

2.1 La membrane cellulaire : la gardienne de la cellule



À la frontière de deux pays, les douaniers vérifient les articles que les voyageurs transportent. En raison des lois de ces deux pays, il est interdit de traverser la frontière avec certains objets, par exemple des armes à feu ou des plantes. De la même manière, les matériaux qui entrent dans les cellules ou qui en sortent sont « vérifiés » lorsqu'ils traversent la membrane cellulaire. Comme un poste de douane, la membrane cellulaire permet à certaines substances d'entrer dans la cellule ou d'en sortir, mais elle interdit le passage à d'autres. Comme elle ne laisse passer que certaines substances, on dit de la membrane cellulaire qu'elle a une **perméabilité sélective**. (Une membrane qui laisse toutes les substances la traverser est dite **perméable**. Une membrane qui ne laisse rien la traverser est dite **imperméable**.)

Comment une membrane cellulaire remplit-elle cette fonction ? La réponse se trouve dans la structure de la membrane. Imagine que tu as deux petits sacs. L'un est en plastique et l'autre en mousseline. Maintenant, imagine que tu remplis ces deux sacs d'eau, comme le montre les figures 2.1A et 2.1B. Le sac de plastique garde l'eau, mais le sac en mousseline laisse passer l'eau. Le plastique est imperméable à l'eau, tandis que la mousseline est perméable à l'eau. Cette différence s'explique ainsi : la structure des matériaux qui composent chacun des sacs est différente.

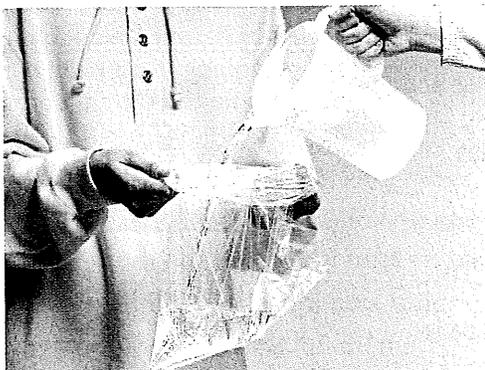


Figure 2.1A Le plastique est imperméable à l'eau.



Figure 2.1B La mousseline est perméable à l'eau.

Maintenant, imagine que tu verses un mélange d'eau et de sable dans chaque sac. Chaque sac est-il perméable, imperméable ou a-t-il une perméabilité sélective? (Si tu as des doutes, tu peux essayer de faire une expérience semblable à celle des figures 2.1A et 2.1B et observer ce qui se passe.)

La diffusion

La structure de la membrane cellulaire contrôle ce qui peut entrer dans une cellule et ce qui peut en sortir. Pour commencer, qu'est-ce qui fait que les substances se déplacent? La figure 2.2 donne un indice à cette question. Qu'est-ce qui fait qu'une tache d'encre se disperse dans un contenant rempli d'eau?



Figure 2.2 À la fin, les particules d'encre se dispersent de façon égale dans les particules d'eau, et toute la solution semble teintée d'encre.

Selon la théorie particulaire, les particules de tous les liquides et les gaz bougent dans tous les sens et se heurtent continuellement les unes aux autres. (Pour plus d'information sur la théorie particulaire, lis la page 111.) Ces collisions expliquent pourquoi les particules qui sont concentrées dans une zone, comme dans la tache d'encre, se dispersent dans des zones où il y a moins de particules d'encre et, par conséquent, un moins grand nombre de collisions. Ce processus de dispersion est appelé **diffusion**. Au bout d'un certain temps, les particules d'encre sont distribuées de façon égale dans le contenant d'eau. À ce moment-là, les particules d'encre demeurent en mouvement, mais il ne se produit plus de changements dans la distribution de l'encre dans l'eau. Comme l'encre, le colorant alimentaire et la couleur de certains cristaux se diffuseraient aussi dans l'eau si on les laissait au repos pendant plusieurs minutes.

