de risque fondamental pour les maladies non transmissibles, comme l'ostéoporose et la dégénérescence articulaire (arthrose), les pathologies cardiovasculaires, les tumeurs et le diabète. D'après un rapport de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) de 2009 (*Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*), on estime que la sédentarité est la cause principale d'environ 21-25 % des tumeurs du sein et du côlon, 27 % des cas de diabète et environ 30 % des infarctus du myocarde. En outre, depuis quelques décennies, le nombre de personnes en surpoids et obèses augmente rapidement. Dans 46 pays européens, le pourcentage est supérieur à 50 %, et atteint même 70 % dans certains cas.

Ce qui est préoccupant, dans une perspective d'avenir, c'est le manque d'activité physique, notamment chez les plus jeunes. En Europe, 6 jeunes de plus de 15 ans sur dix ne font jamais d'exercices physiques ni de sport.

Outre les conséquences de caractère physique, le manque d'activité réduit également la capacité de gérer le stress, diminue l'opportunité de rencontrer de nouvelles personnes et donc de socialiser.

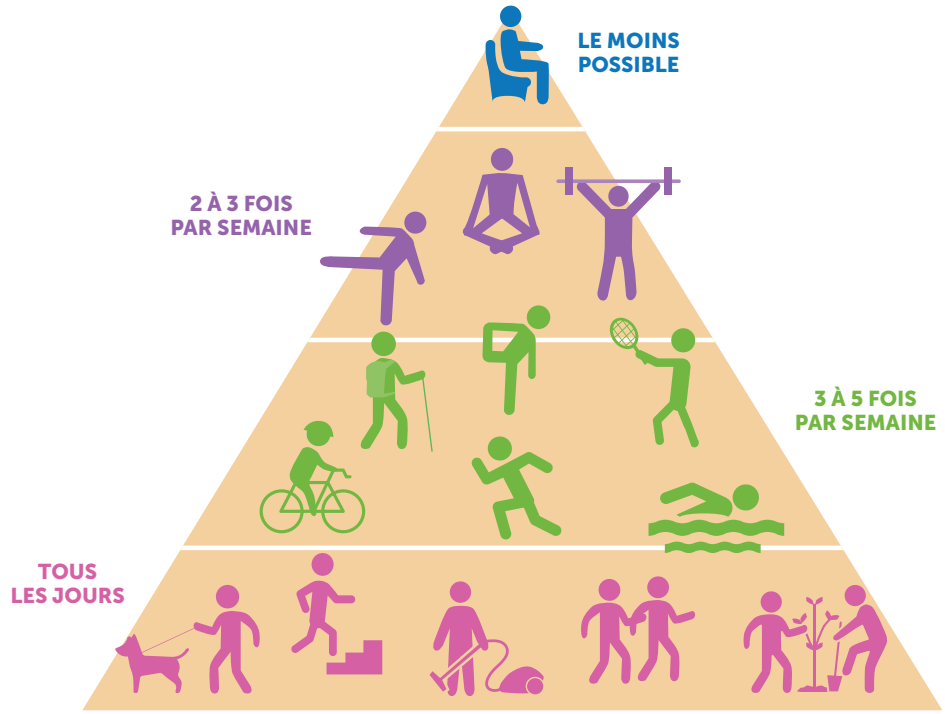
C'est pour toutes ces raisons que l'OMS a publié en 2010 des *Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé* (*Global Recommendations on Physical Activity for Health*), en fournissant des indications relatives au niveau d'activité physique que chacun devrait pratiquer.

Mais qu'entend-on par **activité physique**? Pour l'OMS, il s'agit de "tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie supérieure a celle utilisée en condition de repos". Cette définition regroupe donc non seulement les activités sportives, mais aussi les mouvements les plus simples comme marcher, faire du vélo, danser, jouer, jardiner et faire des travaux ménagers, qui font partie de l'"activité physique spontanée". En revanche, l'**exercice** est une sous-catégorie de l'activité physique: il est planifié, structuré, répétitif, intentionnel et a pour objectif d'atteindre une certaine aptitude physique. Quelle quantité d'activité physique pour être en bonne santé?

Les objectifs à atteindre sont **60 minutes quotidiennes pour les enfants et les jeunes** (de 5 à 17 ans) et **150 minutes hebdomadaires pour les adultes** (de 18 à 64 ans), qui peuvent être réparties en différentes sessions au cours de la journée. L'OMS recommande, au début, d'exercer l'activité physique de façon modérée pour ensuite évoluer progressivement vers des niveaux d'intensité plus élevée [**Figure 1**].

Dans le rapport *La santé dans le canton du Tessin 2012*, on peut lire que "entre 2002 et 2012, le pourcentage de personnes physiquement actives dans le canton du Tessin est passé de 52,9 % à 60,8 %, tandis que la proportion de personnes inactives a chuté de 32 % à 21,5 %. Au niveau national, la tendance était similaire pendant le même intervalle de temps. À titre de comparaison, en 2012 la moyenne suisse des personnes actives était de 72,5 % contre 10,7 % de personnes inactives. La proportion de personnes actives chute avec l'augmentation de l'âge: dans la tranche d'âge 15-34 ans, 70,9 % des habitants du Tessin sont actifs et 13 % sont inactifs; dans la tranche d'âge des plus de 65 ans, le pourcentage de personnes actives est de 55,4 % contre 32,9 % de personnes inactives. Il est à noter qu'au Tessin, tout comme en Suisse, chez les plus de 65 ans les hommes pratiquent plus souvent une activité physique que les femmes (65,5 % contre 47,3 %) (bulletin de l'Observatoire suisse de la san-

Figure 1 La pyramide de l'activité physique



té 8/2014). L'amélioration de la situation démontre que chez nous aussi les politiques appliquées en matière de prévention du manque d'activité physique sont en train de porter leurs fruits".

La Suisse aussi, à travers l'Office fédéral du sport (OFSPO), a publié des **recommandations sur le mouvement** et sur le rôle de ce dernier dans la prévention de toute une série de maladies touchant notamment le système musculosquelettique. Dans le document de base *Activité physique et santé*, élaboré par l'Office fédéral du sport (OFSPO) et l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), il est souligné qu'en Suisse, le manque d'activité physique entraîne des décès, des maladies et des frais de soin élevés: chaque année, on compte au moins 2 900 décès prématurés, 2,1 millions de cas de maladies et des frais de traitement directs pour un montant de 2,4 milliards de francs.

En 2016, avec la publication d'un autre document, la *Stratégie sur l'activité physique OMS 2016-2025*, l'OMS a invité tous les gouvernements européens à une action concertée pour augmenter les niveaux d'activité physique pratiquée par tous les citoyens. L'objectif est de **réduire de 10 % le manque d'activité physique d'ici 2025**: cela permettra de diminuer de 25 % la mortalité précoce causée par des maladies cardiovasculaires, des tumeurs, des maladies respiratoires chroniques, et de ralentir la forte augmentation du diabète et de l'obésité.

QUE SE PASSE-T-IL DANS NOTRE CORPS SI NOUS NE BOUGEONS PAS?

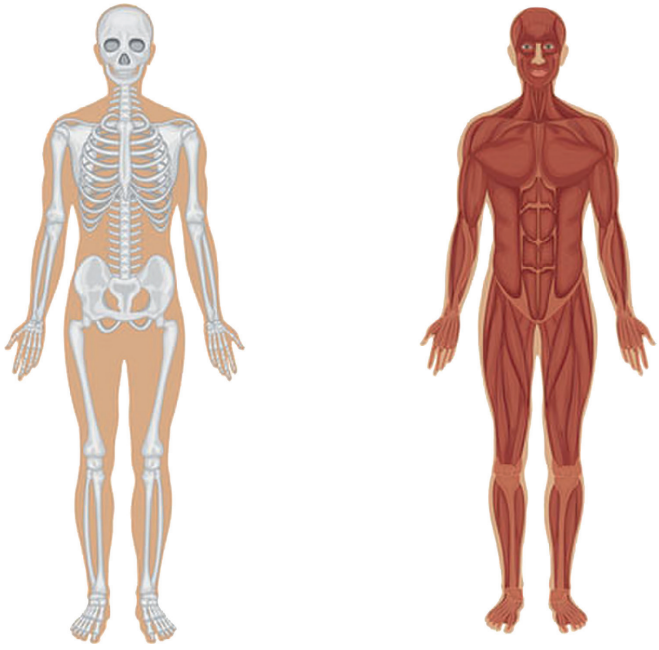
Le corps humain est fait pour bouger, mais, pour rester efficaces, tous les organes et toutes les structures qui composent l'**appareil locomoteur**, c'est-à-dire le système musculosquelettique [**Figure 2**], ont besoin d'une sollicitation continue.

Le **système musculosquelettique**, qui constitue 70 % de notre masse corporelle, est formé de:

- 206 os de différentes formes et dimensions;
- 752 muscles, dont 327 squelettiques, qui se fixent au squelette et sont nécessaires à la fonction motrice;
- 267 tendons, des structures fibreuses qui fixent les muscles aux os ou à la peau, permettant à l'appareil contractile d'exercer ses fonctions;
- environ 360 articulations, des structures qui relient les différents segments osseux;
- ligaments, des structures fibreuses qui relient entre eux deux os ou deux parties du même os.

Ses fonctions principales sont celles de soutenir notre poids, de protéger les organes viscéraux et, comme nous l'avons dit, de nous permettre de bouger. À la naissance, le système musculosquelettique se présente de façon très diffé-

Figure 2 L'appareil locomoteur



SYSTÈME SQUELETTIQUE SYSTÈME MUSCULAIRE

rente, il se modifie au cours de la croissance pendant l'enfance et la puberté, il se consolide à l'âge adulte et enfin régresse avec le vieillissement.

Les os font notamment l'objet d'un processus continu de renouvellement qui les modifie jusqu'à la fin de la croissance, c'est-à-dire lorsqu'ils atteignent leur force et leur densité minérale maximales. Ce moment est appelé **pic de masse osseuse** et a lieu aux alentours des 16-18 ans pour les femmes et des 20-22 ans chez les hommes. À partir de ce moment-là, la densité et la dimension osseuses n'augmentent plus.

En général, les facteurs qui déterminent le pic de masse osseuse sont les suivants:

- la génétique liée à des facteurs héréditaires;
- la vitamine D et les nutriments pour l'os, comme le calcium et les protéines;

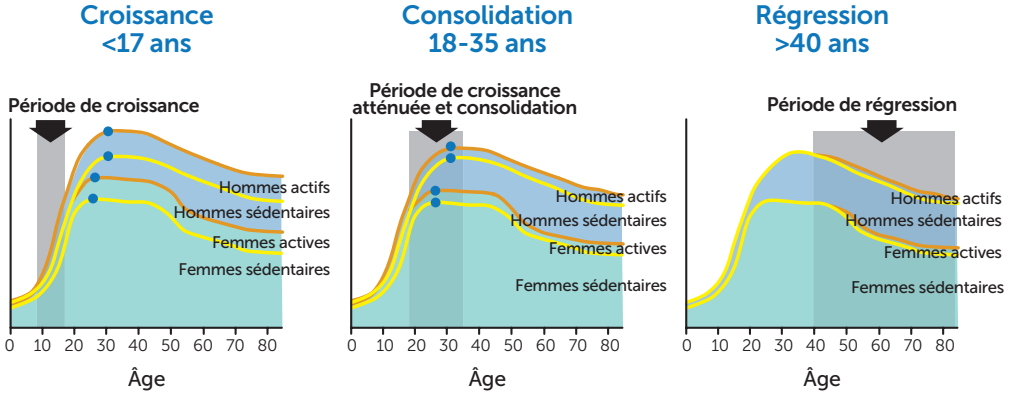
- les facteurs endocriniens, comme les hormones sexuelles;
- l'activité physique;
- le poids.

Au cours de notre vie, la masse osseuse est continuellement résorbée et reconstruite, mais lorsque nous vieillissons la quantité d'os perdue n'est pas remplacée par une quantité égale d'os nouveau. Suivre un style de vie sain et, surtout, pratiquer constamment une activité physique avant d'atteindre le pic de masse osseuse, lorsque le parcours de croissance est encore en cours, peut aider un jeune à accumuler une plus grande quantité de masse osseuse et à s'assurer une meilleure qualité d'os, y compris à l'âge adulte [**Figure 3**].

En définitive, notre appareil locomoteur est complexe et finement réglé et, pour pouvoir fonctionner au mieux, il a besoin d'être utilisé. Il interagit avec les autres appareils du corps et il est donc fondamental de le traiter avec le respect qu'il mérite: en prendre soin est un geste d'amour envers soi.

Pour comprendre les conséquences d'un style de vie sédentaire sur notre système musculosquelettique, les chercheurs ont développé différents systèmes. C'est notamment à partir des années 70 qu'ont été approfondis différents **modèles expérimentaux**, dans lesquels sont reproduites les conditions de base (par exemple, dans les modèles animaux, l'immobilisation sélective d'une articulation ou, dans les modèles humains, la sédentarité ou l'alitement), qui

Figure 3 L'acquisition du pic de masse osseuse



ont facilité le progrès des connaissances médicales et, par conséquent, la mise au point de stratégies thérapeutiques efficaces.

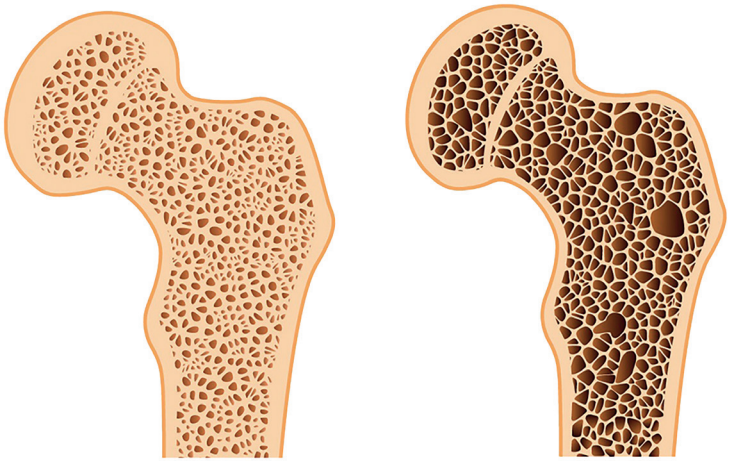
QUELS SONT LES EFFETS DE LA SÉDENTARITÉ SUR NOS OS?

Le style de vie sédentaire peut provoquer sur nos os une **diminution du contenu minéral et cellulaire**. Cela peut survenir aussi bien pendant la croissance que chez les adultes et les personnes âgées, et il est scientifiquement prouvé qu'il s'agit là d'une des causes majeures de l'ostéoporose.

L'**ostéoporose** est une maladie qui affaiblit et fragilise le squelette [**Figure 4**]; elle est particulièrement courante dans les pays développés et touche surtout les femmes. Les personnes souffrant de cette pathologie subissent plus facilement des fractures vertébrales et du col du fémur entraînant douleur, immobilité, invalidité et réduction considérable de la qualité de vie.

Qu'est-ce que l'ostéoporose?

Figure 4 Effets de l'ostéoporose sur l'os



Cette pathologie est caractérisée par des **modifications** qualitatives et quantitatives du **tissu osseux** qui est constitué de 3 composantes différentes: organique, minérale, cellulaire.

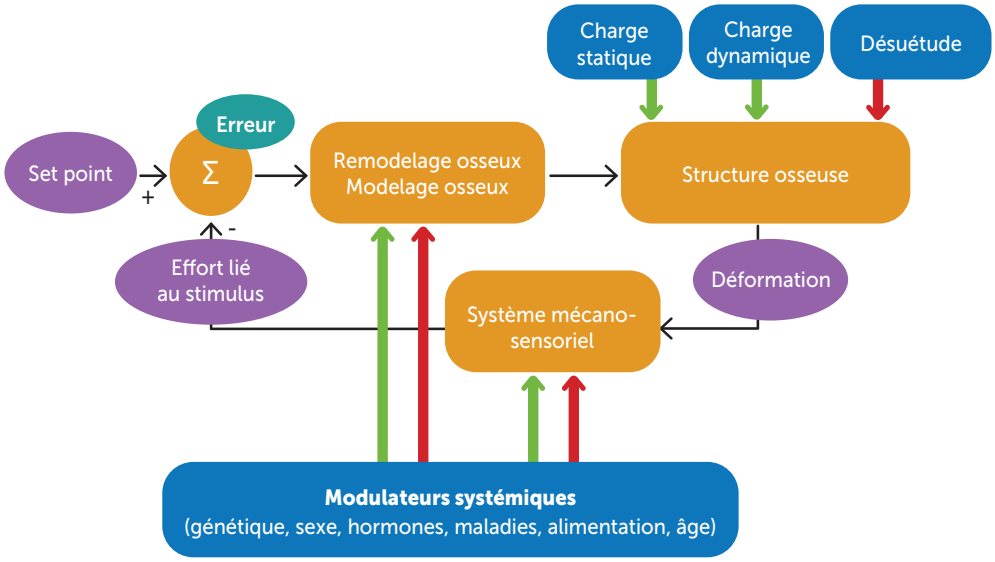
- **Composante organique**: elle constitue une sorte de châssis (matrice osseuse), formé de longues fibrilles d'une protéine appelée **collagène**, qui confère **élasticité et cohésion** à la structure dans son ensemble.
- **Composante minérale**: elle est formée de cristaux de sels de calcium, de phosphore, de magnésium et d'autres éléments qui se déposent sur la matrice organique; elle garantit à l'os **solidité et capacité de soutien du poids du corps**.
- **Composante cellulaire**: elle est constituée de cellules spécifiques qui régulent le niveau de minéralisation des os: certaines d'entre elles (**ostéoclastes**) détruisent le "vieil" os, d'autres (**ostéoblastes**) régénèrent le "nouvel" os. Ces cellules sont chargées de renouveler l'os chaque jour, tout au long de la vie. Ce processus de construction et destruction est appelé **remodelage osseux**. La phase de résorption est gérée par les ostéoclastes qui érodent une petite quantité d'os, en formant ainsi une cavité microscopique; du calcium et d'autres minéraux (phosphore, magnésium, etc.) contenus dans le squelette sont alors relâchés dans le sang. Dès que les ostéoclastes cessent leur activité, les ostéoblastes reconstruisent le nouvel os dans les cavités érodées par les ostéoclastes (**néoformation**); dans cette phase de reconstruction, calcium et phosphore sont à nouveau récupérés par le sang. À chaque zone de destruction dans l'os sain correspond toujours et à chaque instant une autre zone de reconstruction, de façon à ce que l'os, bien qu'il se renouvelle, maintienne toujours sa structure et sa solidité; les deux phases ont donc tendance à être en parfait **équilibre**. Toutefois, physiologiquement, à certains stades de la vie cet équilibre fait défaut; en effet, pendant la croissance de l'individu, et notamment pendant la **puberté**, la néoformation prime sur la résorption: de cette façon, le squelette grandit et se développe; par la suite, à l'**âge adulte**, ce qui a été construit se conserve, la néoformation et la résorption sont donc équivalentes; enfin, pendant la **vieillesse**, la destruction a tendance à primer sur la reconstruction et l'os s'affaiblit.

La **figure 5** illustre le schéma de l'homéostasie osseuse des différents types de charge. Les flèches vertes représentent les charges statiques et dynamiques dues à la contraction musculaire et à la locomotion, tandis que les flèches rouges indiquent la désuétude ou l'absence de charge. Les **ostéocytes**, qui font partie de la composante cellulaire du tissu osseux, ressentent la variation spatio-temporelle à travers un système mécano-sensoriel, en produisant le remodelage osseux. L'absence de charges produit une perte de masse osseuse, tandis que les charges renforcent les os.

Chez les adultes les facteurs de risque de l'ostéoporose sont les suivants:

- le sexe féminin;
- l'âge avancé;
- l'hérédité;
- un faible poids;
- la cigarette;

Figure 5 L'homéostasie des os



- le manque d'activité physique ou l'immobilisation prolongée;
- un apport réduit de calcium (le calcium se trouve surtout dans le lait, dans les produits laitiers et dans les céréales et la consommation quotidienne recommandée est de 1 000-1 200 mg pour les adultes);
- une carence en vitamine D [**Tableau 1**];
- l'alcoolisme;
- l'hyperparathyroïdie;
- une carence en œstrogènes;
- certains médicaments;
- diverses maladies: systémiques (par exemple, l'hypothyroïdie); rhumatismales (par exemple, l'arthrite rhumatoïde); hématologiques (par exemple, la thalassémie); néoplasiques (par exemple, la leucémie).

L'ostéoporose peut-elle toucher aussi les jeunes?

Bien que l'OMS n'ait pas défini de facteurs de risque primaires pour l'ostéoporose chez les enfants et les adolescents, certaines pathologies comme l'**anorexie mentale** et l'**obésité**, de plus en plus fréquentes parmi les jeunes, sont la cause d'ostéoporose secon-

Tableau 1 Apport de vitamine D recommandé par le Comité des directives de l'Endocrine Society

ÂGE	DOSE JOURNALIÈRE MAXIMALE RECOMMANDÉE
0-12 mois	2 000 UI
1-18 ans	4 000 UI
>18 ans	10 000 UI
Grossesse (18 + ans)	10 000 UI
Allaitement (18 + ans)	10 000 UI

daire dans ces tranches d'âge. Les enfants obèses ont une force osseuse supérieure qui demeure cependant disproportionnée par rapport au poids corporel, ce qui contribue ainsi à augmenter le risque de fractures.

En effet, les enfants et les adolescents obèses ou anorexiques sont susceptibles de souffrir pendant leur développement d'une altération de la force osseuse et, par conséquent, de problèmes du système musculosquelettique.

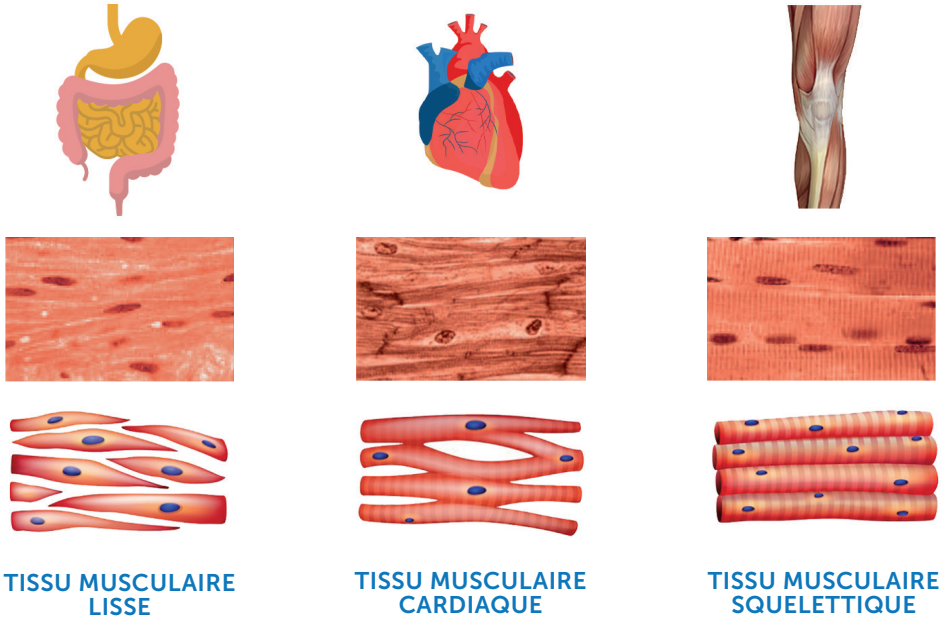
ET SI NOUS NE BOUGEONS PAS, COMMENT RÉAGIT LA MUSCULATURE?

Les muscles sont des organes contractiles constitués de fibres ou de myocytes qui, en se raccourcissant à la suite d'un stimulus nerveux, provoquent le mouvement des parties sur lesquelles le muscle s'insère. Il existe trois types de muscles [**Figure 6**]:

- les **muscles lisses** qui sont caractérisés par l'absence de stries transversales et qui recouvrent les organes internes (par exemple l'estomac, l'intestin, etc.); ce sont des muscles involontaires, c'est-à-dire qu'ils fonctionnent sans que nous en ayons conscience;
- les **muscles striés** qui ont un rapport direct avec le squelette (muscles squelettiques) et qui nous permettent de bouger les articulations, ils produisent de la chaleur et protègent les os; ce sont des muscles volontaires, c'est-à-dire qu'ils répondent à nos commandes;
- le **muscle cardiaque** est un muscle particulier; en effet, bien qu'étant strié, c'est un muscle involontaire.

Quelques jours d'absence de charge sur un muscle squelettique, c'est-à-dire d'absence d'activité, suffisent à entraîner une diminution de sa section (imaginez par exemple que vous mesurez la circonférence de la cuisse avec un mètre à ruban, comme on le fait pour évaluer la perte de tonus musculaire après une fracture qui a nécessité d'immobiliser une jambe). En anglais, cette section s'appelle **CSA** (Cross-Sectional Area), définie aussi comme section transversale du muscle, c'est-à-dire le volume de fibres musculaires qui produisent de

Figure 6 Les trois types de tissu musculaire



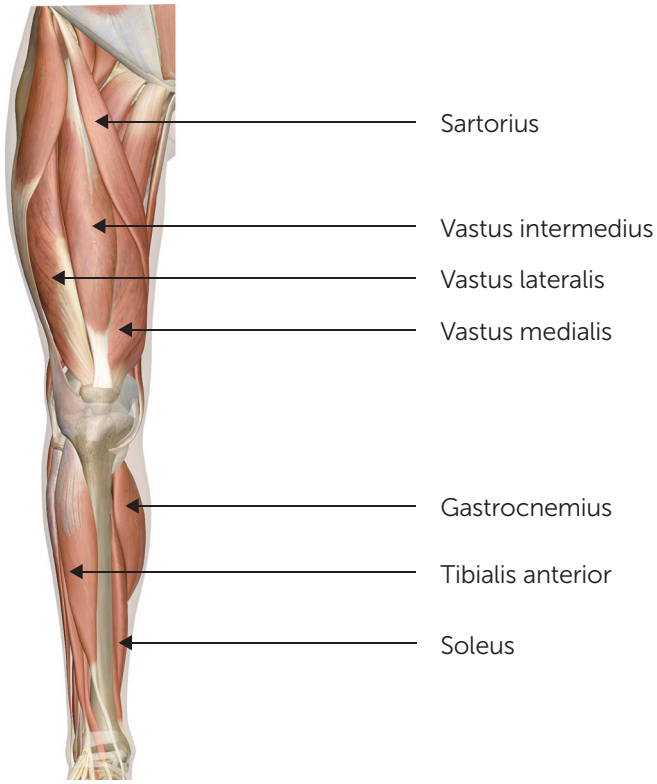
l'énergie et de la force en se contractant. Après seulement 7 jours d'alitement, un muscle antigravitaire, comme le vaste latéral (l'un des 4 muscles de la cuisse) [**Figure 7**], présente une atrophie.

Les fibres musculaires sont classées comme suit:

- **fibres de type I rouges**, caractérisées par un besoin en énergie très élevé pour mener à bien une **contraction lente**, typique de la phase initiale des exercices; elles sont prédominantes chez les athlètes qui exécutent des exercices lents et prolongés et dans les sports comme le marathon;
- **fibres de type II blanches**, responsables d'une contraction rapide et intense grâce à la capacité d'utiliser les substrats énergétiques accumulés dans le muscle; elles sont prédominantes chez les personnes qui effectuent des exercices intenses et rapides.

Des conditions d'inactivité conduisent à ce qu'on appelle une **atrophie de désuétude**: l'énergie nécessaire au métabolisme des fibres rouges faisant défaut, leur

Figure 7 Les muscles du quadriceps fémoral



nombre se réduit en faveur d'une augmentation des fibres blanches à contraction rapide [**Tableau 2**].

Différentes études ont été menées pendant des vols spatiaux, des alitements, des immobilisations (plâtre) et des réductions du pas afin de vérifier les modifications moléculaires et cellulaires d'un muscle en phase de désuétude. Il ressort de ces études que chaque jour d'immobilisation entraîne une perte de la force contractile de 1 à 1,5 % environ.

Par conséquent, c'est seulement en évitant une vie sédentaire grâce à l'activité sportive ou à l'exercice physique à tout âge que notre système musculosquelettique se modèle et que nous pouvons éviter des pathologies comme l'arthrose et l'ostéoporose.

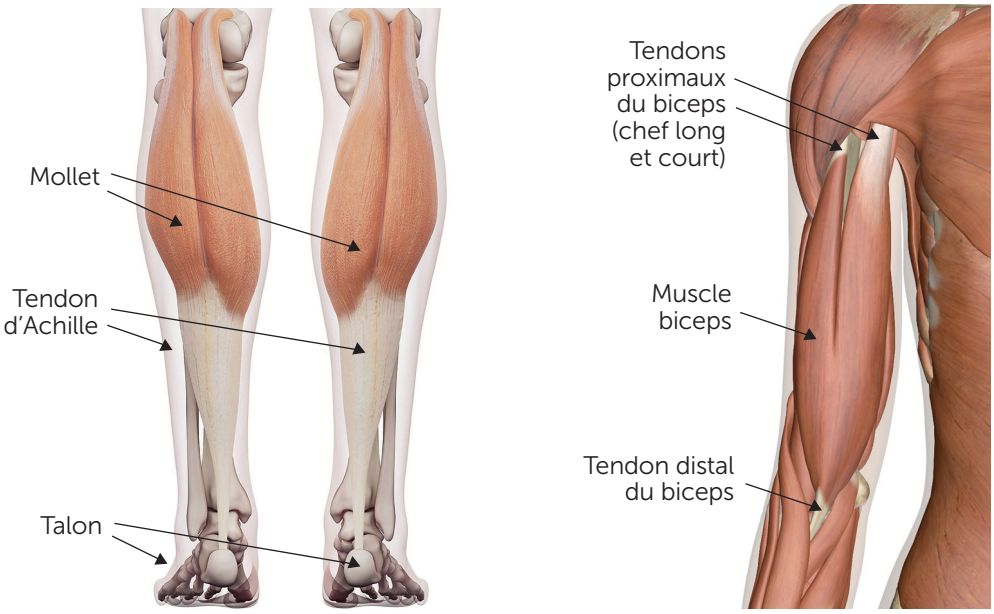
Tableau 2 Les fibres musculaires

	FIBRES DE TYPE I (rouges ou lentes)	FIBRES DE TYPE IIa (intermédiaires)	FIBRES DE TYPE IIx (blanches intermédiaires)	FIBRES DE TYPE IIb (blanches ou rapides)
Temps de contraction	Lent	Moyennement rapide	Rapide	Très rapide
Dimension des motoneurones	Petite	Moyenne	Grande	Grande
Résistance à la fatigue	Élevée	Assez élevée	Intermédiaire	Faible
Type d'activité dont elles sont chargées	Aérobie	Anaérobie prolongée	Anaérobie à court terme	Anaérobie à court terme
Durée d'utilisation maximale	Heures	< 30 minutes	< 5 minutes	< 1 minute
Puissance produite	Faible	Moyenne	Élevée	Très élevée
Densité mitochondriale	Élevée	Élevée	Moyenne	Faible
Densité capillaire	Élevée	Intermédiaire	Faible	Faible
Capacité d'oxydation	Élevée	Élevée	Intermédiaire	Faible
Capacité glycolytique	Faible	Élevée	Élevée	Élevée
Principal carburant de stockage	Triglycérides	Phosphocréatine, glycogène	Phosphocréatine, glycogène	Phosphocréatine, glycogène

LA FONCTIONNALITÉ DE NOS TENDONS AUSSI EST COMPROMISE EN CAS D'IMMOBILITÉ

Les tendons sont des tissus spécialisés dans le transfert du mouvement contractile des muscles vers les articulations. Ils sont composés de cellules, les **ténocytes**, et de **fibres de collagène** organisées en une structure linéaire et alignée. Les tendons, comme tous les tissus conjonctifs du système musculosquelettique, sont sensibles aux charges et sont dotés d'un système mécano-sensoriel complexe qui régule l'homéostasie du tissu même [**Figure 8**].

Figure 8 Les tendons



De nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques sont impliqués dans la régulation des tendons: le vieillissement, le sexe, les variations anatomiques, certaines pathologies systémiques comme les troubles métaboliques, certains médicaments (par exemple les fluoroquinolones, des antibiotiques à large spectre), les charges excessives pendant l'activité sportive, les conditions environnementales extérieures.

L'absence de charges sur les tendons provoque des **effets cataboliques**, comme la perte de cellularité et de substances fondamentales pour leur élasticité; dans des conditions particulières, les charges excessives peuvent elles aussi être dommageables, tandis que l'interruption brusque de l'activité physique (désentraînement) ou une activité physique discontinue peuvent causer des lésions aux structures tendineuses, prédisposant à des inflammations ou à des ruptures des tendons.