Pause réflexion

Voici des situations où se produit la diffusion : un morceau de sucre est laissé dans un béccher d'eau pendant un certain temps ; des effluves de parfum s'échappent d'un flacon quand on enlève le bouchon. Donnez d'autres exemples de diffusion. La diffusion des solides est-elle possible? Pourquoi? Écris tes réponses dans ton journal scientifique.

Le croirais-tu?

Souviens-toi qu'une cellule moyenne a un diamètre de 20 à 30 μm . Suppose que cette cellule soit placée dans une solution ayant une concentration en oxygène plus élevée que celle du cytoplasme de la cellule. À la température de la pièce, il faudrait environ trois secondes pour que la diffusion équilibre les concentrations. Si la cellule était beaucoup plus grosse, si elle avait par exemple un diamètre de 20 cm, le même processus prendrait environ 11 ans!



ACTIVITÉ pour la maison

Observer la diffusion

Grâce à ton sens de la vue, tu peux facilement observer la diffusion. Mais y a-t-il un autre moyen d'observer ce phénomène? Fais l'expérience suivante. Demande à une personne de se tenir à un bout d'une pièce avec une orange et tiens-toi à l'autre bout, face au mur. Demande à cette personne de peler l'orange. Comment sais-tu que des particules de l'orange se sont répandues dans la pièce par diffusion?

La diffusion participe aussi au déplacement des substances qui entrent dans les cellules et qui en sortent. Par exemple, imagine une amibe vivant dans l'eau. La concentration de dioxyde de carbone, un gaz, dissous dans l'eau est la même que la concentration de dioxyde de carbone dissous dans le cytoplasme de l'amibe. Les particules de dioxyde de carbone entrent dans la cellule et en sortent au même rythme, passant à travers de petites ouvertures dans la membrane à perméabilité sélective de l'amibe (voir la figure 2.3A).

Maintenant, imagine que l'amibe produit du dioxyde de carbone comme déchet à l'intérieur de son unique cellule. La concentration de particules de dioxyde de carbone dissoutes dans le cytoplasme de la cellule est maintenant plus élevée que la concentration de dioxyde de carbone dans l'eau ambiante. Par conséquent, il y a un plus grand nombre de particules de dioxyde de carbone qui sortent de la cellule par diffusion pendant une période donnée qu'il y en a qui entrent dans la cellule (voir la figure 2.3B). Le processus de diffusion se poursuit jusqu'à ce que la concentration de dioxyde de carbone dissous soit de nouveau égale des deux côtés de la membrane cellulaire.

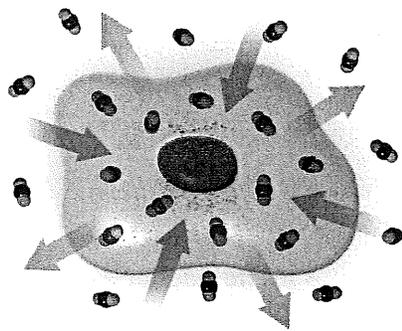


Figure 2.3A L'illustration montre une concentration égale de particules de dioxyde de carbone des deux côtés de la membrane cellulaire. Les particules entrent dans la cellule et en sortent au même rythme.

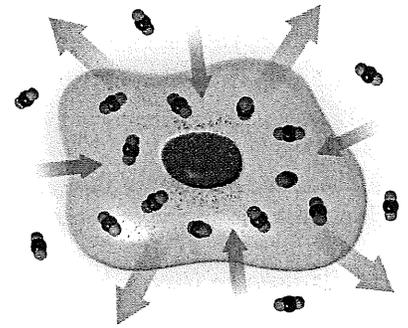


Figure 2.3B Il y a une plus forte concentration de particules de dioxyde de carbone à l'intérieur de la cellule. Les particules sortent de la cellule à un rythme plus rapide qu'elles n'y entrent.