Lorsqu'un tendon devient pathologique, il peut être exposé à une rupture; dans ce cas, il doit être réparé très rapidement avant que les phénomènes dus

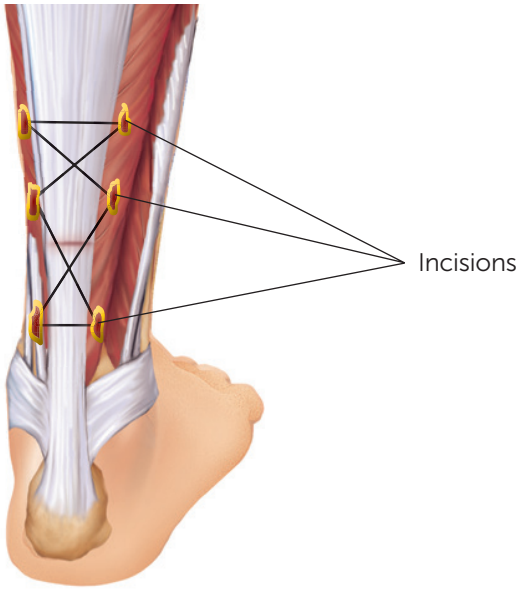
à l'absence de la fonction ne deviennent prédominants, empêchant une réparation anatomique, comme dans le cas des ruptures du tendon d'Achille [**Figure 9**].

Si autrefois la rupture d'un tendon impliquait des délais de récupération très longs, aujourd'hui, heureusement, certains chirurgiens ont développé des techniques mini-invasives permettant une réduction des temps d'arrêt du sport et du travail.

Tendons et ligaments: des synonymes?

Les tendons sont souvent confondus avec les ligaments, mais il s'agit en réalité de structures anatomiques différentes. Bien qu'étant tous les deux formés de fibres de collagène, le tendon relie les muscles aux os ou à d'autres structures d'insertion, tandis que le **ligament** relie entre eux des os différents ou des parties du même os.

Figure 9 La rupture du tendon d'Achille



LES ARTICULATIONS NE SONT PAS CONÇUES POUR RESTER IMMOBILES

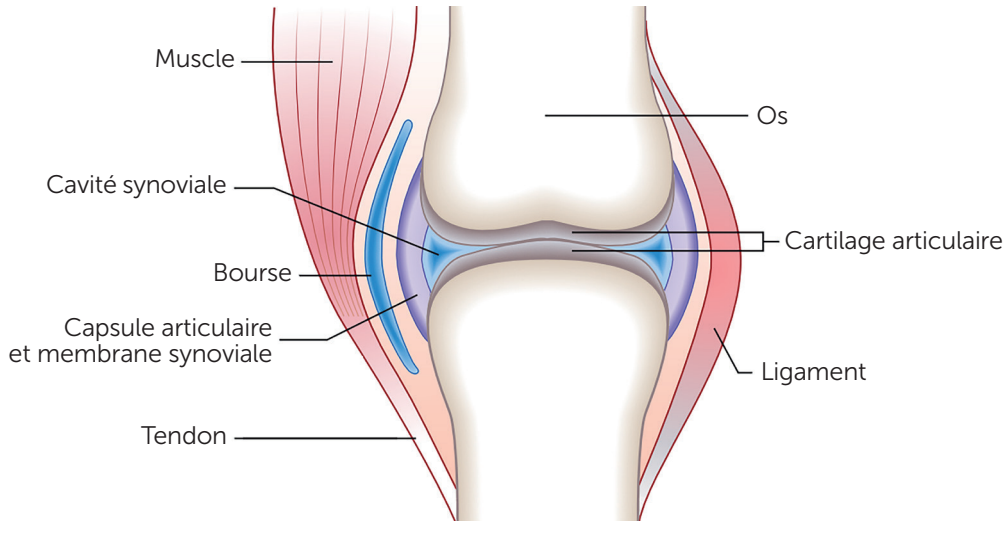
Les articulations constituent un ensemble de structures de notre système musculosquelettique qui forment des zones de jonction entre deux surfaces osseuses ou davantage; en tant qu'unités fonctionnelles, elles peuvent à juste titre être considérées comme des organes.

On en compte au moins 360, qui se distinguent par leur forme et leur degré de mobilité; celles qui constituent la voûte crânienne, par exemple, ont une capacité de mouvement quasi nulle. Elles permettent chacun de nos mouvements, y compris la déambulation.

Les articulations sont recouvertes du **cartilage articulaire**, un tissu élastique doté d'une résistance considérable à la pression et à la traction. Sa fonction est similaire à celle d'un coussin amortisseur qui, par son action, préserve les rapports articulaires normaux et permet le mouvement [**Figure 10**].

On distingue généralement dans notre corps trois types de tissu cartilagineux, aux caractéristiques et fonctions différentes.

Figure 10 Le cartilage articulaire



- **Cartilage hyalin**: d'un blanc bleuâtre, **c'est le type de cartilage majoritaire du corps humain**. Chez le fœtus, il constitue la majeure partie du squelette; avec la croissance, il est presque complètement remplacé par du tissu osseux, lors du processus de formation des os. Chez l'adulte, il constitue les cartilages costaux, nasaux, trachéaux, bronchiques et laryngés, et recouvre les surfaces articulaires. Le cartilage est recouvert d'une fine enveloppe de tissu conjonctif compact, appelée **périchondre**. À proximité des surfaces articulaires, ce tissu disparaît.

- **Cartilage élastique**: de couleur jaune opaque, il présente des caractéristiques d'**élasticité** bien spécifiques. Il constitue la charpente du pavillon auriculaire, de l'épiglotte, de la trompe d'Eustache et de certains cartilages laryngés.

- **Cartilage fibreux**: de couleur blanchâtre, il est particulièrement **résistant** aux contraintes mécaniques. Il se trouve sur les sites d'insertion de certains tendons sur le squelette, dans les disques intervertébraux, dans les ménisques de certaines articulations (genoux) et dans la symphyse pubienne.

L'une des pathologies les plus fréquentes de nos articulations est l'arthrose [**Figure 11**], qui touche non seulement le cartilage hyalin en le détruisant, mais aussi toutes les autres structures. Une vie sédentaire, conjuguée à d'autres facteurs, peut causer et accélérer le processus de dégénérescence [**Tableau 3**].

L'arthrose est une maladie chronique caractérisée par la **perte du cartilage articulaire**, qui est remplacé par un nouveau tissu osseux, qui provoque des douleurs ainsi qu'une limitation dans les mouvements. Les articulations les plus fréquemment touchées sont celles des mains et des pieds, le genou, la hanche, la colonne vertébrale.

Il s'agit d'une pathologie fréquente surtout chez les adultes: elle est présente chez la plupart des êtres humains de quarante ans et chez la quasi-totalité des septuagénaires, avec un pic d'incidence entre 75 et 79 ans. Avant 45 ans, c'est l'homme qui est le plus touché; passé cet âge, c'est la femme.

Il a été prouvé, dans différents modèles expérimentaux animaux et humains, que l'immobilisation altère les propriétés biomécaniques et morphologiques

Figure 11 Articulation normale et avec arthrose

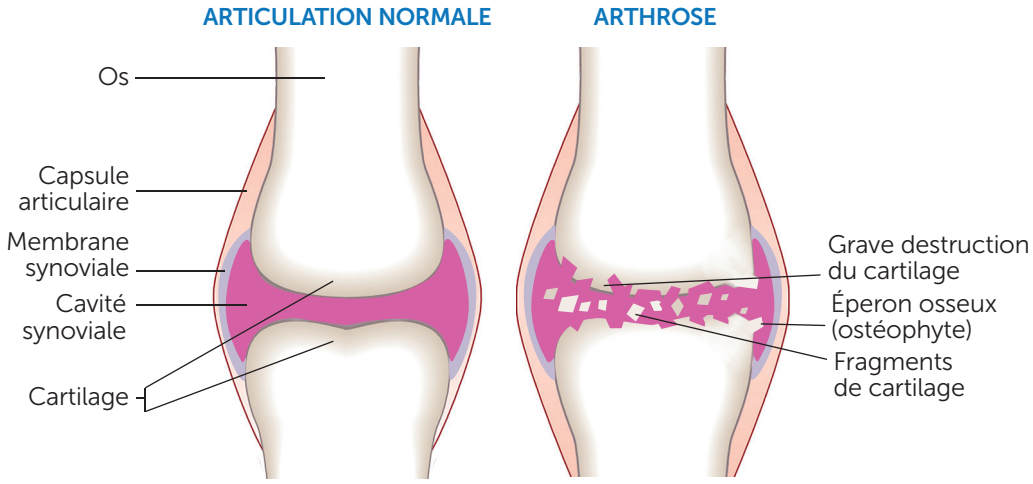


Tableau 3 Causes de l'arthrose

• Facteurs de type mécanique, liés également au style de vie
• Âge
• Sexe
• Facteurs génétiques et héréditaires
• Obésité
• Maladies endocriniennes
• Maladies métaboliques
• Inflammation

du cartilage hyalin. En effet, au bout de 11 semaines d'immobilisation, les glycosaminoglycanes, qui sont d'importantes protéines du cartilage hyalin, diminuent.

En outre, il a récemment été démontré que l'articulation controlatérale qui n'est pas immobilisée présente également une dégénérescence arthrosique.

Cela est très important, car, en cas d'invalidité d'un membre pour différentes raisons, par exemple l'alitement à la suite d'une fracture ou d'une arthroprothèse, le membre controlatéral subit lui aussi des préjudices dus à l'immobilité, nécessitant une rééducation correcte ou bien un soutien pharmacologique.

Peut-on guérir de l'arthrose?

L'arthrose peut être soignée ou atténuée par des interventions chirurgicales, des médicaments par voie orale ou des infiltrations de substances thérapeutiques comme l'acide hyaluronique, mais si nous souhaitons avoir des articulations non douloureuses et qui vieillissent bien, il est fondamental de bouger de façon saine pendant toute notre vie. L'exercice physique et une vie active sont considérés aujourd'hui comme un véritable traitement, car ils aident à prévenir les problèmes aux articulations, en ralentissant le vieillissement du cartilage et des ligaments.

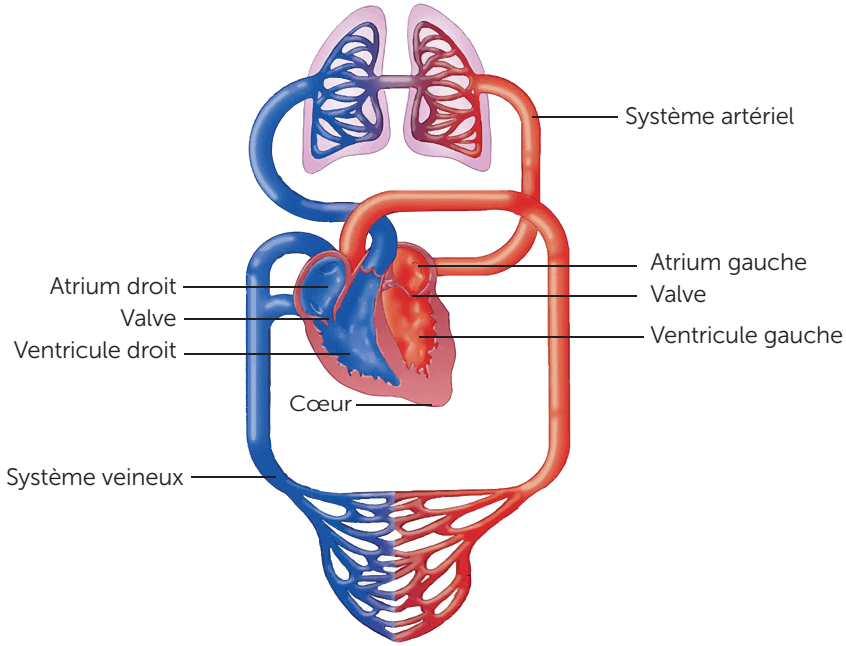
Outre le cartilage hyalin, les autres structures anatomiques à l'intérieur d'une articulation subissent aussi des dommages si elles ne sont pas correctement utilisées. En effet, en cas d'immobilisation d'un membre, un important processus inflammatoire se manifeste: en quelques semaines, il entraîne des altérations microscopiques irréversibles de l'articulation concernée et conduit à la perte de mobilité.

LES EFFETS DU MOUVEMENT SUR LE SYSTÈME CIRCULATOIRE

Le sang circule dans un système de vaisseaux sanguins qui, selon leurs différentes fonctions, portent le nom d'artères, veines ou capillaires.

Le cœur, muscle creux situé au centre de la cavité thoracique, en agissant comme une pompe, porte le sang artériel (riche en oxygène), à travers les **artères**, à tous les tissus du corps en cédant aux cellules les différents substrats énergétiques (oxygène, graisses, sucres) [**Figure 12**].

Figure 12 Le cœur



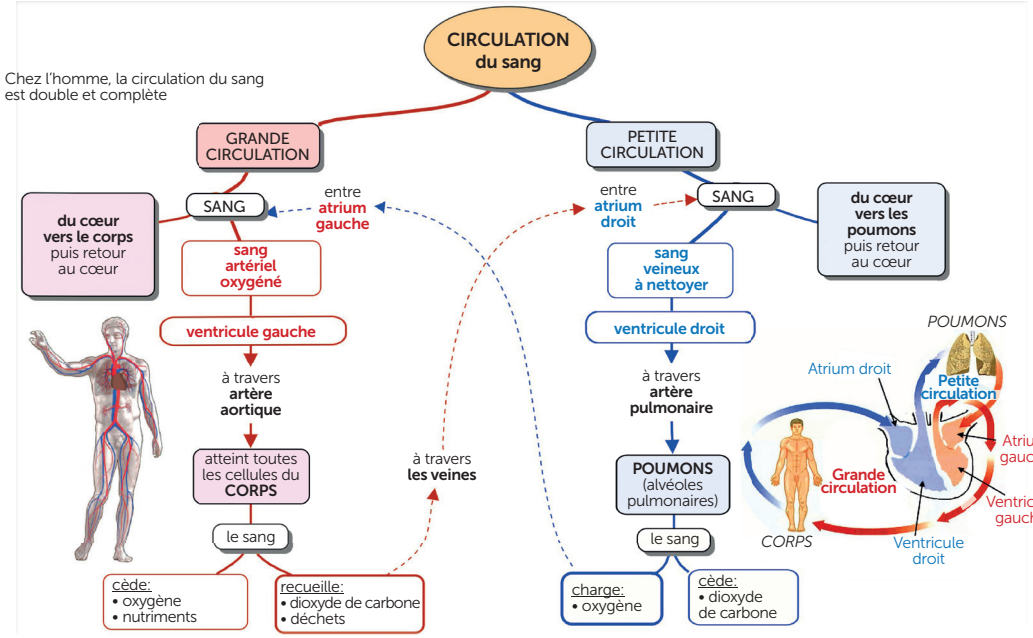
Depuis la périphérie, le sang veineux (chargé en dioxyde de carbone), à travers les **veines**, retourne vers le cœur.

Ce passage du sang artériel du cœur à la périphérie et le retour du sang veineux vers le cœur est appelé **grande circulation**, tandis qu'on appelle **petite circulation** le passage du sang veineux du cœur aux poumons et le retour vers le cœur du sang devenu artériel [**Figure 13**].

Pendant l'activité physique, les muscles ont besoin d'une plus grande quantité de substances énergétiques et le cœur augmente donc son rythme de contraction de 70-75 battements par minute à 200; par conséquent, l'intensité du flux sanguin qui permet un meilleur approvisionnement de substances énergétiques au muscle augmente.

L'entraînement, surtout s'il est intense, oblige tout l'organisme à des modifications morphologiques et fonctionnelles, définies **adaptations**. Celles-ci peuvent être centrales ou périphériques.

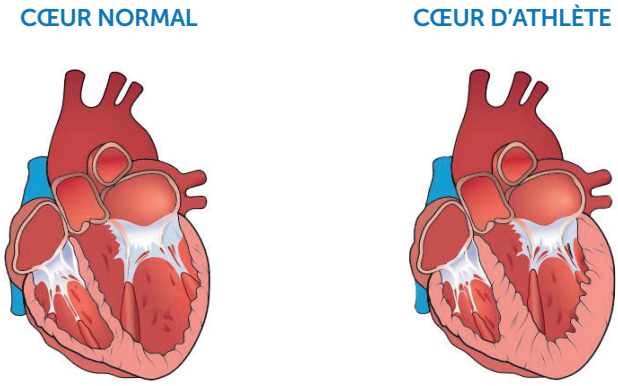
Figure 13 Petite et grande circulations



Les **adaptations centrales** sont à la charge du cœur et de la circulation pulmonaire:

- hypertrophie du myocarde (augmentation du volume des cavités internes): les atriums, les ventricules et les parois musculaires s'épaississent. On l'appelle le syndrome du "cœur d'athlète" [**Figure 14**];
- augmentation du volume d'éjection systolique (quantité de sang éjecté à chaque contraction du cœur): en augmentant le volume de ses cavités internes et sa force musculaire, le cœur peut pomper une plus grande quantité de sang à chaque systole;
- augmentation du débit cardiaque (quantité de sang mis en circulation en une minute);
- augmentation de la fréquence cardiaque (nombre de battements par minute) pendant l'activité physique. Rappelons cependant qu'une personne plus entraînée présente un nombre de battements inférieur, grâce à la capacité de son cœur à pomper une plus grande quantité de sang;

Figure 14 Cœur normal et cœur d'athlète



- réduction des battements au repos (bradycardie). C'est l'un des effets les plus facilement contrôlables, mais qui s'obtient seulement grâce à un entraînement constant et prolongé. Les grands athlètes, notamment ceux qui participent aux épreuves d'endurance, ont une fréquence cardiaque de 36/40 battements par minute;
- réduction des temps de récupération après effort. Une personne entraînée retrouve plus rapidement son rythme cardiaque de repos qu'une personne sédentaire.

Les **adaptations périphériques** sont à la charge des vaisseaux sanguins, artériels, veineux et capillaires:

- augmentation des capillaires du cœur; le cœur des personnes entraînées présente un plus grand nombre de capillaires par rapport aux personnes qui mènent un style de vie sédentaire, afin de garantir de meilleures irrigation et nutrition du cœur;
- augmentation des capillaires dans les muscles; l'ouverture des nouveaux canaux d'irrigation sanguine est importante pour améliorer la nutrition des muscles et pour éliminer les déchets produits par la contraction musculaire.

Lorsqu'un individu qui conduit habituellement une vie sédentaire exécute à l'improviste un exercice particulièrement intense, il accuse souvent des

Pourquoi est-ce que les personnes qui ne font pas d'activité physique se plaignent de douleurs au côté pendant un exercice intense soudain?

douleurs au côté. La raison est la suivante: n'étant pas entraîné, il n'a pas développé les grandes circulations collatérales qui irriguent les muscles, et par conséquent la nécessité d'irrigation et d'oxygénation est satisfaite par des organes comme l'intestin, l'estomac, le foie et la rate, qui dévient le sang vers les muscles.

Il apparaît donc évident que l'activité physique est fondamentale pour préserver l'élasticité des parois cardiaques, le trophisme des vaisseaux sanguins et une bonne oxygénation de tous les tissus.

LES EFFETS DU MOUVEMENT SUR L'APPAREIL RESPIRATOIRE

Grâce au fonctionnement de ses organes, l'appareil respiratoire permet l'approvisionnement continu d'oxygène (O_2) aux cellules du corps et l'élimination du dioxyde de carbone (CO_2).

Nous respirons l'air à travers le **nez** ou la **bouche**: riche en oxygène (O_2), il parcourt les voies respiratoires (**trachée**, **bronches**) et atteint les **poumons**, qui jouent un rôle fondamental [**Figure 15**]. Là, dans les alvéoles pulmonaires, les globules rouges présents dans le sang capturent l'oxygène (O_2) de l'air inspiré à l'aide de l'hémoglobine et le transportent vers les tissus. Les cellules qui composent les tissus obtiennent ainsi l'oxygène (O_2) nécessaire à la respiration cellulaire et relâchent du dioxyde de carbone (CO_2) en tant que déchet. Le sang, de retour aux poumons, se libère de ce déchet pour recommencer un nouveau cycle [**Figure 16**].

Pendant l'exercice physique, les besoins en oxygène (O_2) augmentent considérablement, car une quantité supérieure d'oxygène est requise et utilisée par

Figure 15 Le système respiratoire

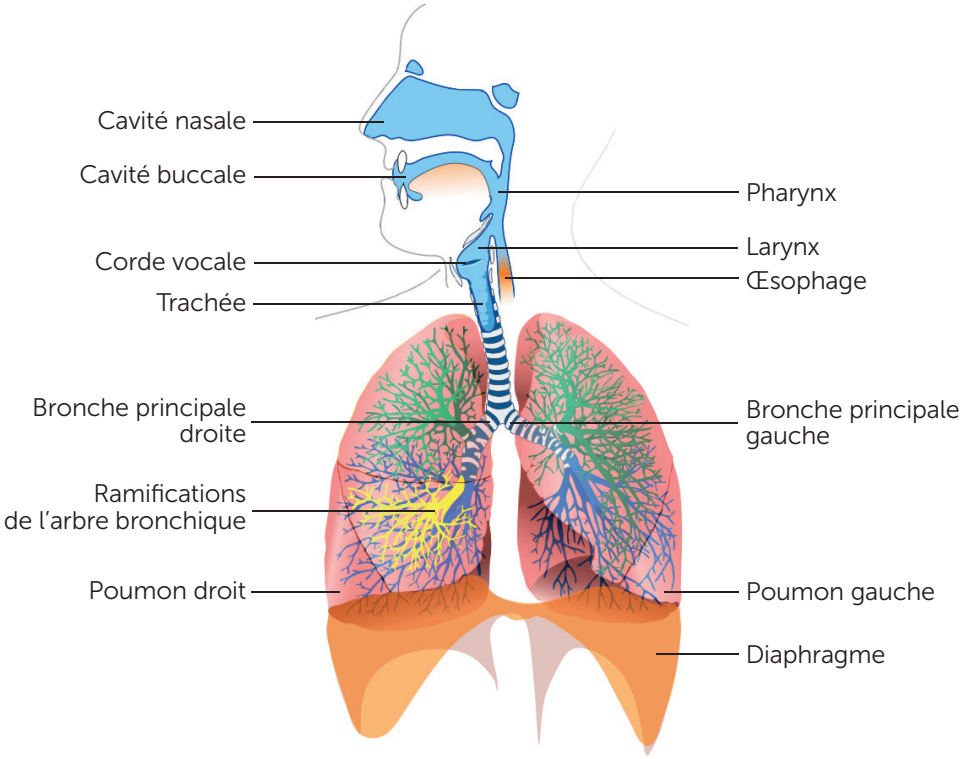
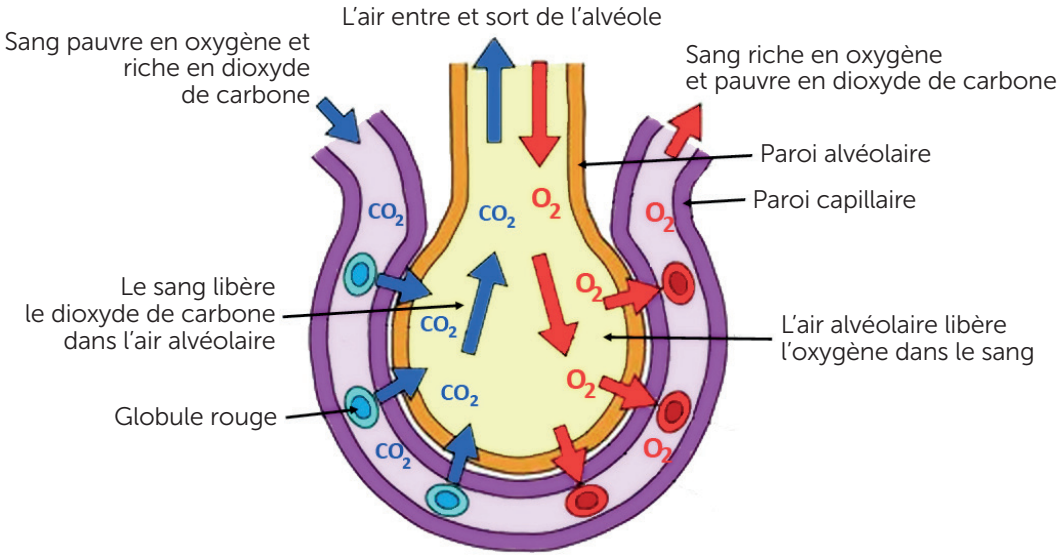
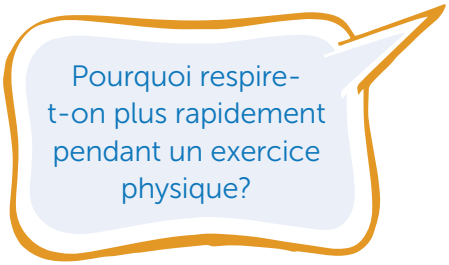


Figure 16 L'échange oxygène/dioxyde de carbone



les muscles sollicités. La consommation d'oxygène (O_2), pendant un effort considérable, peut augmenter de 15 à 20 fois par rapport à la consommation en conditions de repos.



C'est pour cette raison que pendant l'activité physique on observe une **augmentation du rythme respiratoire**, suivi du symptôme de la fatigue, qui se manifeste par l'apparition de l'essoufflement, auquel il est possible de remédier en apprenant à mieux respirer, c'est-à-dire en exécutant des mouvements respiratoires complets avec expansion maximale de la cage thoracique.

L'habitude au mouvement permet:

- une meilleure capacité de récupération: la personne entraînée, soumise à un effort, parvient à reprendre son rythme respiratoire normal plus facilement;
- le renforcement de la mécanique respiratoire: les muscles respiratoires, et notamment le diaphragme, augmentent leur puissance et l'efficacité de leurs mouvements grâce à l'exercice physique;
- l'augmentation de la capacité vitale, c'est-à-dire la quantité d'air (mesurée en litres à l'aide du spiromètre) que l'on parvient à expirer après une inspiration maximale;
- l'augmentation du temps d'apnée, c'est-à-dire la suspension volontaire de la respiration, très importante en natation sous-marine et en plongée;
- la réduction de la fréquence respiratoire, car à chaque mouvement respiratoire on parvient à introduire une plus grande quantité d'air.

LES EFFETS DU MOUVEMENT SUR LE BIEN-ÊTRE PSYCHOLOGIQUE ET ÉMOTIONNEL

L'activité physique, si elle est pratiquée régulièrement, a une incidence très significative également sur le bien-être des personnes.

En effet, le sport ne permet pas seulement d'augmenter l'espérance de vie, mais d'en améliorer aussi la **qualité** au fil des ans. Depuis 1992, l'International Society of Sport Psychology (ISSP) a démontré que l'activité physique apportait des bienfaits psychologiques à court et long terme et produisait un **bien-être psychologique**. Les bénéfices personnels découlant de la pratique d'une activité physique sont les suivants:

- une augmentation de la confiance et de la conscience;
- une amélioration de l'humeur avec réduction de la dépression et de l'anxiété;
- un changement positif dans la perception de soi;
- une augmentation de l'énergie et de la capacité à faire face aux activités quotidiennes.

Les effets d'élévation de l'humeur et de réduction de l'anxiété induits par l'exercice physique semblent être liés à la libération de **β-endorphines** (une classe de substances naturellement présentes dans notre organisme qui agissent comme neurotransmetteurs et exercent la fonction d'**analgésiques naturels** et réduisent dépression et stress).

Plus précisément, la libération d'endorphines semble induire un **état euphorique** (plus similaire à une **sensation de légèreté et de soulagement**) et une réduction de la douleur. Dix minutes d'activité physique intense peuvent augmenter les taux d'endorphines pendant une heure [**Figure 17**].

Tout type d'exercice physique a des effets significatifs sur la production d'endorphines et de certains neurotransmetteurs, des substances chimiques elles aussi présentes dans notre corps, qui sont libérées par le cerveau et impliquées dans la communication entre les cellules nerveuses [**Figure 18**].

Figure 17 Les effets de l'activité physique sur le cerveau

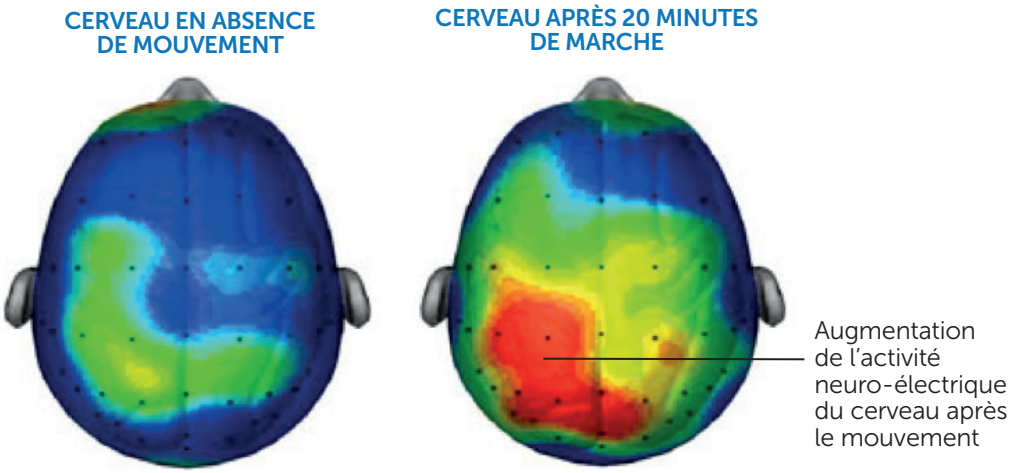
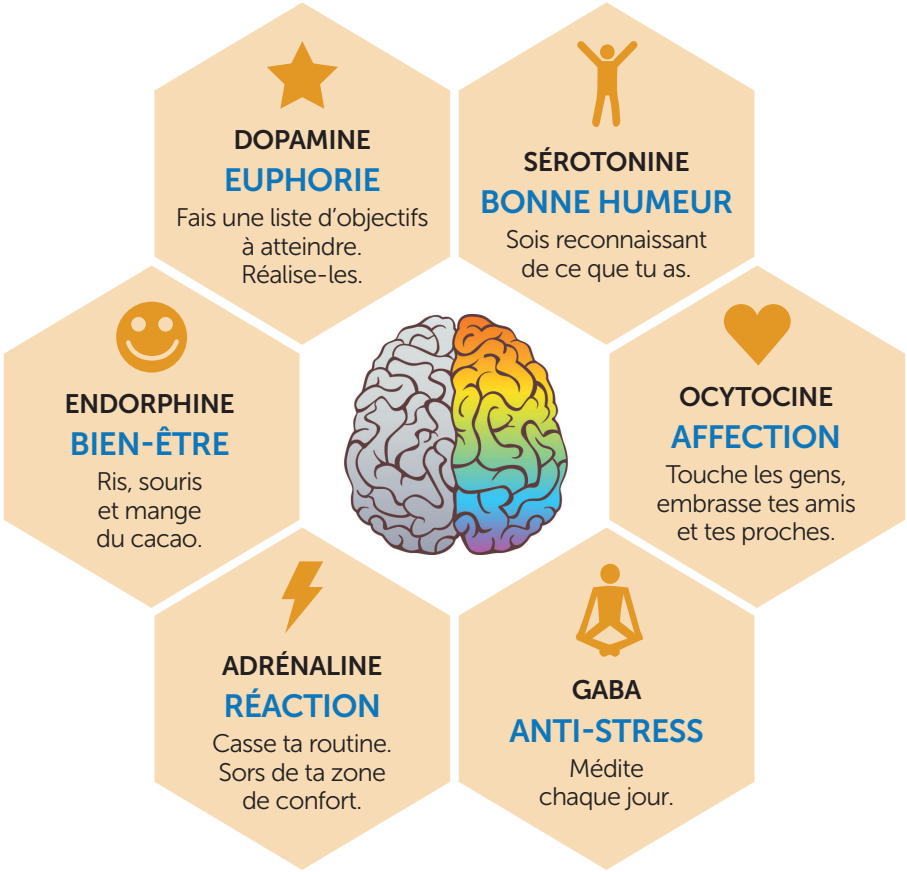


Figure 18 Les principaux neurotransmetteurs



Outre les endorphines, un autre facteur a des effets importants sur l'humeur et sur l'anxiété: il s'agit du **BDNF** (Brain Derived Neurotrophic Factor - facteur neurotrophique dérivé du cerveau). Il semble, en effet, qu'une réduction des **taux de cette neurotrophine dans l'hippocampe** soit liée à des états dépressifs et anxieux. L'exercice physique, notamment s'il est pratiqué avec régularité, stimule le cerveau pour augmenter la production de BDNF, indispensable à une vision de la vie plus positive.

LES DIFFÉRENTS TYPES D'ACTIVITÉ PHYSIQUE

Sur la base des Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé publiées par l'OMS en 2010, et dont nous avons déjà parlé, nous pouvons distinguer trois tranches d'âge auxquelles sont associés différents types d'activités et différentes durées:

L'exercice physique nécessaire pour se maintenir en forme est-il le même pour tous les âges?

- enfants et jeunes (de 5 à 17 ans);
- adultes (de 18 à 64 ans);
- adultes/personnes âgées (à partir de 65 ans).

Avant d'examiner les activités conseillées par l'OMS, il est important de faire une distinction entre l'**activité d'intensité modérée** et celle d'**intensité soutenue**.

La première se caractérise en principe par une dépense énergétique supérieure à celle au repos, et l'exemple classique est la marche rapide. L'activité d'intensité soutenue comporte, en revanche, une dépense énergétique plus élevée. À cette intensité, il devient en principe plus difficile de bavarder, au point de ne réussir à prononcer que quelques mots avant de reprendre son souffle.

◎ ENFANTS ET ADOLESCENTS

L'activité physique chez les enfants et les adolescents comprend le jeu, l'exercice physique structuré et le sport, et devrait principalement être de type aérobie, en commençant progressivement et en augmentant la durée, la fréquence et l'intensité d'une fois sur l'autre.