L'osmose

L'eau est la substance que l'on trouve le plus couramment à l'intérieur et autour d'une cellule. Une cellule se compose d'eau dans une proportion d'environ 70 % et la plupart des cellules meurent rapidement lorsqu'elles sont privées d'eau. Les particules d'eau sont petites et peuvent facilement entrer dans une cellule et en sortir par diffusion. La diffusion de l'eau à travers une membrane à perméabilité sélective est appelée **osmose**.

Tu as sans doute déjà observé l'osmose. As-tu déjà coupé une carotte fraîche pour en faire des bâtonnets? Tu as peut-être laissé quelques bâtonnets dans le réfrigérateur. Le lendemain, ils avaient perdu de leur humidité et ils étaient devenus flasques. Imagine que tu mets les bâtonnets dans un verre d'eau. Quelques heures plus tard, ils sont de nouveau croquants. Que s'est-il passé? Des particules d'eau sont passées par osmose de l'eau du verre aux cellules de la carotte. (Voir les figures 2.4A et 2.4B.)

Figure 2.4A Bâtonnets de carotte flasques



Figure 2.4B Bâtonnets de carotte 24 heures plus tard



Souviens-toi maintenant de l'idée émise au début de ce chapitre: tu bois de l'eau pour aider tes cellules à remplir leurs fonctions. Lorsque tu dépenses beaucoup d'énergie, ton souffle et ta sueur privent ton organisme d'une partie de son humidité. L'eau se retire de tes cellules par osmose. Tu as besoin d'un nouvel apport en eau pour ramener le contenu d'eau des cellules de ton corps à sa concentration normale.

L'eau est importante pour les organismes vivants parce qu'elle dissout un grand nombre de substances qui jouent un rôle dans le processus cellulaire. Par exemple, le glucose (que les cellules utilisent comme source d'énergie) se dissout dans l'eau pour former une solution de glucose. Lorsqu'une partie d'eau se retire d'une cellule, les substances dissoutes à l'intérieur de la cellule deviennent plus concentrées. Lorsqu'une quantité d'eau entre dans une cellule, les substances dissoutes à l'intérieur de la cellule deviennent plus diluées.

L'eau a tendance à se déplacer par osmose d'une solution diluée à une solution plus concentrée (voir la figure 2.5). Bref, l'eau se déplace d'une zone très concentrée en eau vers une zone où la concentration est plus faible. C'est pourquoi l'eau du verre contenant les bâtonnets de carotte pénètre dans les cellules de carottes déshydratées. D'après toi, que se produirait-il si tu mettais un bâtonnet de carotte frais dans un verre contenant une solution saline très concentrée? Pourquoi cela se produirait-il? La prochaine expérience t'aidera à répondre à cette question.

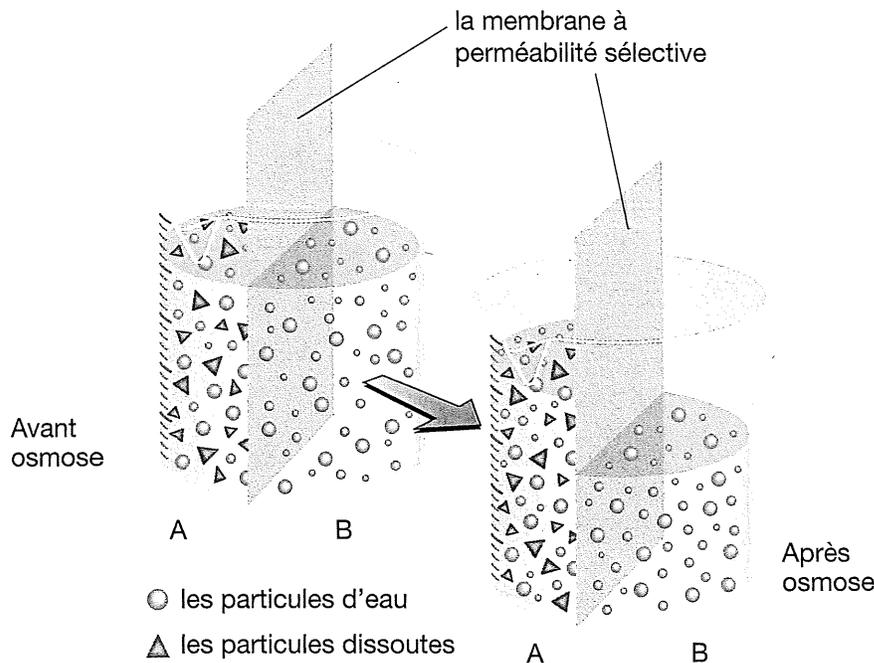


Figure 2.5 L'eau se déplace par osmose du côté B au côté A. Dans ce diagramme simplifié, quel côté représente un bâtonnet de carotte et quel côté représente un verre d'eau?

Le croquis-tu?

Imagine que tu as une boîte de billes. La boîte est divisée en deux par un morceau de carton dans lequel on a pratiqué une ouverture. Toutes les billes sont empilées d'un côté du morceau de carton. Certaines des billes roulent de l'autre côté de la boîte par le trou percé. Les billes continuent de rouler jusqu'à ce qu'il y ait un nombre égal de billes de chaque côté de la boîte. Voilà un autre exemple d'osmose.

Pause réflexion

Quel est le *solvant* dans une solution saline? Quel est le *soluté* dans une solution saline? Et qu'est-ce qu'une *solution*? Si tu te souviens de ces termes que tu as appris plus tôt, tu peux passer sans tarder à l'expérience 2-A. Si tu as besoin de révision, vérifie ces trois termes dans le glossaire à la fin de ton livre. Note la définition dans ton journal scientifique.

Le savais-tu?

Ton médecin peut-il te donner un médicament sans utiliser des pilules, des sirops ou des seringues? Oui, en se servant de la diffusion. On peut mettre des médicaments dans un timbre semblable à un pansement adhésif qui se colle sur la peau. Il y a une forte concentration du médicament dans le timbre, mais une faible concentration dans l'organisme. Par conséquent, les particules de médicament se diffusent dans la circulation sanguine à travers la peau.

Le croquis-tu ?

Les cellules peuvent-elles endommager les trottoirs ? Oui, avec l'aide de l'osmose ! Lorsque les cellules absorbent de l'eau par osmose, elles ont tendance à se gonfler. L'augmentation de la pression causée par le volume d'eau additionnel peut faire éclater des cellules animales. Cependant, les cellules végétales peuvent supporter une pression beaucoup plus forte parce qu'elles sont entourées de parois cellulaires rigides. Cette pression est appelée *pression osmotique*. As-tu déjà vu des mauvaises herbes pousser à travers un sentier pavé ? Elles réussissent à passer à travers l'asphalte grâce à la pression osmotique produite par l'eau dans les cellules des pousses.



Le transfert actif

De petites particules (comme des particules d'eau, de dioxyde de carbone ou d'oxygène) entrent dans les cellules et en sortent librement par diffusion en passant dans la membrane cellulaire par de petites ouvertures. Ce processus dépend uniquement des concentrations des particules. Il se déroule sans que les cellules utilisent de l'énergie.

Cependant, les cellules ont aussi besoin de certaines substances en concentrations plus fortes ou plus faibles que les concentrations pouvant être obtenues par diffusion seulement. Par exemple, les cellules ont besoin de grandes quantités de glucose, qui leur fournit de l'énergie. Pour combler ce besoin, les particules de glucose doivent se déplacer d'une zone à faible concentration en cette substance (à l'extérieur de la cellule) vers une zone à concentration plus élevée (à l'intérieur de la cellule). Ce processus inverse le déplacement habituel causé par la diffusion et, contrairement à la diffusion, il oblige les cellules à utiliser de l'énergie — comme pour pousser une voiture vers le haut d'une pente au lieu de la laisser redescendre comme elle le ferait normalement.