Pour cette tranche d'âge, l'OMS recommande de pratiquer au moins **60 minutes d'activité physique quotidienne d'intensité modérée à soutenue** et des exercices de renforcement du système musculosquelettique au moins 3 fois par semaine. L'objectif quotidien des 60 minutes d'activité physique peut être atteint en petites sessions (par exemple 2 sessions de 30 minutes).

Il est important que l'activité physique soit de type aérobie, comme les randonnées, les promenades, les arts martiaux comme le karaté, le volleyball, la natation, la course, le tennis, la gymnastique, le saut à la corde et les jeux de type chat perché.

◎ ADULTES

L'OMS conseille de pratiquer au **cours de la semaine un minimum de 150 minutes d'activité physique** aérobie d'intensité modérée ou bien un minimum de 75 minutes d'activité soutenue, plus des exercices de renforcement des principaux groupes musculaires 2 fois par semaine ou plus.

Outre l'activité de type aérobie, les adultes devraient exécuter des exercices de musculation comme les flexions, les pompes et autres exercices appropriés à l'aide d'haltères ou de machines de musculation, à raison de deux sessions par semaine minimum effectuées sur des jours non consécutifs et structurées de façon à impliquer la plupart des groupes musculaires.

La condition la plus dangereuse est celle des personnes inactives et sédentaires. Il convient donc de recommander à tous les adultes d'interrompre fréquemment les périodes pendant lesquelles ils sont en position assise ou inclinée, dans l'idéal toutes les 30 minutes, pendant des laps de temps même brefs (2-3 minutes) de marche, exercices sur place (par exemple flexions sur les jambes, effectuées simplement en se levant de façon répétée d'une chaise ou du canapé) ou d'alterner régulièrement la position assise avec la position debout (par exemple toutes les 30 minutes).

PERSONNES ÂGÉES

Selon l'OMS, afin d'améliorer leur santé cardiorespiratoire et musculaire et de réduire le risque de maladies chroniques non transmissibles, de dépression et de déclin cognitif, les personnes de plus de 65 ans devraient pratiquer:

- au moins 150 minutes par semaine d'activité physique **aérobie** d'intensité modérée;
- ou au moins 75 minutes d'activité physique aérobie d'intensité soutenue toutes les semaines;
- ou une combinaison équivalente d'activités d'intensité modérée et soutenue.

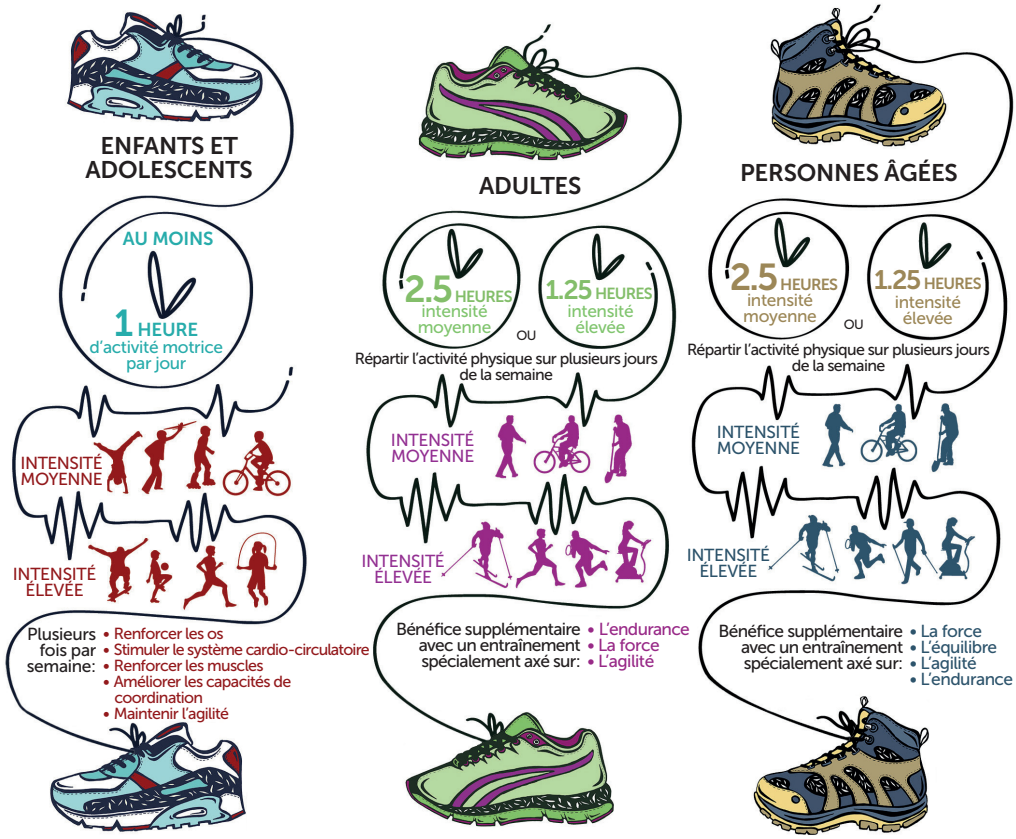
En outre, il est recommandé de pratiquer également des exercices de renforcement des principaux groupes musculaires deux fois par semaine ou davantage, et des activités axées sur l'équilibre afin de prévenir les chutes trois fois par semaine ou davantage, pour les personnes à mobilité réduite. Les niveaux conseillés peuvent être cumulés en s'exerçant à des intervalles de temps relativement courts.

Il est fondamental d'inciter les personnes âgées à pratiquer une activité physique au quotidien, par exemple en préférant les longues promenades à bon rythme à l'usage des moyens de transport privés. Les activités normales de la vie quotidienne (courses, ménage et préparation des repas) permettent elles aussi de maintenir un niveau d'activité adéquat.

Pour les personnes âgées souhaitant entreprendre une activité physique régulière, il convient de commencer progressivement. En outre, une attentive évaluation préliminaire est nécessaire, y compris éventuellement à travers l'élaboration de questionnaires spécifiques, aussi bien pour identifier les personnes souffrant de maladies chroniques ou de symptômes liés à la présence de pathologies, que pour conseiller un programme d'exercices appropriés et personnalisés.

Les recommandations de l'OMS sont transposées en Suisse à travers un document édité par l'Office fédéral du sport, dont nous partageons, dans la **figure 19**, les indications pour les différentes classes d'âge.

Figure 19 Recommandations pour les enfants et les adolescents, les adultes et les personnes âgées



Source: www.hepa.ch

LA DIFFÉRENCE ENTRE LES DIFFÉRENTS SPORTS

Il existe de nos jours de très nombreux types de sports et différents critères pour les classer. L'un des plus connus les distingue comme suit:

- sports d'**endurance**: athlétisme, course de demi-fond et fond, natation, aviron, triathlon, nage avec palmes, canoë et kayak, pentathlon moderne, cyclisme, roller et patinage de vitesse;

- sports de **puissance**: natation de vitesse, ski alpin et sur herbe, athlétisme (sprint, courses de haies, lancers, épreuves combinées), cyclisme de vitesse et sur piste, haltérophilie, golf, escalade sportive;
- sports d'**opposition individuelle** et **jeux individuels**: lutte, judo, escrime, karaté, tennis, squash, boxe, taekwondo, badminton et balle au poing;
- sports **collectifs**: baseball, softball, football, water-polo, hockey, volleyball, basketball, handball, football américain et rugby;
- **disciplines technico-combinatoires**: équitation, ski nautique et voile, pêche sportive, plongeon et natation synchronisée, patinage synchronisé, patinage sur glace et patinage artistique, gymnastique artistique et rythmique, danse, billard, pétanque et golf;
- sports de **précision et mécaniques**: karting, motocyclisme, ball-trap, sport automobile et motonautique, chronométreurs, tir à la cible et tir à l'arc.

Les différences entre les divers types de sport sont multiples, qu'il s'agisse de la technique ou de l'intensité; en effet, il existe par exemple des sports d'intensité faible, mais de grande endurance et des sports caractérisés par une grande puissance appliquée à de courts segments temporels.

ÉTUDES SUR LA SÉDENTARITÉ

Comme évoqué plus haut, les scientifiques ont mis au point de nombreux modèles pour mieux étudier certains aspects spécifiques de la sédentarité.

Depuis les années 70, la NASA et l'Agence spatiale européenne étudient les astronautes de retour de leurs vols dans l'espace. Aujourd'hui, nous savons que les **vols spatiaux** provoquent une fragilité osseuse, augmentent la résorption osseuse et la sarcopénie, c'est-à-dire la **perte de masse et de force musculaires**. Ces processus généralement liés au vieillissement se manifestent de façon précoce chez les astronautes en raison des longues périodes passées en apesanteur, lorsque la charge mécanique qui stimule l'activité des ostéocytes et des muscles squelettiques fait défaut.

L'**os perdu** pendant les séjours spatiaux n'est pas récupéré à 100 % et, afin d'éviter des complications permanentes, les astronautes suivent des programmes de réhabilitation appropriés basés sur des exercices spécifiques exécutés aussi bien en orbite qu'à leur retour sur Terre.

CONCLUSIONS

L'être humain est donc en mouvement perpétuel et nécessaire. L'immobilité est dangereuse et risque de compromettre l'espérance et la qualité de vie. Outre cet aspect, combattre la sédentarité a également un effet positif sur notre socialité. Comme le rappelle le document de l'Office fédéral du sport: bouger et rencontrer d'autres personnes signifie contribuer à construire et maintenir en vie le tissu social d'une communauté. Conscients des effets positifs du mouvement, il ne nous reste donc qu'à suivre à la lettre les recommandations parsemées ici et là à l'intérieur de ce volume et à nous mettre en marche, dans tous les sens du terme.

Nous concluons ce volume, axé sur l'importance du mouvement, par des citations d'hommes qui ont changé le monde et qui ont compris l'importance du mouvement, que ce soit au sens figuré, biologique ou philosophique.

Que celui qui veut faire bouger le monde se déplace d'abord lui-même (Socrate).

Mens sana in corpore sano (Juvénal, Satires, X, 356).

La vie, c'est comme une bicyclette. Il faut avancer pour ne pas perdre l'équilibre (Albert Einstein).

Il n'y a pas de racines à nos pieds, ceux-ci sont faits pour se mouvoir (David Le Breton).

Rien n'est plus révélateur que le mouvement (Marta Graham).

Je bouge, donc je suis (Haruki Murakami).

Et pourtant, elle tourne (Galilée devant le tribunal de l'Inquisition au terme de son abjuration de l'héliocentrisme).

Notre nature est dans le mouvement; le repos entier est la mort (Blaise Pascal).

Tout mouvement, de quelque nature qu'il soit, est créateur (Edgar Allan Poe).

On sent la nécessité absolue de bouger. Et surtout de bouger dans une direction spécifique. Une double nécessité: bouger et savoir dans quelle direction (David Herbert Lawrence).

Bouger, vivre, ne pas penser! (Luigi Pirandello).

L'énergie est toujours en mouvement vers l'extérieur ou vers l'intérieur. Elle ne reste jamais immobile: si elle était immobile, ce ne serait pas de l'énergie, mais il n'existe rien qui ne soit énergie. Par conséquent, dans un certain sens, tout bouge (Osho Rajneesh).

Un athlète qui court, c'est une sculpture en mouvement (Edwin Moses).

La conscience n'est possible qu'à travers le changement, tout changement n'est possible qu'à travers le mouvement (Aldous Huxley).

Tout est en mouvement perpétuel sur la Terre. Rien ne conserve une forme constante, et fixe, et nos affections, qui s'accrochent aux choses extérieures, passent et changent nécessairement comme celles-ci (Domenico Cirillo).

Les ténèbres sont immobiles, mais la lumière, où va-t-elle à cette vitesse? (Mikhail Kuzmin).

Sans émotion, il est impossible de transformer les ténèbres en lumière et l'apathie en mouvement (Carl Gustav Jung).

La vie c'est le mouvement, le mouvement c'est la vie (Andrew Taylor Still).

La maladie des astronautes

DEUXIÈME PARTIE

Textes

Rédigés par les élèves de la classe 3B de l'école secondaire Lugano 1:

Tony Arnaboldi
Betiel Bahabelom
Anriel Casetto
Alexander Chefanov
Dilara Di Stefano
Giulia Donato
Matilda Immordino
Daniel Padraig Jenkinson
Kristina Kataya
Hazal Keles
Tommaso Marzagalli
Mariana Mau Pao Dos Santos
Boris Mohamed Milutinovic
Sosdar Hussein
Luca Montemarano
Noemi Pacchin
Sabrina Pinelli
Alexandra Radic
Alessandro Radwanska
Antonio Rea
Elisa Renggli
Lavinia Suciu

Sous la coordination de la professeure Veronica Zgraggen
(professeure de sciences naturelles)

École secondaire Lugano 1
Viale C. Cattaneo 4
6900 Lugano
Tessin - Suisse
http://www.smlugano1.ti.ch/
decs-sm.lugano.centro@edu.ti.ch
Directeur: Fabio Cogoli

Dessins

Réalisation de Mirko Milone, pour la Scuola Romana dei Fumetti.

LA MALADIE DES ASTRONAUTES

...ENVIRON 3,2 MILLIONS DE PERSONNES MEURENT CHAQUE ANNÉE À CAUSE DU MANQUE D'ACTIVITÉ PHYSIQUE...

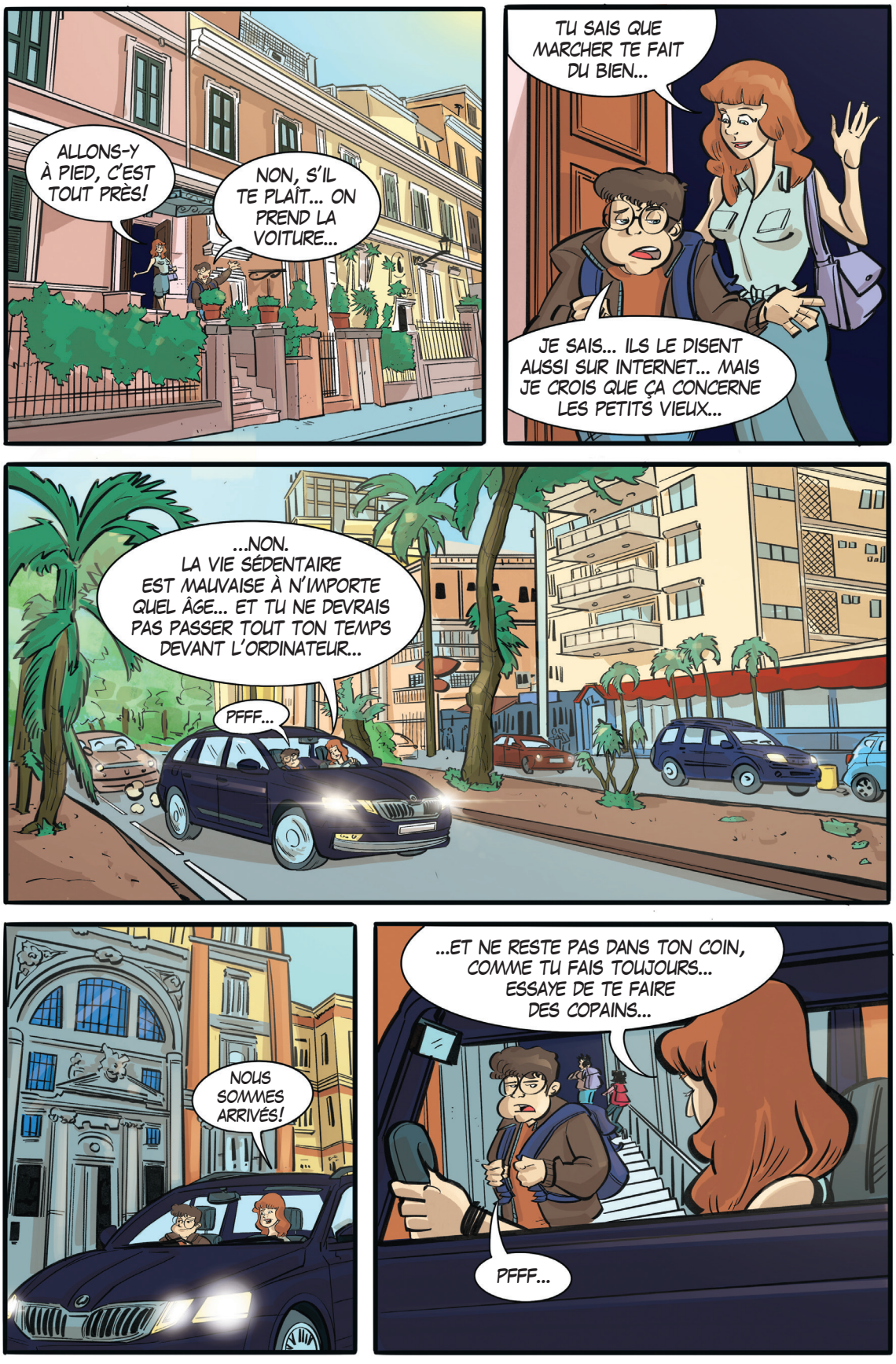
...QUI EST UN FACTEUR DE RISQUE FONDAMENTAL POUR LES MALADIES NON TRANSMISSIBLES, COMME LES PATHOLOGIES CARDIOVASCULAIRES, LES TUMEURS, LE DIABÈTE...