Le déplacement contrôlé des substances à travers la membrane cellulaire est produit par la membrane elle-même. Pour expliquer ce phénomène, les scientifiques ont étudié la structure de la membrane très en détail (voir les figures 2.6A et 2.6B). Grâce à des microscopes plus puissants, ils ont découvert de grosses particules appelées **protéines porteuses** incrustées dans la membrane cellulaire. Comme des portes dans un mur, les protéines porteuses contrôlent les substances qui entrent dans la cellule ou qui en sortent. Chaque protéine porteuse attire les particules qui ont une substance particulière. La protéine se lie à la substance, la déplace à travers la membrane et la libère de l'autre côté, tel que l'illustre la figure 2.7. Ce processus qui nécessite un apport d'énergie de la cellule est appelé **transfert actif**.

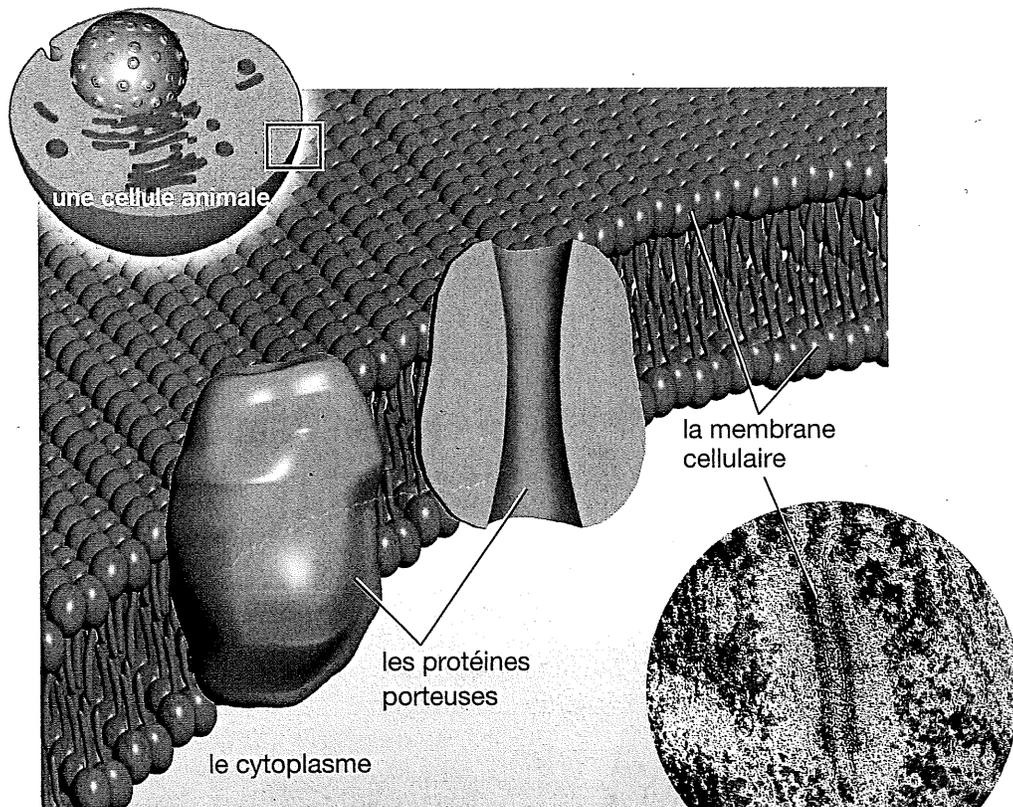


Figure 2.6A Schéma d'une membrane cellulaire animale

Figure 2.6B Image micrographique d'une membrane cellulaire animale vue au microscope électronique par transmission

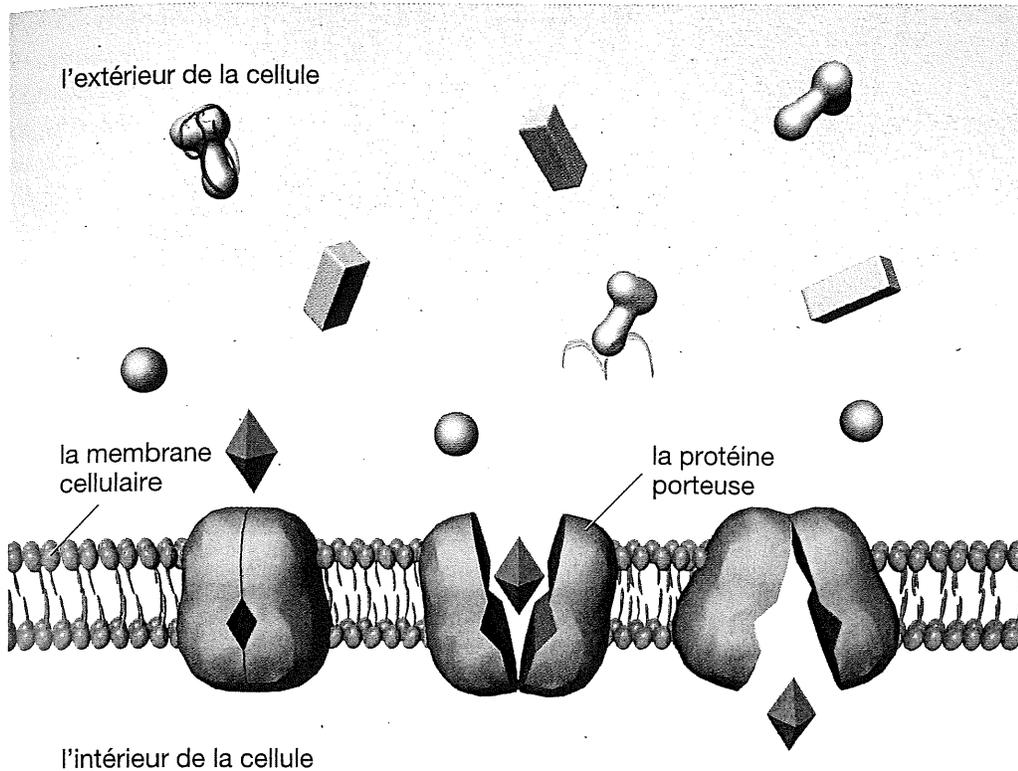


Figure 2.7 Dans le transfert actif, les protéines porteuses dans les membranes cellulaires attirent des particules de substances particulières, se fixent sur ces dernières et les libèrent de l'autre côté de la membrane. Ces « portes » aux frontières de la cellule peuvent laisser entrer ou laisser sortir des particules.

Dans l'Activité de départ à la page 39, on t'a demandé comment les cellules pouvaient « respirer » et « manger ». Pour remplir ces fonctions, les cellules contrôlent l'entrée et la sortie de substances clés, comme des particules d'aliments. Le transfert actif est une façon d'assurer ce contrôle. Dans la section suivante de ce chapitre, tu verras comment les cellules transforment en énergie les aliments que tu manges.

Vérifie ce que tu as compris

1. Quel est le processus qui permet à l'eau de pénétrer dans une cellule ou d'en sortir ?
2. En quoi l'osmose et la diffusion sont-elles semblables ? En quoi différentes ?
3. Comment le transfert actif diffère-t-il de la diffusion ? Donne un exemple de chacun.
4. Si ton enseignant ou ton enseignante ouvre une bouteille d'ammoniac à l'avant de la classe, tu pourras sentir l'ammoniac à l'arrière de la classe peu de temps après. Pourquoi ?
5. **Mise en pratique** Pourquoi les supermarchés arrosent-ils leurs légumes frais avec de l'eau ?
6. **Réflexion critique** Pourquoi est-ce qu'un poisson d'eau douce mourra si on le met pendant un certain temps dans de l'eau salée ?