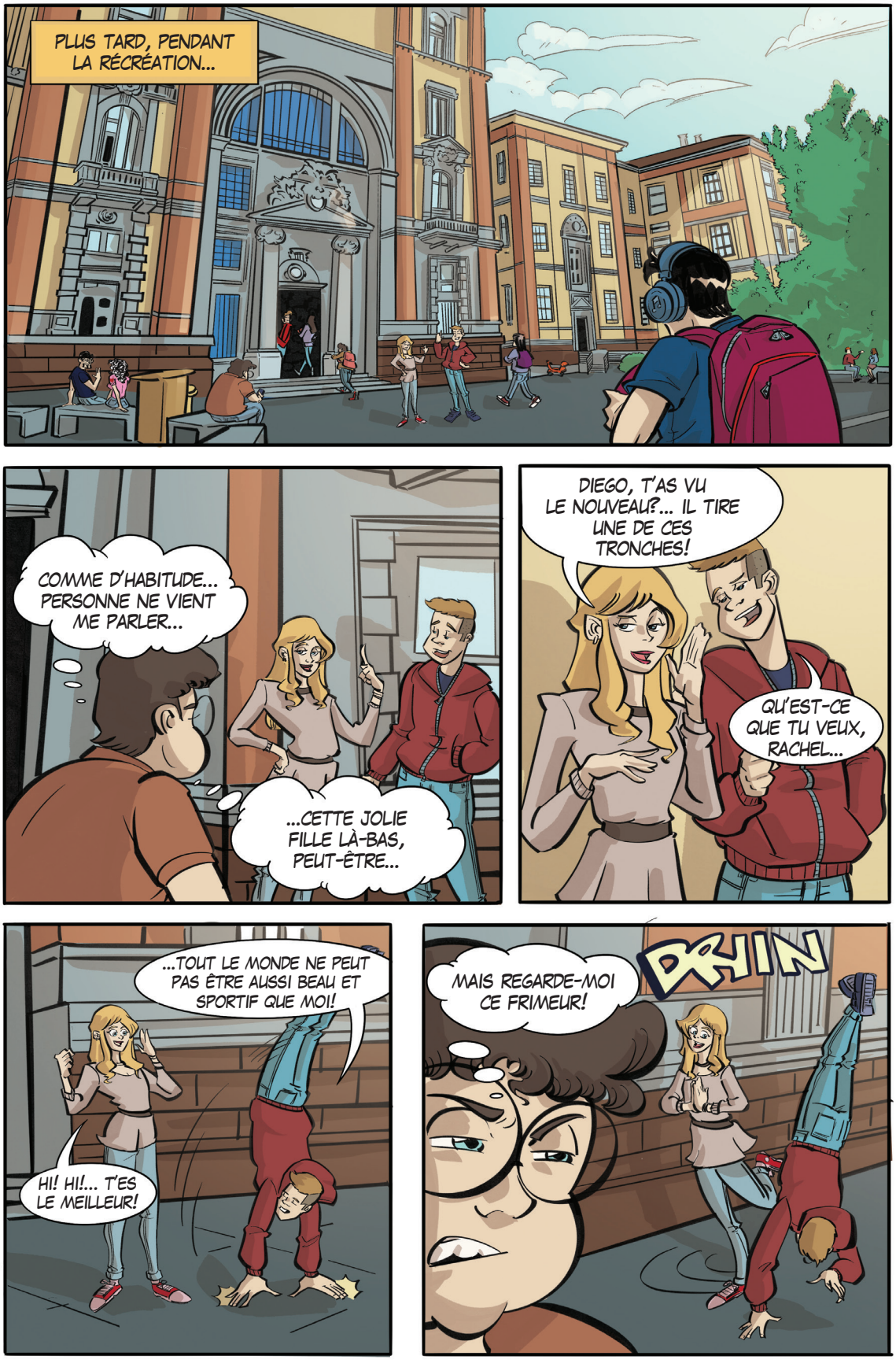
...L'ACTIVITÉ PHYSIQUE EST TRÈS BÉNÉFIQUE POUR LA SANTÉ ET CONTRIBUE À ÉVITER CES MALADIES...

SACHA!... ON Y VA...

AUJOURD'HUI C'EST TON PREMIER JOUR DANS LA NOUVELLE ÉCOLE... TU NE VEUX TOUT DE MÊME PAS ÊTRE EN RETARD?

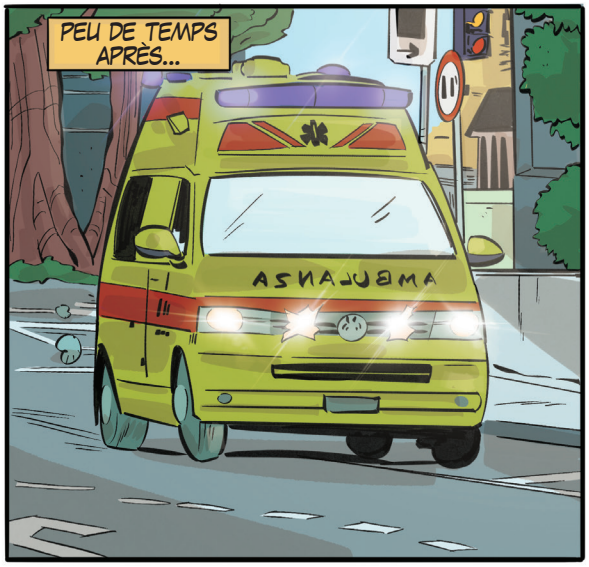
NON, MAMAN... J'ARRIVE...

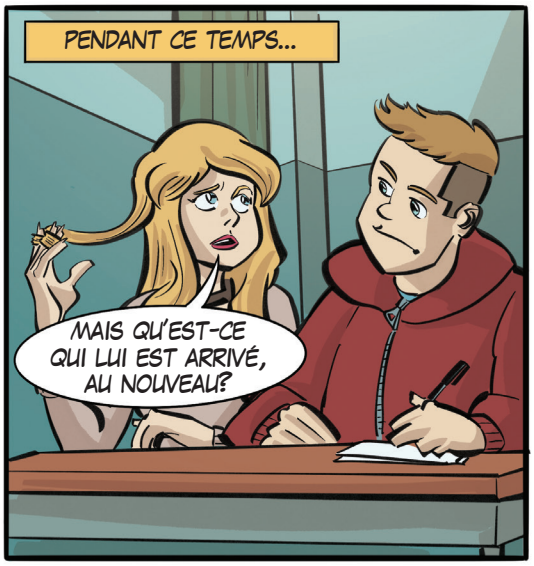

ALLONS-Y À PIED, C'EST TOUT PRÈS!
NON, S'IL TE PLAÎT... ON PREND LA VOITURE...
TU SAIS QUE MARCHER TE FAIT DU BIEN...
JE SAIS... ILS LE DISENT AUSSI SUR INTERNET... MAIS JE CROIS QUE ÇA CONCERNE LES PETITS VIEUX...
...NON. LA VIE SÉDENTAIRE EST MAUVAISE À N'IMPORTE QUEL ÂGE... ET TU NE DEVRAIS PAS PASSER TOUT TON TEMPS DEVANT L'ORDINATEUR...
PFFF...
NOUS SOMMES ARRIVÉS!
...ET NE RESTE PAS DANS TON COIN, COMME TU FAIS TOUJOURS... ESSAYE DE TE FAIRE DES COPAINS...
PFFF...

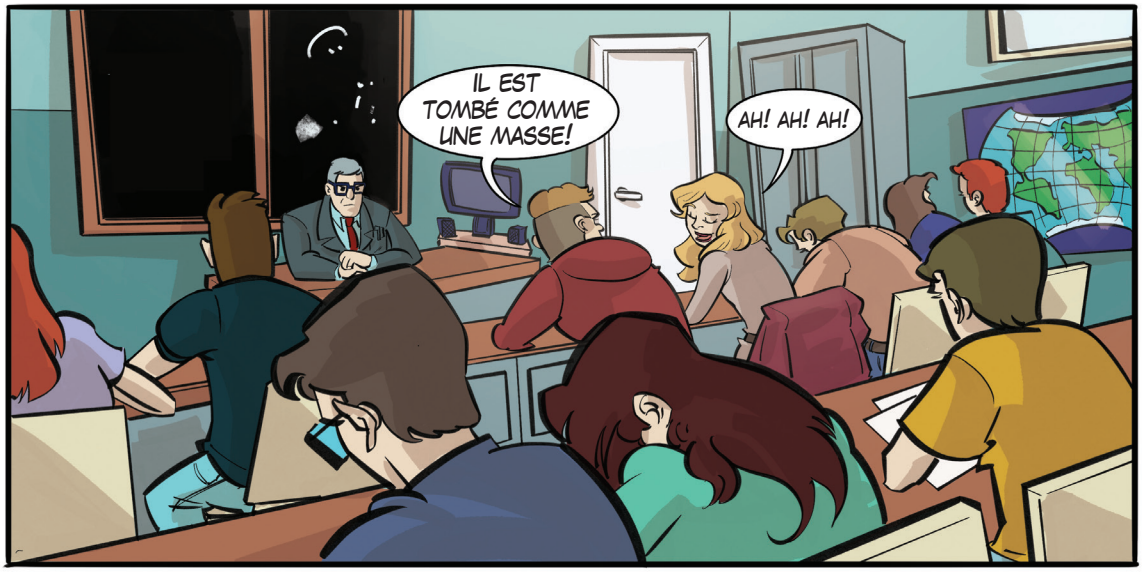

PLUS TARD, PENDANT LA RÉCRÉATION...
COMME D'HABITUDE... PERSONNE NE VIENT ME PARLER...
...CETTE JOLIE FILLE LÀ-BAS, PEUT-ÊTRE...
DIEGO, T'AS VU LE NOUVEAU?... IL TIRE UNE DE CES TRONCHES!
QU'EST-CE QUE TU VEUX, RACHEL...
...TOUT LE MONDE NE PEUT PAS ÊTRE AUSSI BEAU ET SPORTIF QUE MOI!
HI! HI!... T'ES LE MEILLEUR!
MAIS REGARDE-MOI CE FRIMEUR!
DRHIN

UN PEU PLUS TARD, DANS LE GYMNASE DE L'ÉCOLE, PENDANT L'HEURE D'ÉDUCATION PHYSIQUE...
MAINTENANT, NOUS ALLONS FAIRE DE L'ESCALADE...
MAIS ON DOIT GRIMPER JUSQU'EN HAUT?
C'EST L'OBJECTIF, OUI...
AH! AH! AH!
ALLEZ, LES JEUNES... BOUGEZ-VOUS!

ALLEZ... POUSSE AVEC TES JAMBES ET EN MÊME TEMPS TIRE AVEC TES BRAS!
ALLEZ, TU PEUX LE FAIRE!
AHHH!
TU T'ES FAIT MAL?
OUI...
IL S'EST ÉVANOUI... UNE AMBULANCE, VITE!

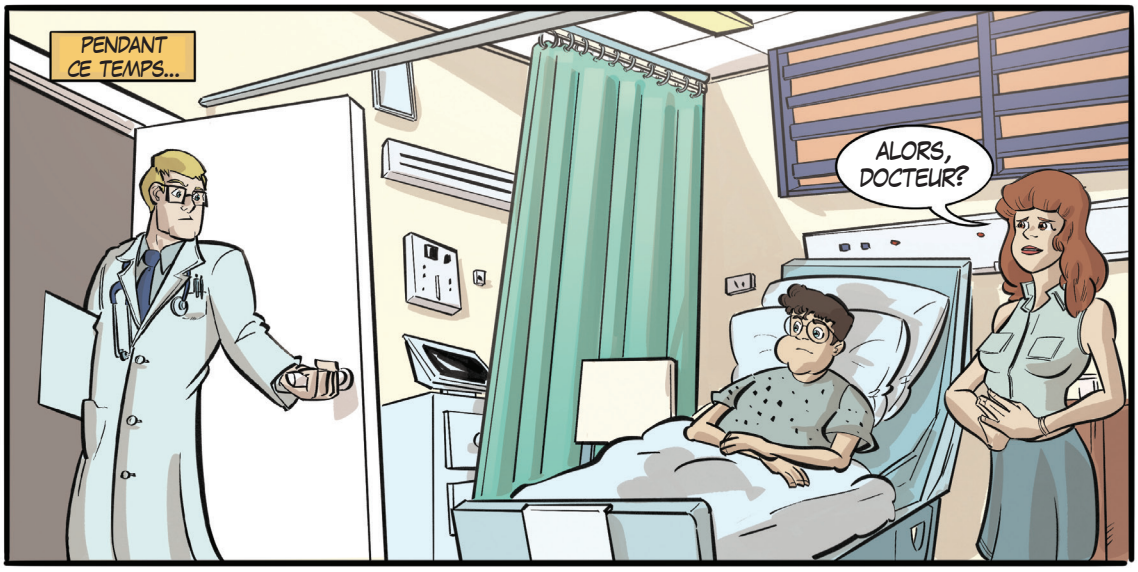

PEU DE TEMPS APRÈS...
AMBULANCE

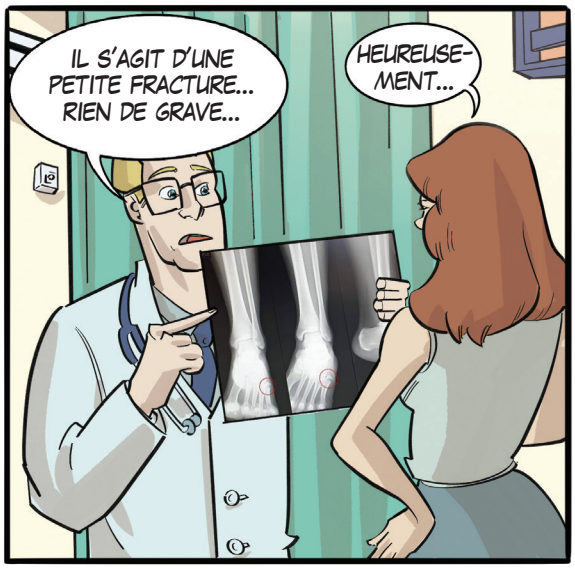

PENDANT CE TEMPS...
MAIS QU'EST-CE QUI LUI EST ARRIVÉ, AU NOUVEAU?


IL EST TOMBÉ COMME UNE MASSE!
AH! AH! AH!

PUISQUE TU FAIS LE MALIN, DIEGO... C'EST TOI QUI APPORTERAS LES DEVOIRS À SACHA À L'HÔPITAL!
MAIS...

OUI?
OUI, PROFESSEUR...