LIEN terminologique

Dans un poème de Samuel Taylor Coleridge, un marin échoué au milieu d'un océan calme dit : « De l'eau, de l'eau partout et pas une goutte à boire ! » Essaie de déduire ce qui pourrait arriver à une personne qui boit de l'eau salée. Explique pourquoi.

Le savais-tu ?

Certaines maladies sont causées par un défaut dans le transfert des substances chimiques à travers la membrane cellulaire. Par exemple, les calculs rénaux sont produits par l'accumulation de cristaux dans les cellules des reins. Normalement, les substances chimiques qui entraînent la formation de ces cristaux sont transportées à travers les membranes cellulaires des cellules rénales vers la circulation sanguine, qui les achemine vers d'autres parties de l'organisme.

2.2 Comment les cellules obtiennent de l'énergie



Quel lien y a-t-il entre mettre un ordinateur sous tension et manger un sandwich? Le lien commun est l'énergie. Tout comme l'électricité fournit l'énergie qui fait fonctionner l'ordinateur, les aliments fournissent l'énergie que les cellules de ton organisme ont besoin pour remplir leurs fonctions.

Les cellules ne peuvent pas fonctionner sans énergie, tout comme un ordinateur ne peut pas fonctionner sans électricité ou sans piles. L'énergie que les cellules utilisent vient des aliments. Mais quels sont ces aliments? Pour les animaux, ces aliments peuvent être un sandwich, une souris ou un brin d'herbe. Dans le cas des plantes, ces aliments sont des hydrates de carbone produits par leurs feuilles grâce à la photosynthèse. Mais tous les aliments ont en commun des particules qui contiennent de l'énergie chimique.

L'énergie dans les aliments peut être libérée seulement quand les particules sont entrées dans les cellules et qu'elles sont décomposées par une réaction chimique. Le processus qui permet la libération de l'énergie alimentaire est appelé la **respiration cellulaire**.

Tu penses sans doute que la respiration consiste à inspirer et à expirer. C'est ce que toi et tous les autres animaux aérobies faites pour obtenir de l'oxygène et pour vous débarrasser du dioxyde de carbone. Souviens-toi que les cellules remplissent toutes les fonctions des organismes vivants. Tes cellules utilisent l'oxygène que tu inspires et elles produisent le dioxyde de carbone que tu expires. La respiration cellulaire se produit dans presque toutes les cellules vivantes de tous les organismes: les cellules des plantes et des micro-organismes, et les cellules des animaux.

Dans la respiration cellulaire, l'oxygène se combine avec les particules d'aliments (comme les hydrates de carbone) à l'intérieur des cellules. On exprime l'équation nominative de cette réaction chimique comme suit:

hydrates de carbone + oxygène → dioxyde de carbone + eau + énergie

Le savais-tu?

Le mot *photosynthèse* vient de deux mots grecs: *photo* signifie « lumière »; *synthèse* veut dire « réunion ». Souviens-toi que, dans la photosynthèse, le dioxyde de carbone et l'eau s'unissent pour produire des hydrates de carbone. L'énergie nécessaire à cette réaction chimique vient de la lumière du soleil. On exprime l'équation nominative de la photosynthèse comme suit:

dioxyde de carbone + eau + énergie lumineuse → hydrates de carbone + oxygène

Ce changement chimique peut se comparer à la combustion du carburant. Comme dans le cas de la combustion, une bonne partie de l'énergie provenant de la réaction se transforme en chaleur. Pense à ce qui se produit quand ton corps demande plus d'énergie, comme lorsque tu fais une course (voir la figure 2.8). Premièrement, tu as besoin d'un bon repas riche en hydrates de carbone, car ils te fournissent de l'énergie. En courant, tu respires plus rapidement parce que tu pompes une plus grande quantité d'oxygène que tes cellules peuvent utiliser. L'oxygène et les particules d'aliments réagissent à l'intérieur de tes cellules et produisent de l'énergie pour tes muscles. À la fin de la course, tu as chaud.

Cela n'est pas étonnant! Chacune des millions de cellules dans tes muscles ont brûlé les particules d'aliments à un rythme plus rapide, sans parler des milliers de milliards d'autres cellules dans ton organisme qui remplissent toutes les fonctions nécessaires à la respiration.

Les génératrices de la cellule

La respiration cellulaire n'a pas lieu partout à l'intérieur de la cellule. Elle se produit principalement dans les mitochondries (voir la page 29). Comme l'énergie est produite à l'intérieur des mitochondries, on appelle souvent ces organites les « génératrices » de la cellule. Les différentes cellules utilisent des quantités inégales d'énergie et elles ont des nombres différents de mitochondries. Les cellules actives, comme celles des muscles, peuvent contenir plusieurs centaines de mitochondries. L'énergie produite à l'intérieur des mitochondries peut être utilisée par d'autres parties de la cellule (voir la figure 2.9).

Pourquoi les cellules ont-elles besoin d'énergie? Les membranes cellulaires ont besoin d'énergie pour faire entrer les éléments dans les cellules ou pour les faire sortir de ces dernières par transfert actif. Les cellules musculaires ont besoin d'énergie pour se contracter. Les spermatozoïdes utilisent de l'énergie pour se déplacer tout comme les cellules nerveuses en ont besoin pour envoyer des signaux. La plupart des cellules utilisent de l'énergie pour croître et se reproduire. Tu découvriras la reproduction cellulaire dans la prochaine section.

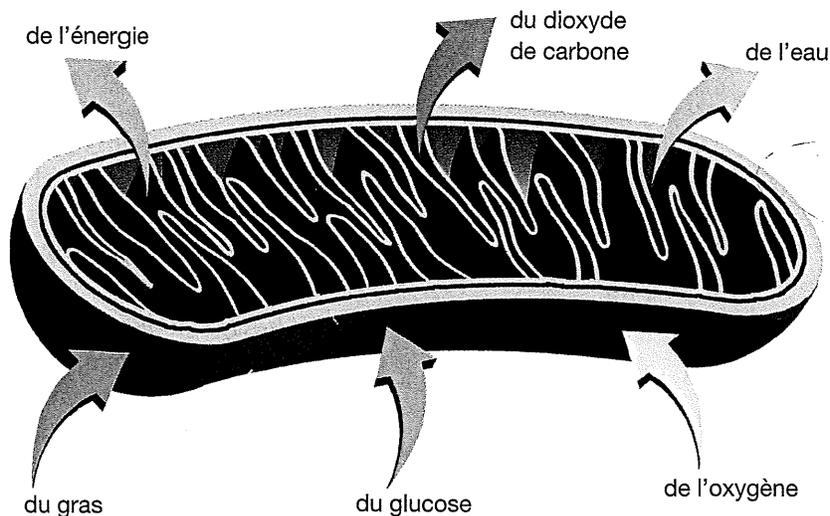


Figure 2.9 Schéma d'une mitochondrie coupée en deux. Le gras et le glucose se décomposent en plus petites particules avant d'entrer dans les mitochondries, où la respiration cellulaire a lieu.



Figure 2.8 La respiration cellulaire fournit l'énergie nécessaire pour participer à une course.

Le savais-tu?

As-tu déjà senti des raideurs dans tes muscles après avoir fait un exercice plus vigoureux que d'habitude? Tu ressens ces raideurs parce que les cellules de tes muscles ne peuvent pas obtenir l'oxygène assez rapidement pour combler leurs besoins en énergie. Par conséquent, au lieu de recourir à la respiration cellulaire pour libérer l'énergie du glucose, les cellules musculaires utilisent une réaction chimique appelée fermentation. Cette fermentation produit une substance chimique appelée acide lactique. C'est cette substance qui te donne des raideurs musculaires. Cependant, l'exercice régulier renforce tes muscles et améliore l'efficacité de ton cœur et de tes poumons. Cela t'aide à acheminer plus rapidement une plus grande quantité d'oxygène à tes cellules, ce qui réduit les risques de douleurs après l'exercice.