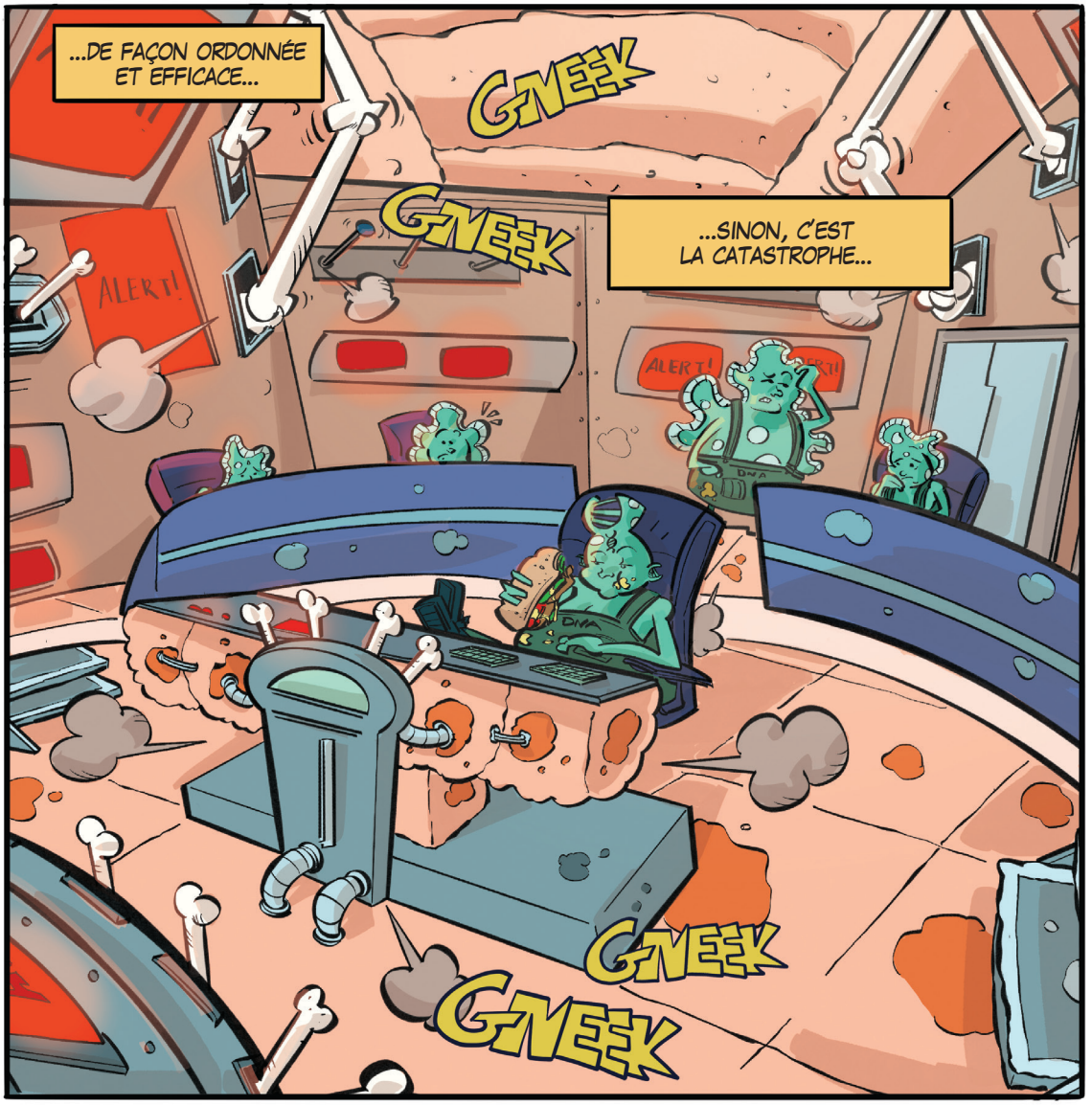

PENDANT CE TEMPS...
ALORS, DOCTEUR?

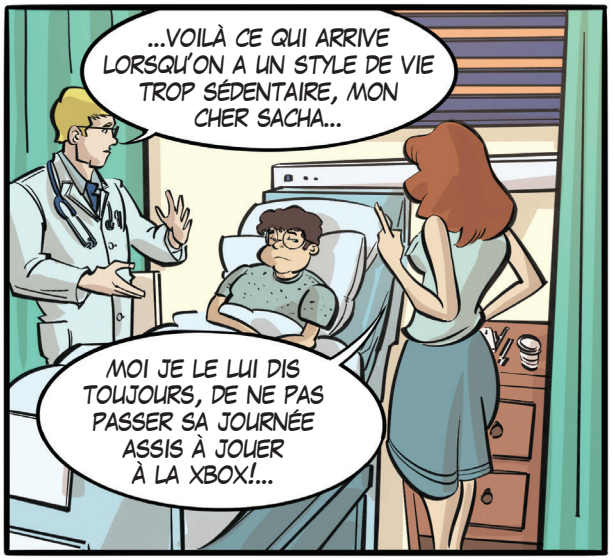

IL S'AGIT D'UNE PETITE FRACTURE... RIEN DE GRAVE...
HEUREUSE-MENT...

...MAIS LES CAUSES QUI L'ONT PROVOQUÉE SONT SÉRIEUSES...

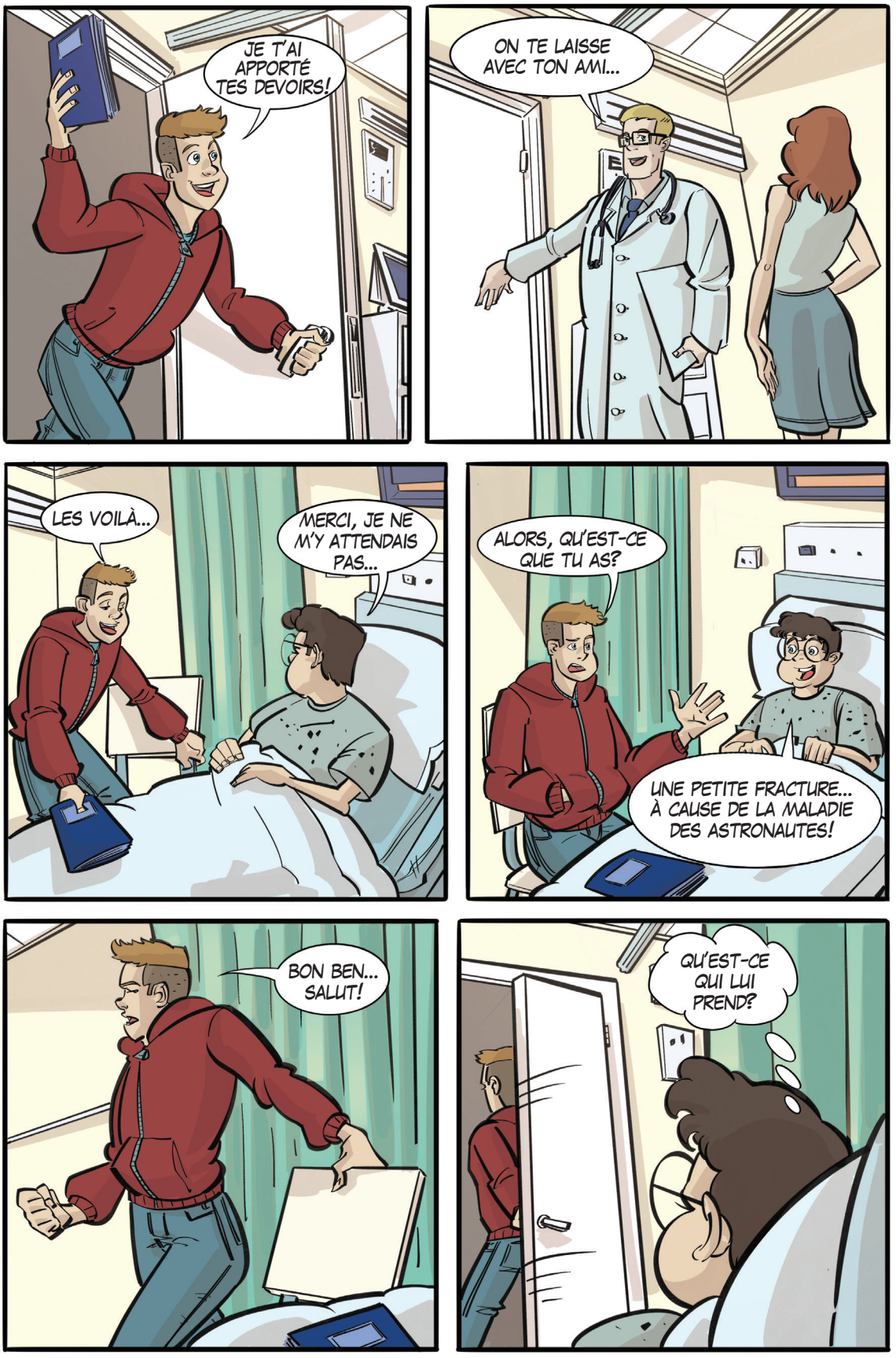
POURQUOI, DOCTEUR? JE SUIS TOMBÉ...
OUI, MAIS D'UNE PETITE HAUTEUR... ET EN PRINCIPE, UN GARÇON DE TON ÂGE NE SE FAIT PAS DE FRACTURE DE CETTE FAÇON... À MOINS QU'IL NE SOUFFRE D'UNE FRAGILISATION OSSEUSE, COMME DANS TON CAS...

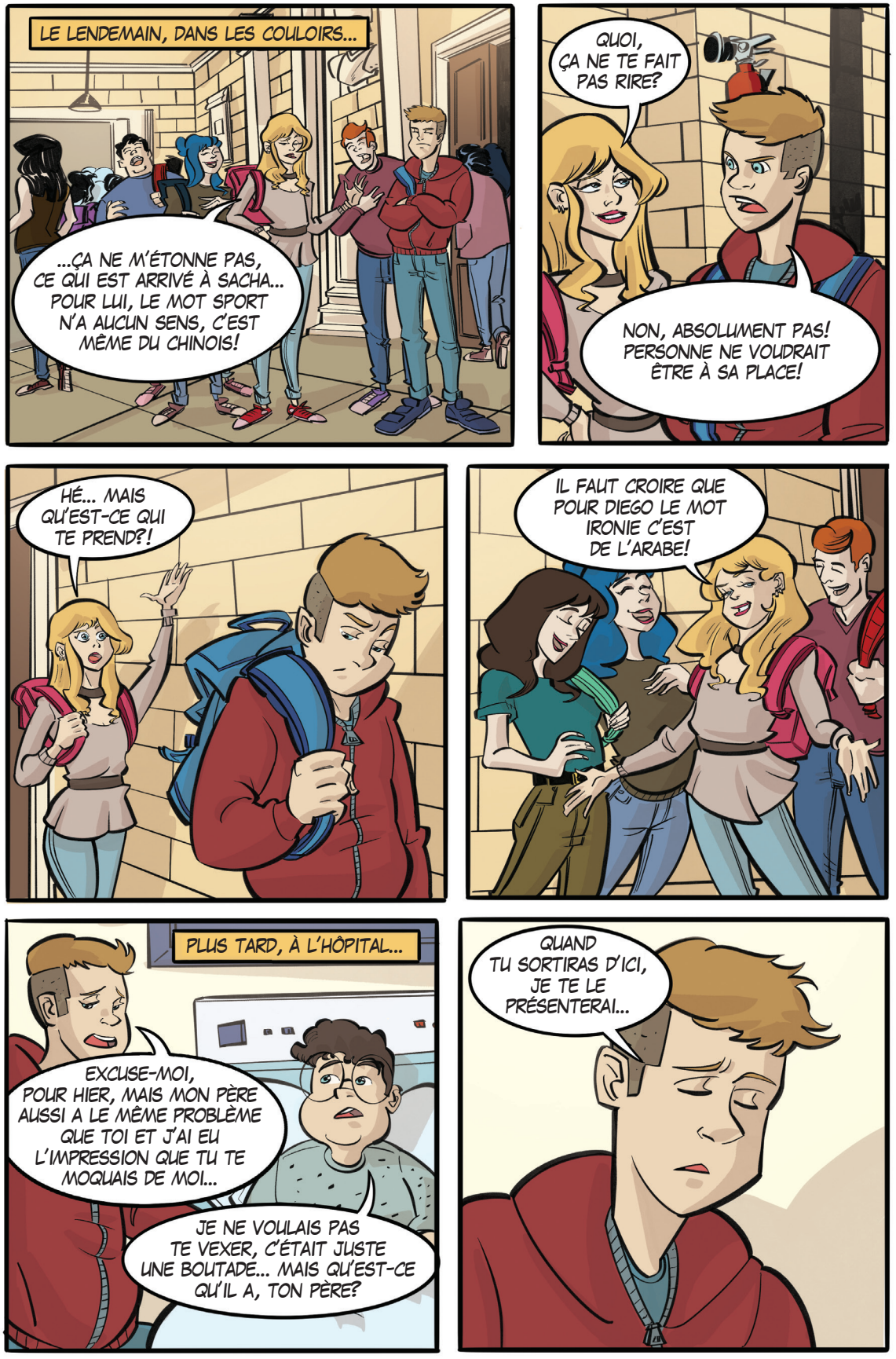
NOTRE SYSTÈME MUSCULOSQUELETTIQUE EST COMPOSÉ D'OS, DE MUSCLES, DE TENDONS ET D'ARTICULATIONS QUI DOIVENT ÊTRE MAINTENUS EN PERPÉTUEL MOUVEMENT...


...DE FAÇON ORDONNÉE ET EFFICACE...
GNEEK
GNEEK
...SINON, C'EST LA CATASTROPHE...
ALERT!
ALERT!
GNEEK
GNEEK


...VOILÀ CE QUI ARRIVE LORSQU'ON A UN STYLE DE VIE TROP SÉDENTAIRE, MON CHER SACHA...
MOI JE LE LUI DIS TOUJOURS, DE NE PAS PASSER SA JOURNÉE ASSIS À JOUER À LA XBOX!...

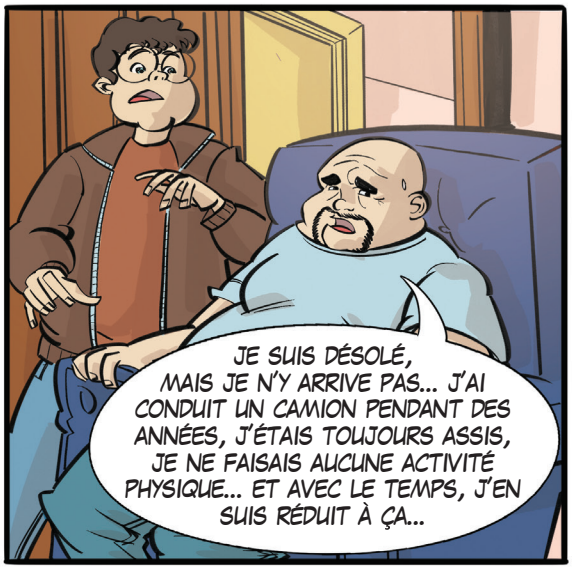
ET TA MÈRE A RAISON... TU SAIS, LES ASTRONAUTES PRÉSENTENT UNE FRAGILISATION ET UNE RÉDUCTION DE LA MASSE OSSEUSE APRÈS LEURS VOLS SPATIAUX, EN RAISON DU MANQUE D'ACTIVITÉ PHYSIQUE...

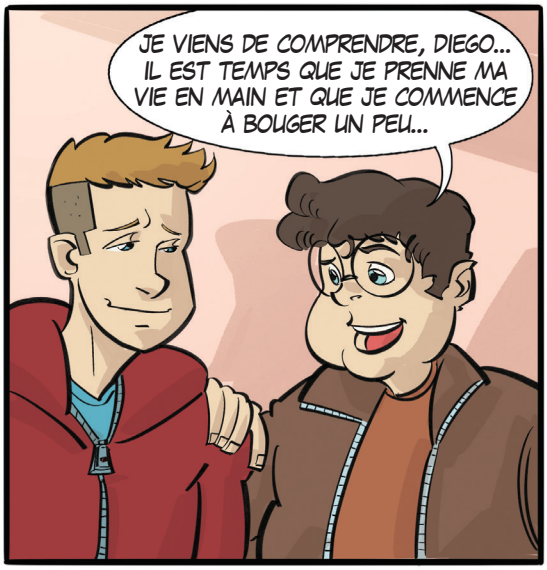

JE T'AI APPORTÉ TES DEVOIRS!
ON TE LAISSE AVEC TON AMI...
LES VOILÀ...
MERCI, JE NE M'Y ATTENDAIS PAS...
ALORS, QU'EST-CE QUE TU AS?
UNE PETITE FRACTURE... À CAUSE DE LA MALADIE DES ASTRONAUTES!
BON BEN... SALUT!
QU'EST-CE QUI LUI PREND?


LE LENDEMAIN, DANS LES COULOIRS...
...ÇA NE M'ÉTONNE PAS, CE QUI EST ARRIVÉ À SACHA... POUR LUI, LE MOT SPORT N'A AUCUN SENS, C'EST MÊME DU CHINOIS!
QUOI, ÇA NE TE FAIT PAS RIRE?
NON, ABSOLUMENT PAS! PERSONNE NE VOUDRAIT ÊTRE À SA PLACE!
HÉ... MAIS QU'EST-CE QUI TE PREND?!
IL FAUT CROIRE QUE POUR DIEGO LE MOT IRONIE C'EST DE L'ARABE!
PLUS TARD, À L'HÔPITAL...
EXCUSE-MOI, POUR HIER, MAIS MON PÈRE AUSSI A LE MÊME PROBLÈME QUE TOI ET J'AI EU L'IMPRESSION QUE TU TE MOQUAIS DE MOI...
JE NE VOULAIS PAS TE VEXER, C'ÉTAIT JUSTE UNE BOUTADE... MAIS QU'EST-CE QU'IL A, TON PÈRE?
QUAND TU SORTIRAS D'ICI, JE TE LE PRÉSENTERAI...

AINSI, QUELQUE TEMPS PLUS TARD...
SALUT PAPA... JE TE PRÉSENTE SACHA... UN TRÈS BON AMI À MOI...

ENCHAN... OH...

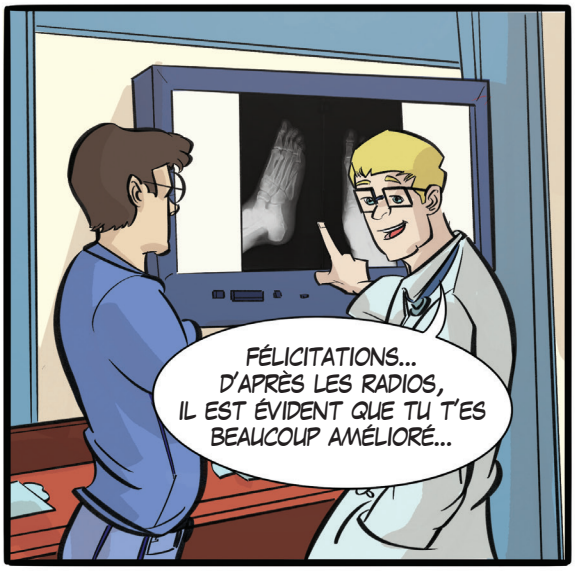

JE SUIS DÉSOLÉ, MAIS JE N'Y ARRIVE PAS... J'AI CONDUIT UN CAMION PENDANT DES ANNÉES, J'ÉTAIS TOUJOURS ASSIS, JE NE FAISAIS AUCUNE ACTIVITÉ PHYSIQUE... ET AVEC LE TEMPS, J'EN SUIS RÉDUIT À ÇA...


JE VIENS DE COMPRENDRE, DIEGO... IL EST TEMPS QUE JE PRENNE MA VIE EN MAIN ET QUE JE COMMENCE À BOUGER UN PEU...

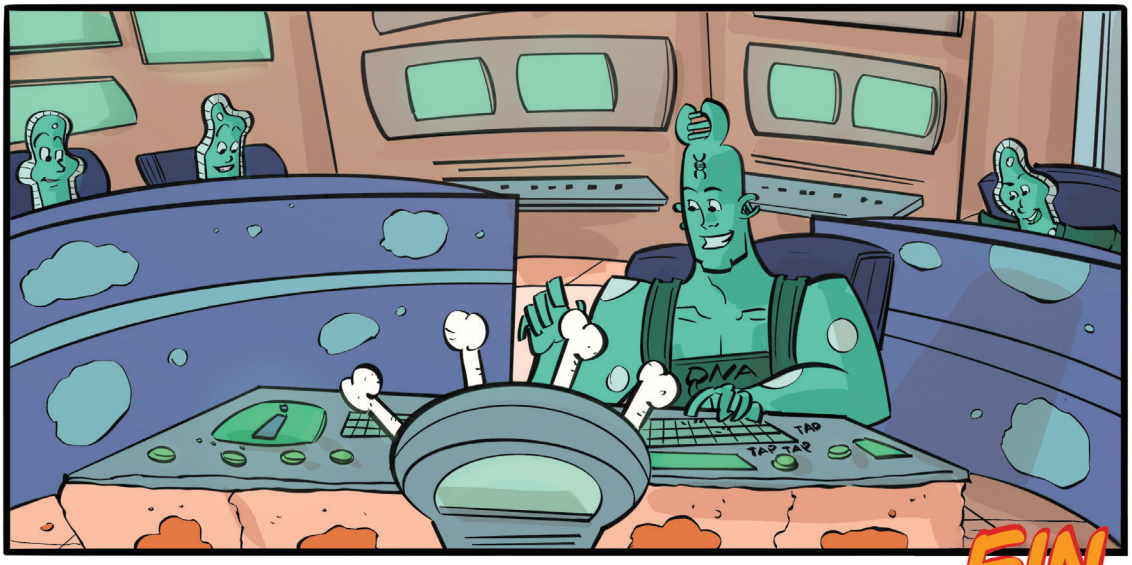
QUELQUES MOIS PLUS TARD...
ON FAIT UN SPRINT?
MAIS JE SUIS FATIGUÉ...

ALLEZ, FAINÉANT!

PREM'S!
T'ES LE MEILLEUR, SACHA!


FÉLICITATIONS... D'APRÈS LES RADIOS, IL EST ÉVIDENT QUE TU T'ES BEAUCOUP AMÉLIORÉ...

...CONTINUE COMME ÇA ET TU N'AURAS PLUS DE PROBLÈMES...


TAP
TAP TAP
FIN

GLOSSAIRE

Activité aérobie Il s'agit d'une activité de faible intensité et de longue durée. Elle permet de "brûler" les graisses stockées et pas seulement le sucre présent dans le sang et dans les muscles. Consommer les graisses signifie également abaisser les valeurs du cholestérol et des triglycérides.

Activité anaérobie Il s'agit d'une activité de puissance: dans un court laps de temps, le corps est soumis à un effort intense, techniquement appelé maximal. Elle est caractérisée par des contractions rapides des muscles, elle contribue à augmenter la masse musculaire et à brûler le sucre.

Activité physique Tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie supérieure à celle des conditions de repos.

Appareil locomoteur Il est le résultat de l'union entre le système squelettique et le système musculaire. Il est constitué des principaux éléments anatomiques suivants: les os, le tissu cartilagineux, les muscles, les articulations, les tendons et les ligaments. Il permet à l'homme de bouger et protège les organes internes.

Artère Les artères sont des vaisseaux sanguins (3 types au total: artères, artérioles et capillaires artériels) qui partent des ventricules cardiaques: normalement, elles conduisent le sang riche en oxygène du cœur vers les organes.

Arthro-prothèse	Elle est constituée de deux composants métalliques, qui sont ancrés à l'os avec un "ciment", et d'un composant central en "plastique" (polyéthylène) qui permet son glissement.
Arthrose	Maladie dégénérative, chronique et progressive des articulations. Les personnes qui souffrent d'arthrose ont en principe des douleurs associées à une limitation des mouvements.
Articulation	Dans le corps humain, les articulations sont des structures qui relient deux surfaces osseuses ou plus. Elles sont composées d'un ensemble de tissus: cartilage, tissu fibreux, ligaments, capsules et membranes.
Atrophie de désuétude	Diminution des masses musculaires due au manque d'activité physique.
BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor - facteur neuro-trophique dérivé du cerveau)	C'est un polypeptide présent dans le cerveau des mammifères, appartenant à la famille des neurotrophines. Le BDNF agit sur certains neurones du système nerveux central et du système nerveux périphérique, en contribuant à la survie des neurones existants et en favorisant la croissance et la différenciation de nouveaux neurones et des synapses. Dans le cerveau, il est actif dans l'hippocampe, dans le cortex et dans le prosencéphale basal, des aires vitales pour l'apprentissage, la mémoire et d'autres fonctions cognitives. Le BDNF lui-même joue un rôle important dans la mémoire à long terme.
Cartilage	Tissu conjonctif de consistance dure et élastique qui recouvre la surface articulaire des os et constitue la charpente de certains organes comme le larynx et la trachée; il forme le squelette embryonnaire des vertébrés.
Cartilage élastique	Il est avasculaire et entouré de périchondre. Le cartilage élastique apporte davantage d'élasticité aux organes dans lesquels il est présent (épiglotte, pavillon auriculaire, trompe auditive ou d'Eustache).

Cartilage fibreux Il se présente sous forme de petites plaques aux contours peu distincts, constituées de chondrocytes, d'une faible quantité de substance fondamentale et de nombreux éléments fibreux (collagène de type I). Il est généralement avasculaire et ne présente pas de périchondre. Il est présent dans certains cartilages articulaires, dans les disques intervertébraux, dans les ménisques du genou, de la mâchoire et de l'articulation sterno-claviculaire, ainsi que dans la symphyse pubienne.

Cartilage hyalin C'est le type de cartilage majoritaire chez les mammifères. Outre sa fonction de soutien, le cartilage hyalin a pour mission de donner au squelette un certain degré de souplesse. Le cartilage articulaire, situé aux extrémités des os longs dans les articulations, est dépourvu de périchondre, il a la forme d'une lame et un aspect très lisse en surface, de façon à faciliter le glissement des surfaces articulaires.

Collagène Protéine fibreuse qui constitue la composante principale de la matrice extracellulaire et des tissus conjonctifs, notamment des tissus fibreux comme les cartilages et les os. Il s'agit de la protéine la plus abondante chez les mammifères. Il existe différents types de collagène aux fonctions diverses.

Cœur d'athlète Ensemble de modifications structurelles et fonctionnelles qu'on observe dans le cœur des personnes qui s'entraînent plus d'une heure par jour chaque jour. Ces modifications sont asymptomatiques; les signes comprennent la bradycardie, un souffle systolique et des bruits cardiaques supplémentaires. La présence d'anomalies à l'électrocardiogramme est fréquente. Le diagnostic est clinique et échocardiographique. Aucun traitement n'est nécessaire.

CSA (Cross-Sectional Area) Il s'agit de la zone de la section transversale d'un muscle qui peut être mesurée aussi bien sur l'individu qu'à partir d'images. Elle permet de comprendre si un muscle est atrophié ou non après tout type de traitement, par exemple l'exercice physique.

Désentraînement Appelé aussi déconditionnement, en anglais *detraining* ou *deconditioning*, le désentraînement est un phénomène qui indique la perte partielle ou totale d'adaptations physiologiques, anatomiques et de performance liées à l'exercice physique en conséquence d'une période temporelle, de durée variable, pendant laquelle a lieu une réduction ou une cessation de l'activité physique.

Endorphine Terme générique désignant des composés chimiques organiques de type polypeptidique sécrétés par l'hypophyse, à l'action similaire à celle de la morphine. Les endorphines jouent un rôle important en tant qu'analgésiques ainsi que dans les processus d'apprentissage et de mémorisation.

Exercice physique Tentative programmée et intentionnelle spécialement destinée à l'amélioration de la forme physique et de la santé. Il regroupe les activités comme la marche rapide, le vélo, l'aérobic, et des loisirs de nature active, comme le jardinage et les sports de compétition.

Fréquence cardiaque Elle correspond au nombre de battements par minute effectués par le cœur (bpm), c'est-à-dire le nombre de fois où le cœur se contracte pour pomper le sang. Elle ne doit pas être confondue avec la tension, qui est exercée par le sang à l'intérieur des vaisseaux sanguins. Elle constitue, avec cette dernière, la fréquence respiratoire et la température corporelle, une fonction vitale pour l'organisme.

Grande circulation On entend par grande circulation, ou circulation systémique, la partie du système circulatoire qui a pour mission d'envoyer le sang (déjà oxygéné grâce à la petite circulation et riche en substances nutritives prélevées des parois intestinales) à tous les tissus.

Hippocampe Partie du cerveau située dans la région interne du lobe temporal. Il joue un rôle important dans la formation des mémoires explicites (déclarative et sémantique), dans la transformation de la mémoire à court terme en mémoire à long terme et dans la navigation spatiale.

Homéostasie En biologie, il s'agit de la capacité des organismes vivants à conserver leurs caractéristiques face à la variation des conditions environnementales extérieures, par des mécanismes d'auto-régulation.

Ligament Le ligament est une formation de tissu conjonctif fibreux dense ayant pour mission de maintenir unies entre elles deux structures anatomiques ou plus (par exemple, deux segments osseux) ou de maintenir dans la position qui lui est propre un organe, ou encore de contribuer à délimiter des ouvertures ou des cavités dans lesquelles se trouvent d'autres formations anatomiques (vaisseaux sanguins ou lymphatiques, troncs nerveux, etc.).

Neuro-transmetteur Un neurotransmetteur (ou neuromédiateur) est une substance qui véhicule les informations entre les neurones, à travers la transmission synaptique. À l'intérieur du neurone, les neurotransmetteurs sont contenus dans des vésicules, dites vésicules synaptiques, accumulées aux extrémités distales de l'axone, là où a lieu la connexion synaptique avec d'autres neurones. L'interaction entre le neurotransmetteur et le récepteur/canal ionique provoque une réponse excitatrice ou inhibitrice dans le neurone postsynaptique.

Neuro-trophine Les neurotrophines sont une famille de protéines qui déterminent la survie, le développement et la fonction des neurones.

Os Tissu organique qui compose notre squelette.

Ostéoblaste Il s'agit d'une cellule qui produit la matrice organique du tissu osseux, constituée de fibres de collagène de type I, de protéoglycanes et de glycoprotéines; la matrice osseuse précoce produite par les ostéoblastes, non cristallisée, est appelée tissu ostéoïde.

Ostéoclaste Il s'agit d'une cellule de grande dimension, multinucléée et riche en lysosomes. Les ostéoclastes ont une origine commune avec les monocytes/macrophages, ils dérivent de la cellule mésenchymateuse hématopoïétique. Ils présentent de nombreuses protubérances et ondulations dans la membrane plasmique. Les ostéoclastes entrent en contact avec la matrice osseuse et ont pour fonction de résorber l'os en l'érodant au moyen d'enzymes d'exocytose et de pH acide, c'est-à-dire qu'ils collaborent à l'homéostasie du calcium et au remodelage osseux.

Ostéocyte C'est la cellule la plus abondante du tissu osseux chez l'adulte. Les ostéocytes sont des ostéoblastes qui, une fois leur mission de formation de l'os accomplie, restent pris au piège dans les lacunes osseuses, de petites cavités à l'intérieur des lamelles (couches à travers lesquelles sont organisés les composants de l'os).

Ostéoporose C'est une maladie systémique caractérisée par une réduction de la masse osseuse et par une altération de la microarchitecture du tissu squelettique, qui est fragilisé et davantage exposé à un risque de fractures spontanées ou dues à des traumatismes légers.

Petite circulation La petite circulation, appelée aussi circulation pulmonaire, est le circuit des vaisseaux sanguins qui part du ventricule droit du cœur, pénètre dans le réseau de capillaires qui entourent les alvéoles pulmonaires et revient au cœur dans l'atrium gauche par les veines pulmonaires, qui transportent le sang tout juste oxygéné.

Pic de masse osseuse Il s'agit de la quantité de tissu minéral osseux présent à la fin de la croissance qui est atteinte entre 16 et 18 ans chez les jeunes filles et entre 20 et 22 ans chez les jeunes hommes. À partir de ce moment-là, la densité et la dimension osseuses n'augmentent plus et restent constantes pendant tout l'âge adulte.

Remodelage osseux Processus continu d'adaptation structurelle de l'os aux contraintes provenant de l'extérieur, de façon à avoir toujours une structure adaptée aux nécessités biomécaniques réelles de l'individu en question.

Système musculo-squelettique *voir* **Appareil locomoteur**.

Tendon Ensemble de fibres permettant aux muscles de transmettre leur contraction à un os ou à une articulation, en consentant ainsi à l'appareil contractile d'exercer sa fonction principale: le mouvement. Une rupture tendineuse entraîne la perte du mouvement généré par le muscle concerné.

Tendon d'Achille Le tendon d'Achille, appelé aussi tendon calcanéen, relie le muscle triceps sural (formé des muscles jumeaux et du soléaire) à l'os calcanéum. Le nom "talon d'Achille" dérive de la mythologie grecque: à la naissance d'Achille, on prédit à sa mère la Néréide Thétis qu'il mourra pendant la guerre de Troie; elle décide alors de le plonger dans le fleuve Styx afin de protéger son corps de tous les dangers. Toutefois, son talon par lequel elle le tient n'est pas trempé dans le fleuve et cette partie du corps reste donc vulnérable. Pendant la guerre de Troie, Achille est touché sur ce tendon par une flèche empoisonnée, qui le tue. C'est le tendon le plus gros et le plus fort du corps, il mesure environ 15 cm.

Ténocyte La cellule qui se trouve dans les tendons. Le ténocyte assure l'homéostasie du tissu tendineux, en produisant la matrice extracellulaire.

Tissu musculaire C'est l'un des quatre principaux types de tissu qui composent le corps des animaux. Il est responsable des mouvements volontaires et involontaires du corps, et est composé de: tissu musculaire strié ou squelettique, de type volontaire; tissu musculaire lisse, de type involontaire; tissu musculaire cardiaque, de type auto-contractile.

Veine Les veines sont des vaisseaux sanguins qui partent des atriums du cœur et conduisent le sang vers ce dernier. La plupart des veines transportent le sang pauvre en oxygène des tissus vers le cœur.

Le mouvement et l'énergie que nous transformons en permanence nous permettent de vivre. Mais aujourd'hui, dans une société de plus en plus technologique qui nous connecte au reste du monde à l'aide d'une tablette ou d'un téléphone portable, nous risquons de bouger de moins en moins. Et pourtant, le manque de mouvement représente le quatrième facteur de risque de mortalité!

Dans ce volume, l'auteur nous explique ce qui se passe dans notre corps si nous ne bougeons pas et combien l'activité physique est importante, y compris pour notre bien-être psychologique et émotionnel.

Francesco Oliva, Département des maladies de l'appareil locomoteur, Faculté de médecine et chirurgie, Université de Salerne.

À l'intérieur, la BD:

La maladie des astronautes

Textes rédigés par les élèves de la classe 3B de l'école secondaire Lugano 1, Tessin, Suisse.

Dessins réalisés par Mirko Milone, pour la Scuola Romana dei Fumetti.

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport