



POUR COMMENCER

Testez votre culture scientifique

Identifiez la bonne réponse

1. La taille des cellules:

- a. est millimétrique
- b. est micrométrique
- c. est nanométrique

2. Certaines cellules n'ont pas de:

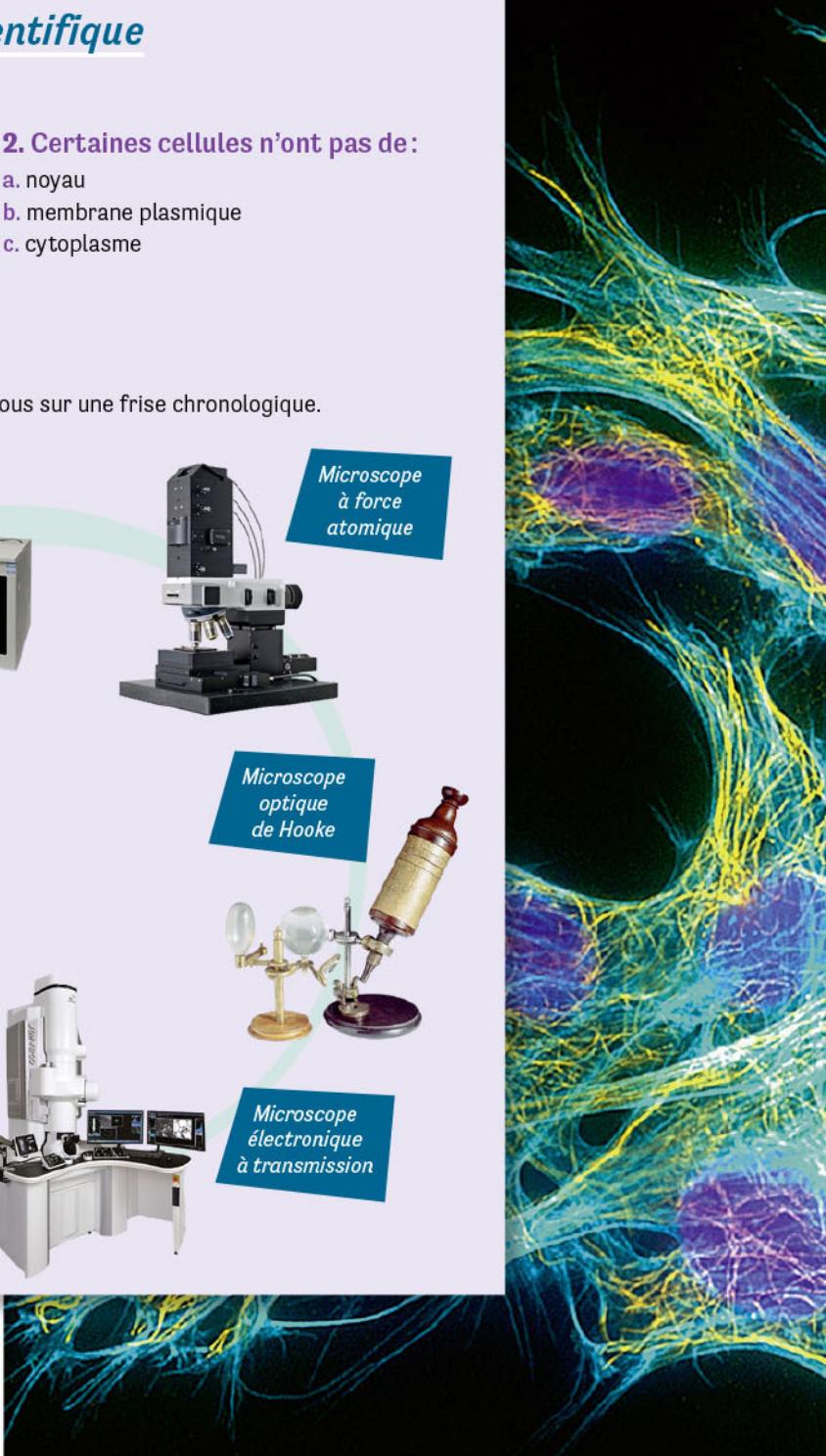
- a. noyau
- b. membrane plasmique
- c. cytoplasme

Recherches Internet

Placez l'invention des microscopes ci-dessous sur une frise chronologique.



Fibroblastes observés au microscope optique à fluorescence.
Grossissement: ×1500.



UNE STRUCTURE COMPLEXE: LA CELLULE VIVANTE



- UNITÉ 1** Les premières observations de cellules
- UNITÉ 2** La théorie cellulaire
- UNITÉ 3** La cellule au microscope optique
- UNITÉ 4** La cellule au microscope électronique
- UNITÉ 5** La structure de la membrane plasmique

Les premières observations de cellules

Il est aujourd’hui admis que les êtres vivants sont constitués d’une ou plusieurs cellules. Mais pour le découvrir, les scientifiques ont dû mettre au point des instruments permettant d’observer ces entités invisibles à l’œil nu.

Comment les cellules ont-elles été découvertes ?

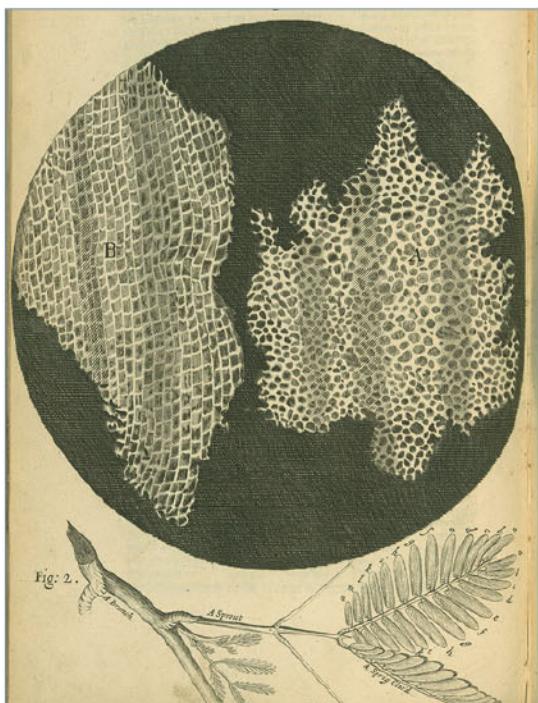
Les premières « cellules » vues au microscope



Histoire des sciences

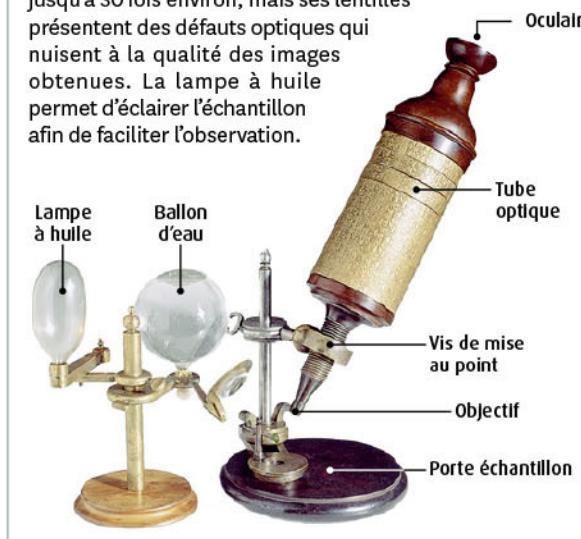
En 1665, le britannique Robert Hooke (1635-1703) publie *Micrographia*, un ouvrage dans lequel il décrit aussi bien les rotations de Mars et de Jupiter, observées à la lunette astronomique, que l’œil d’une puce et l’aspect d’une coupe de liège, observés grâce au microscope qu’il a mis au point. Hooke emploie pour la première fois le terme de « cellule » – du latin *cellula*, petite chambre – pour qualifier les cavités géométriques qu’il découvre dans le liège (doc 3). En réalité ce tissu est constitué de cellules mortes et c’est leur paroi qu’il a observée (doc 4).

DOC 1 Robert Hooke et les « cellules ».

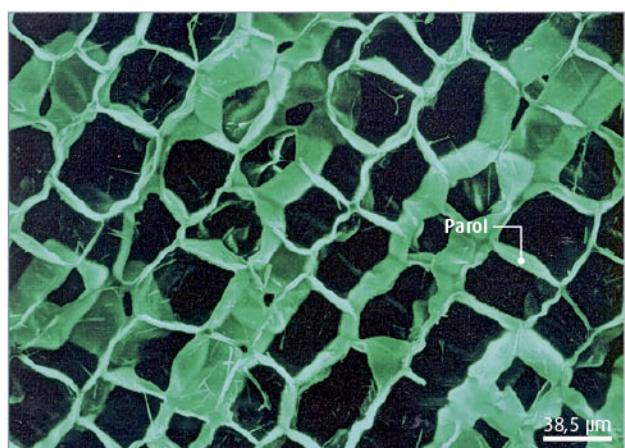


DOC 3 Dessin des premières « cellules » observées dans du liège.

Un microscope optique composé est constitué d’un assemblage de deux lentilles convexes – un oculaire et un objectif – grâce auquel on obtient une image agrandie de l’objet observé. Celui de Robert Hooke peut grossir les objets jusqu’à 30 fois environ, mais ses lentilles présentent des défauts optiques qui nuisent à la qualité des images obtenues. La lampe à huile permet d’éclairer l’échantillon afin de faciliter l’observation.



DOC 2 Reproduction du microscope de R. Hooke.



DOC 4 Liège observé au xxie siècle au microscope électronique à balayage (MEB).

La découverte des cellules vivantes

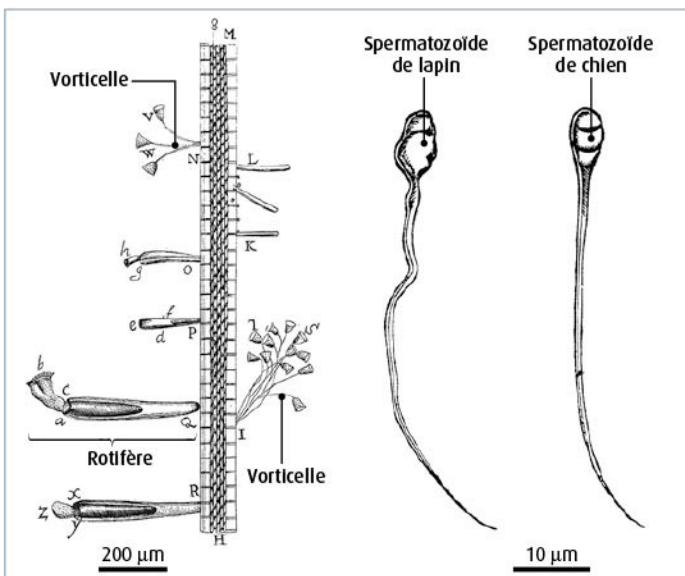


Le néerlandais Antoni Van Leeuwenhoek (1632-1723) est l'un des précurseurs de la biologie cellulaire. Drapier de profession, il utilise sans doute des loupes compte-fils, d'un pouvoir grossissant de 6 à 15, pour vérifier la qualité de ses étoffes. Il commence alors à construire lui-même des microscopes – il en fera plus de 400 – qui ne lui servent pas seulement à compter des fils mais

Histoire des sciences

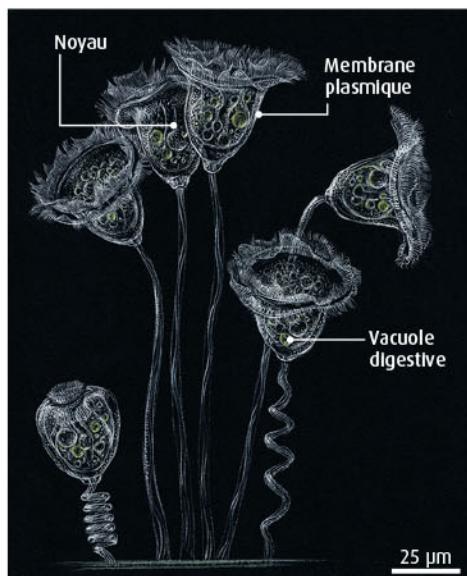
également à observer des milliers d'organismes appartenant à 217 genres différents au total. Son microscope optique simple utilise une lentille biconvexe pour grossir les objets jusqu'à 200 fois environ. Ses lentilles présentent par ailleurs très peu de défauts optiques grâce à une technique de polissage de billes de verre de très haute qualité pour l'époque, technique qu'il garda secrète.

DOC 5 Les microscopes optiques d'Antoni Van Leeuwenhoek.

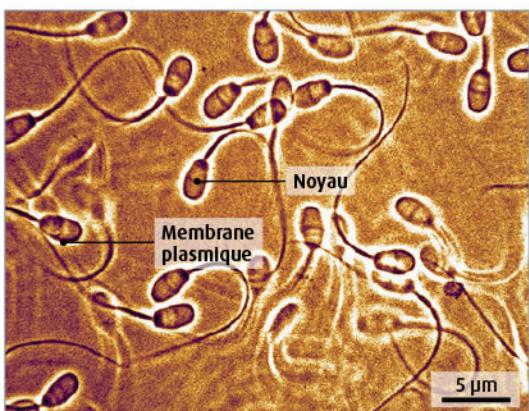


DOC 6 Dessins d'observation réalisés par Leeuwenhoek.

Les vorticelles et les rotifères sont des microorganismes d'eau douce. Les vorticelles sont constituées d'une unique cellule, tout comme les spermatozoïdes, alors que les rotifères sont des organismes pluricellulaires.



DOC 7 Dessin actuel de vorticelles.



DOC 8 Spermatozoïdes de lapin observés au microscope.

ACTIVITÉ GUIDÉE

- Déterminez les caractéristiques des structures mises en évidence par Hooke et Leeuwenhoek (DOCS 3 ET 6).
- Confrontez-les aux caractéristiques observables sur les dessins et photos d'observations microscopiques actuels (DOCS 4, 7 ET 8).
- Estimez la taille des cellules et organismes observés en utilisant les échelles (DOCS 4, 7 ET 8).
- Expliquez quelles conditions ont permis à Hooke et Leeuwenhoek de réaliser ces observations, ainsi que la différence de précision entre leurs observations (DOCS 1, 2 ET 5).

La théorie cellulaire

Si les savants du XVII^e siècle ont observé et décrit la cellule, ils ne proposent pas encore l'idée qu'il s'agirait de l'unité élémentaire des êtres vivants.

Comment la description des cellules a-t-elle amené à établir la théorie cellulaire ?

Construction de la théorie

Histoire des sciences

1838 Le botaniste allemand Jakob Schleiden, qui étudie les cellules de tissus végétaux, observe dans chaque cellule un noyau qu'il décrit comme «un organe élémentaire spécifique et sans doute universel des végétaux».

1839 • Le zoologiste allemand Theodor Schwann multiplie les observations montrant que, comme les cellules végétales, les cellules animales contiennent un noyau. Il en déduit «qu'il existe un principe général de construction pour toutes les productions organiques; et ce principe de construction est la formation de la cellule». Les deux premiers principes de la théorie cellulaire sont posés: la cellule, unité vivante, est l'unité de base du vivant et tous les êtres vivants sont constitués d'une ou plusieurs cellules.

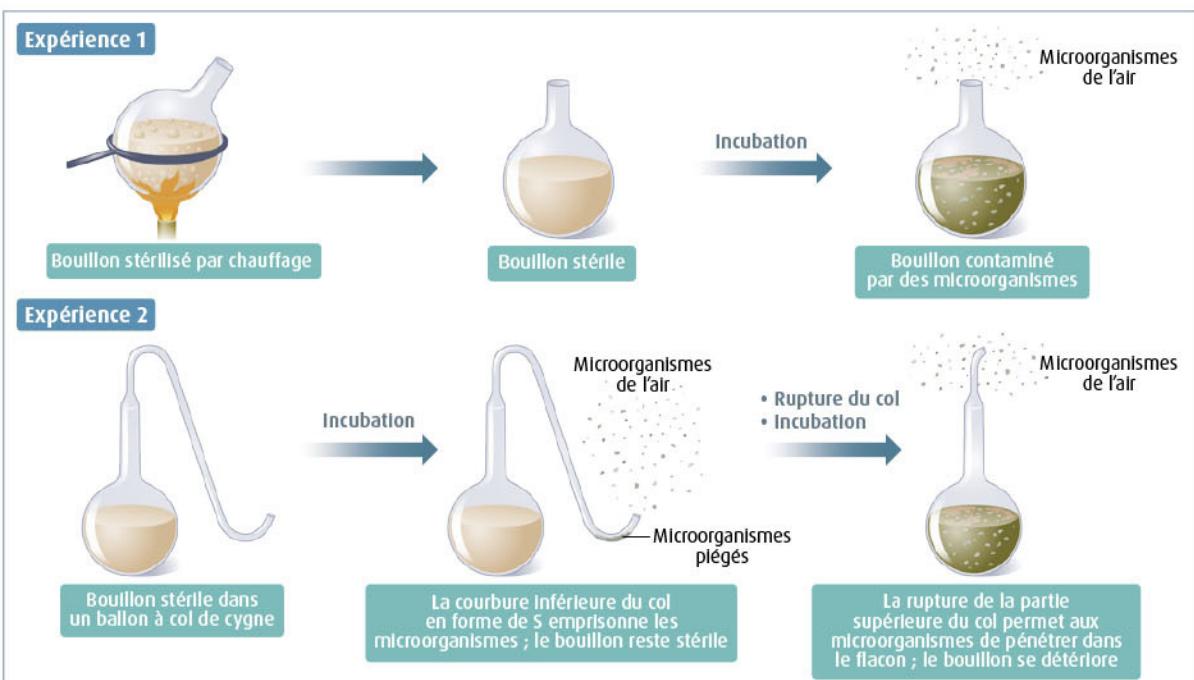
• L'une des questions qui se pose est celle de l'origine des cellules. Pour Schleiden et Schwann, les cellules naissent

à l'intérieur ou à l'extérieur de cellules existantes à partir de substance organique. C'est l'hypothèse de la génération spontanée.

1852 L'embryologiste Robert Remak publie ses travaux d'observation d'embryons animaux, dans lesquels il conclue que les cellules se forment par division de cellules existantes. C'est le troisième principe de la théorie cellulaire, qui sera popularisé par Rudolf Virchow en 1855, au travers d'un aphorisme demeuré célèbre: *omnis cellula e cellula* (toute cellule naît d'une cellule).

1859-1864 La théorie de la génération spontanée est invalidée par Louis Pasteur au terme de la controverse qui l'oppose à Félix-Archième Pouchet à l'Académie des sciences. Pour cela, il aura recours, entre autres, à l'expérience des ballons à col de cygne (voir doc 2).

DOC 1 Chronologie de l'élaboration de la théorie cellulaire.



DOC 2 L'expérience des ballons à col de cygne de Pasteur. Le bouillon est un milieu liquide qui contient des substances organiques permettant le développement de microorganismes.

Critique de la théorie



Guillaume Lecointre, Professeur du Muséum National d'Histoire Naturelle

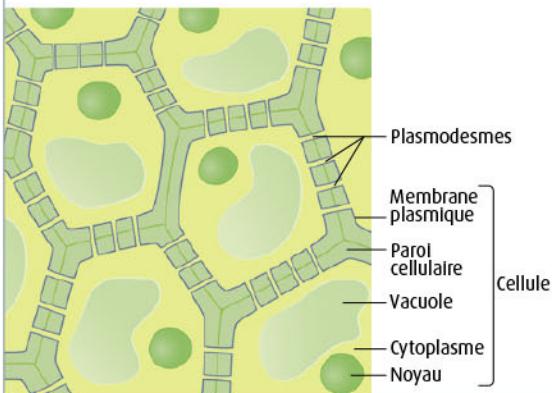
Pour examiner la scientifcité d'une théorie, il faut se poser six questions. Tout d'abord, la théorie est-elle tenue pour vraie d'avance? Une démarche scientifique ne peut s'initier que sur un scepticisme initial concernant les faits, et non sur des convictions déjà forgées. Ensuite, cette théorie s'intéresse-t-elle à des choses qui existent indépendamment de nous? La science est méthodologiquement réaliste au sens où ses objets d'étude existent matériellement, indépendamment de notre perception. Puis, la théorie présente-t-elle

Les règles de la science

des fautes de logique? En effet, les méthodes scientifiques mettent toujours en œuvre la rationalité de l'observateur. Il faut ensuite se demander si la théorie fait appel à des entités immatérielles, comme des esprits, des anges, ou Dieu par exemple, car la science observe un matérialisme méthodologique. Cinquième question, celle de la transparence des procédures, le culte du secret ou la fascination pour l'occulte étant contraire à l'esprit scientifique. Enfin, il faut vérifier si toutes les données pertinentes disponibles à l'époque ont bien été prises en compte. En sciences, on ne fait pas son marché dans les données en négligeant celles qui nous contrarient.

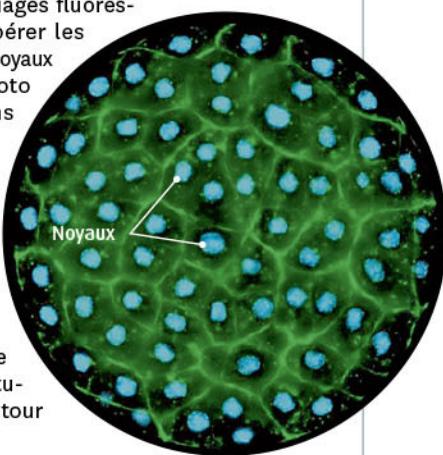
DOC 3 Les critères d'une théorie scientifique.

Le biologiste britannique Thomas Huxley (1825-1895) s'oppose à l'idée que les cellules puissent être les unités élémentaires du vivant car chez la plupart des végétaux, elles sont interconnectées, notamment par des plasmodesmes, et donc interdépendantes. Les plasmodesmes sont des canaux qui traversent les parois cellulaires des plantes et constituent les voies de passage de l'eau et des solutés.



DOC 4 Les plasmodesmes, connecteurs de cellules.

L'existence de cellules pluri-nucléées (à plusieurs noyaux) est un objet de débat dans le cadre de la théorie cellulaire. Ainsi, *Sphaeroforma arctica* est un être vivant unicellulaire mais qui peut former des cellules «géantes» comportant jusqu'à 128 noyaux avant de se séparer en nouvelles cellules uninucléées (avec un seul noyau). Grâce à des marquages fluorescents, on peut repérer les parois en vert et les noyaux en bleu sur la photo ci-contre. Certains scientifiques ont proposé de prendre comme unité de base pour les cellules eucaryotes (qui possèdent un noyau), le «corps cellulaire», structure associant le noyau et les microtubules (filaments autour du noyau).



DOC 5 Des cellules à plusieurs noyaux.

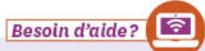
TÂCHE COMPLEXE

Mission

Vous devez analyser le caractère scientifique de la théorie cellulaire.

Pistes de réalisation

- Réalisez une présentation orale par groupe de 3 ou 4 élèves.
- Dans cette présentation :
 - vous retracerez les grandes étapes de la construction de la théorie cellulaire ;
 - vous utiliserez ce contexte historique pour vérifier qu'il s'agit bien d'une théorie scientifique ;
 - vous exposerez ses limites.

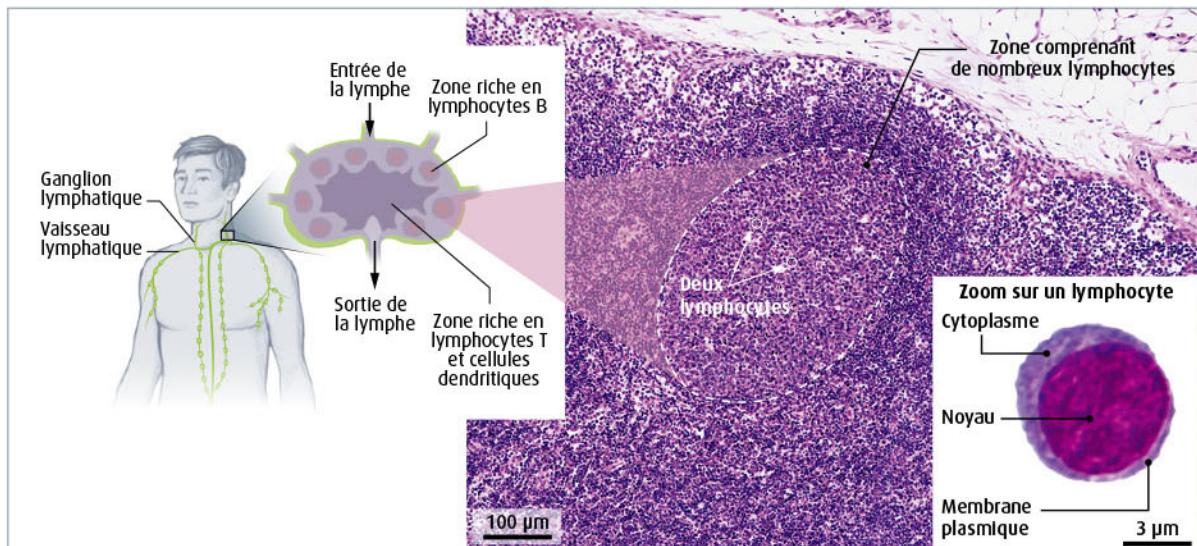


La cellule au microscope optique

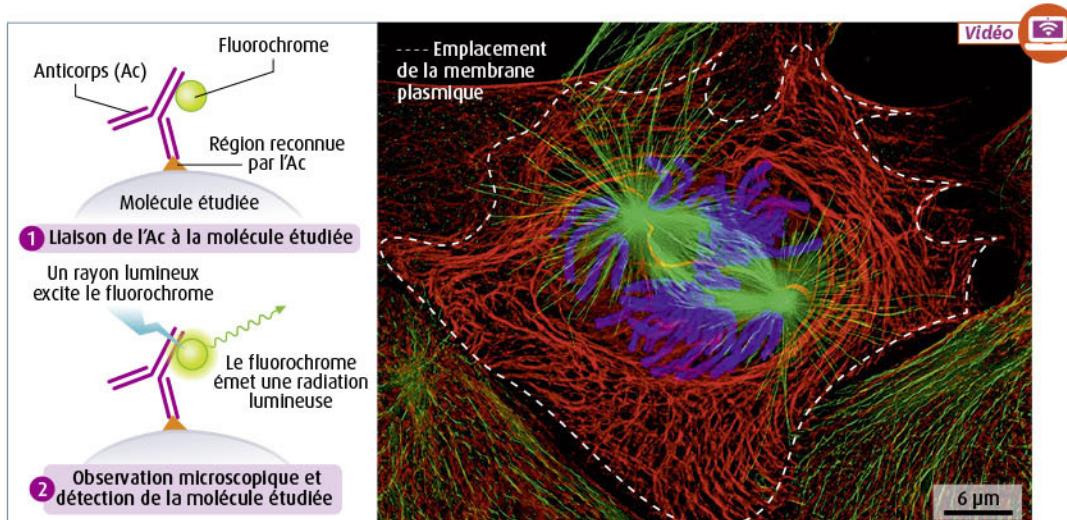
La théorie cellulaire, c'est-à-dire le fait que la cellule est l'unité de base de tous les êtres vivants a été admise à la fin du XIX^e siècle.

Depuis, les biologistes continuent d'observer les cellules au microscope.

Comment les progrès de la microscopie ont-ils permis d'améliorer nos connaissances sur les cellules ?

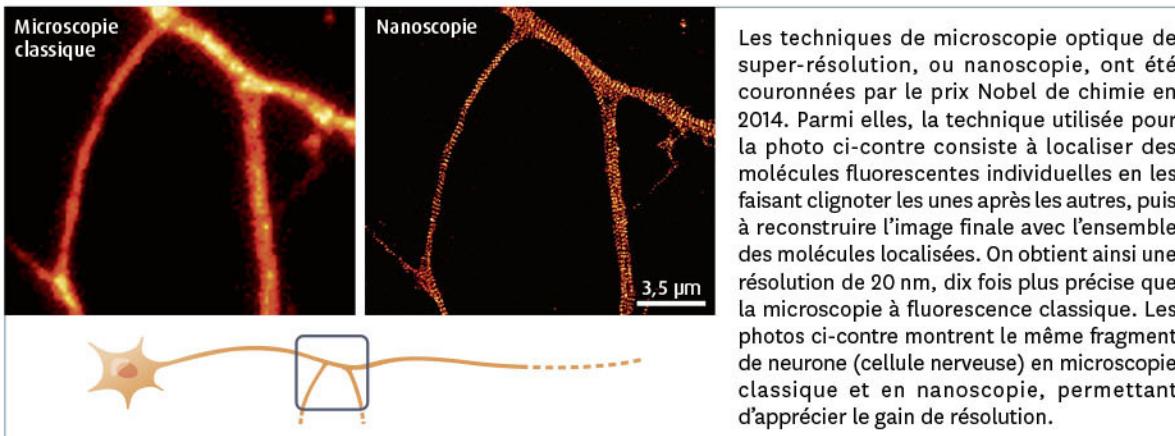


DOC 1 Portion de ganglion lymphatique et lymphocyte observés au microscope optique (MO). Les ganglions lymphatiques ont des organes où des cellules circulant dans la lymphe et provenant d'un site infecté (cellules dendritiques) rencontrent les lymphocytes et les activent, ce qui déclenche une réponse immunitaire adaptative. Le pouvoir de résolution d'un MO classique (distance minimale devant séparer deux points pour qu'ils soient discernables) est d'environ 200 nm.



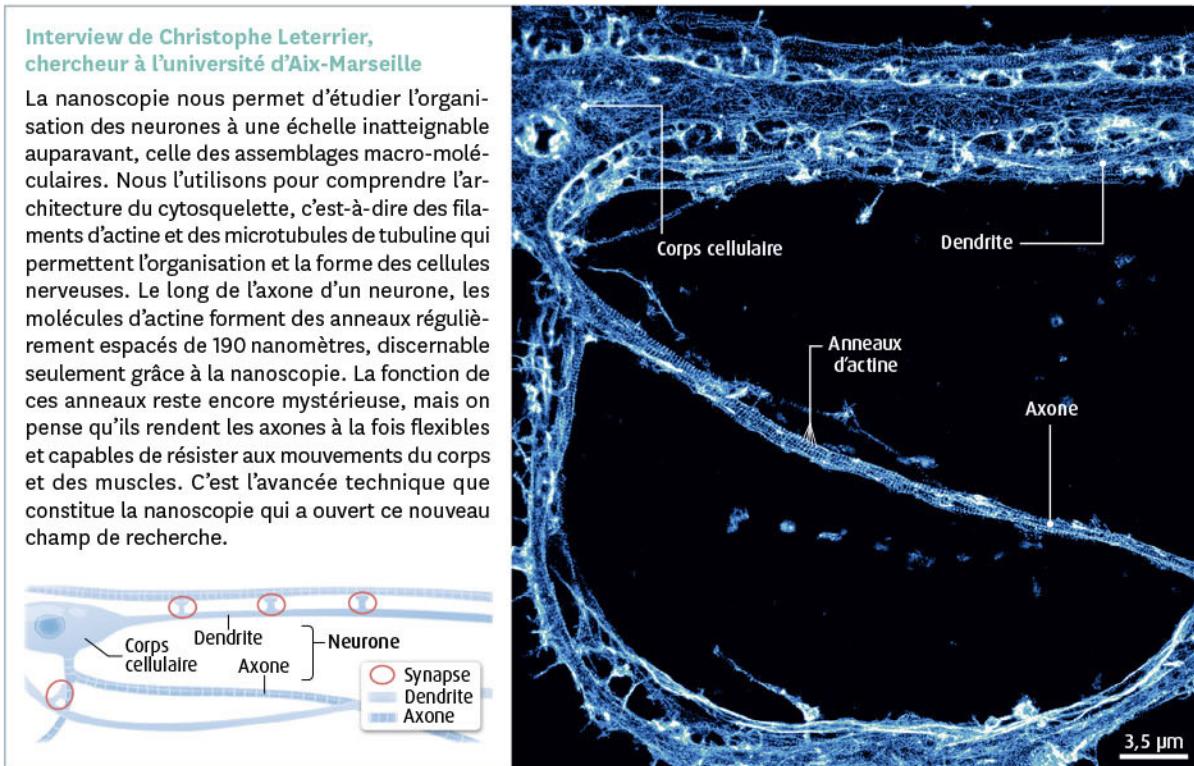
DOC 2 Cellule d'amphibiens observée au MO à fluorescence pendant la division cellulaire.

Une molécule fluorescente émet une radiation lumineuse quand on l'éclaire avec des radiations qu'elle peut absorber. Ici, la cellule a été traitée avec deux anticorps fluorescents. L'un émet une couleur verte et reconnaît les molécules de tubuline, qui forment des câbles tirant les chromosomes (en violet). L'autre émet une couleur rouge et reconnaît les molécules d'actine, qui forment des filaments dans le cytoplasme.



Les techniques de microscopie optique de super-résolution, ou nanoscopie, ont été couronnées par le prix Nobel de chimie en 2014. Parmi elles, la technique utilisée pour la photo ci-contre consiste à localiser des molécules fluorescentes individuelles en les faisant clignoter les unes après les autres, puis à reconstruire l'image finale avec l'ensemble des molécules localisées. On obtient ainsi une résolution de 20 nm, dix fois plus précise que la microscopie à fluorescence classique. Les photos ci-contre montrent le même fragment de neurone (cellule nerveuse) en microscopie classique et en nanoscopie, permettant d'apprécier le gain de résolution.

DOC 3 Principe de la nanoscopie.



DOC 4 Une découverte récente permise par la nanoscopie.

TÂCHE COMPLEXE

Mission

Vous répondrez à la question de l'unité sous la forme d'un tableau où vous comparerez les différents types de microscopie présentés.

Pistes de réalisation

- Votre tableau permettra de comparer, pour chaque technique de microscopie : la technique, la date de mise au point, la résolution, l'échelle des structures observables (organe, organites, molécules).
- Vous préciserez, pour chaque photographie, la taille réelle des structures à l'aide des indications d'échelle.

Besoin d'aide ?

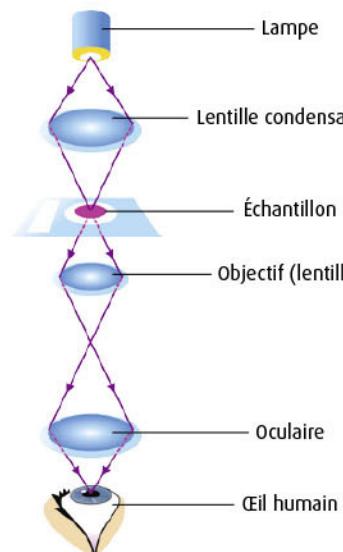


La cellule au microscope électronique

Les années 1950 ont vu naître un nouveau type de microscopes : les microscopes électroniques.

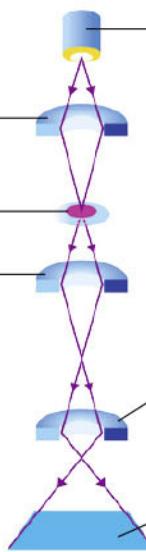
Qu'a apporté la microscopie électronique à nos connaissances sur les cellules ?

Microscope optique



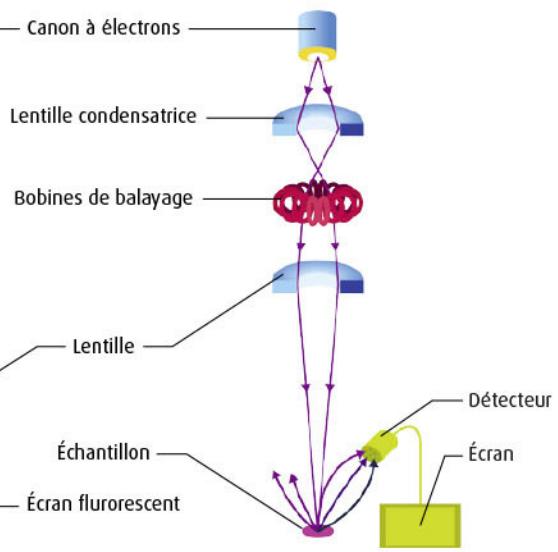
Résolution maximale
200 nm

Microscope électronique à transmission



Résolution maximale
0,1 nm

Microscope électronique à balayage



Résolution maximale
1 nm

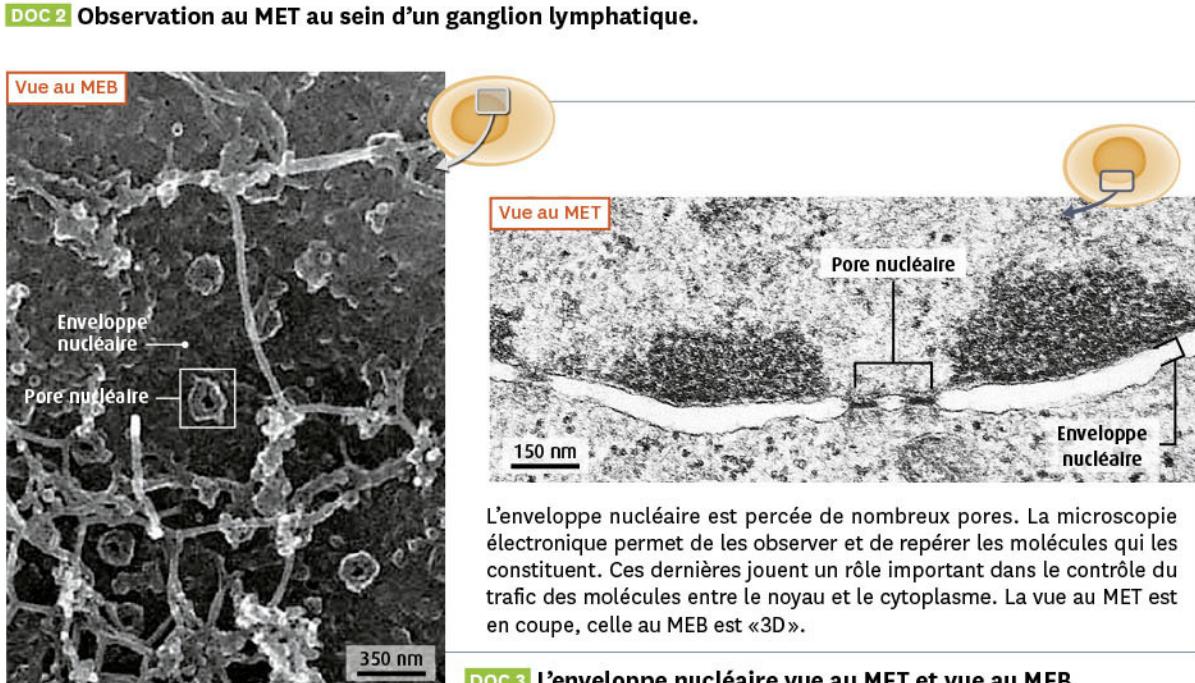
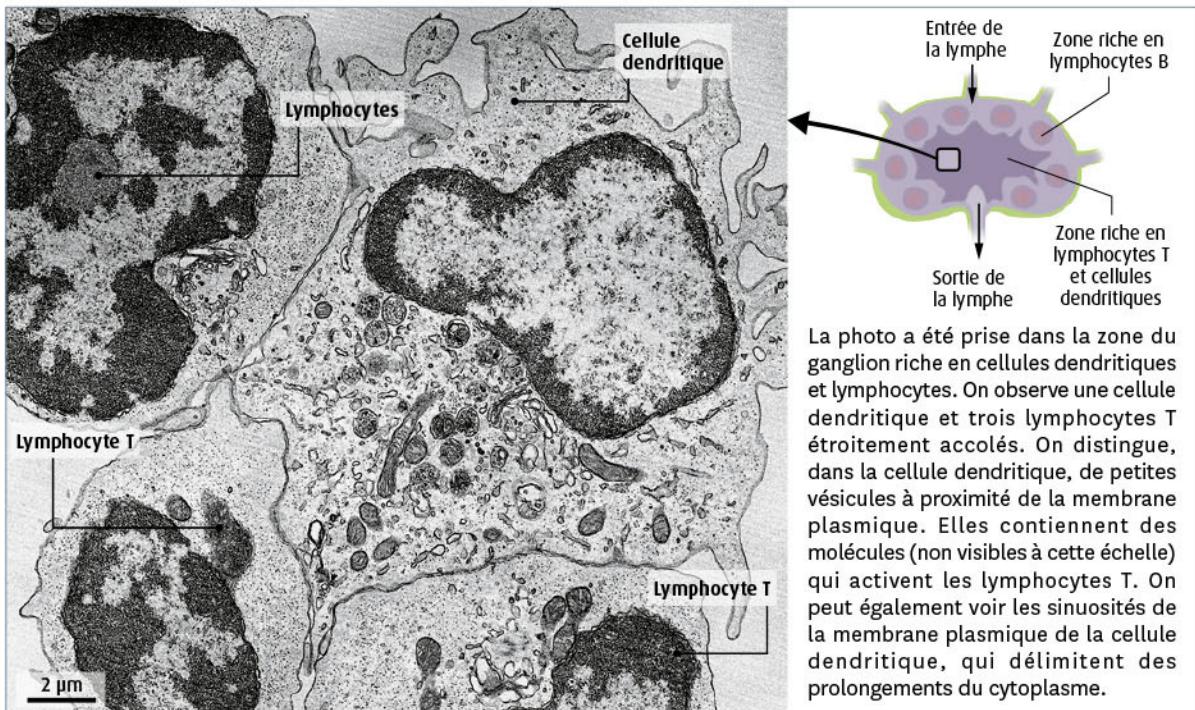
Dans le microscope optique, l'échantillon est soumis à un flux de photons provenant d'une source de lumière. Celui-ci passe ensuite par deux lentilles en verre : un objectif et un oculaire, qui vont permettre de former une image dans l'œil humain. Le MET, mis au point dans les années 1950, remplace les photons par des électrons, et les lentilles en verre par des lentilles électromagnétiques. Lorsque le rayonnement électronique traverse l'échantillon, il est modifié par des phénomènes physiques : réflexion, diffraction, réfraction. Une partie de ce rayonnement est ensuite dirigé vers un écran pour y former une image. La qualité de l'image est améliorée lors du passage au travers d'autres lentilles.

Dans le MEB, un faisceau d'électrons balaye l'échantillon qui a été au préalable recouvert d'une fine couche de métal. Cela permet à l'échantillon de réemettre les électrons qui l'atteignent, qui sont alors captés par un détecteur afin de reconstituer une image 3D de sa surface.

Le pouvoir de résolution R d'un microscope (distance minimale séparant deux points discernables) est proportionnel à la longueur d'onde du rayonnement. Cette dernière est de 0,004 nm minimum pour un rayonnement électronique.



DOC 1 Principes comparés du microscope optique (MO), du microscope électronique à transmission (MET) et du microscope électronique à balayage (MEB).



TÂCHE COMPLEXE

Mission

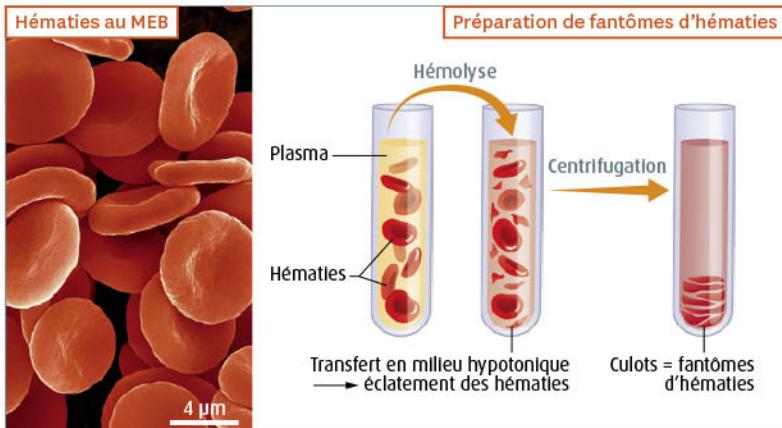
Vous répondrez à la question de l'unité en complétant le tableau réalisé dans l'unité précédente.

Besoin d'aide ?

La structure de la membrane plasmique

Les cellules sont séparées du milieu extérieur par une barrière : la membrane plasmique.

Quelle est la structure de la membrane plasmique ?

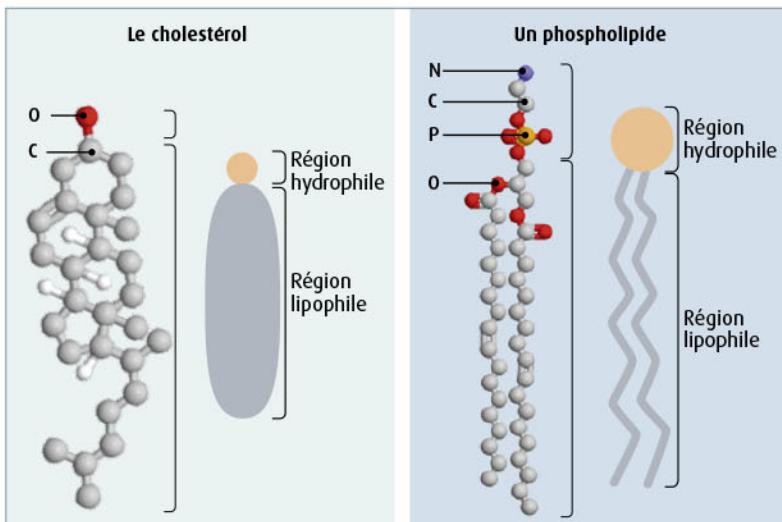


DOC 1 Les hématies, matériel de choix pour étudier la membrane plasmique. À partir de ces cellules dépourvues de noyau et d'organites, on récupère des membranes plasmiques pures (fantômes d'hématies). En 1926, on montre ainsi que la membrane plasmique des hématies contient 50 % de lipides et 50 % de protéines. On sait aujourd'hui que ces proportions varient selon les membranes étudiées.

Numéro d'échantillon	Animal	Quantité de sang utilisé (g)	Surface totale des membranes plasmiques (m^2)	Surface occupée par tous les lipides des membranes (m^2)
1	Chien	40	31,3	62
2		10	6,2	12,2
3	Mouton	10	2,95	6,2
4		9	2,65	5,8
5	Lapin	10	5,46	9,9
6		10	5,46	8,8
7		0,5	0,27	0,54

Histoire des sciences

DOC 2 L'expérience de E. Gorter et F. Grendel. En 1924, Gorter et Grendel extraient les lipides de fantômes d'hématies de différentes espèces et les déposent dans une cuve remplie d'eau. Les lipides s'étalent sur l'eau et la surface qu'ils occupent est calculée.

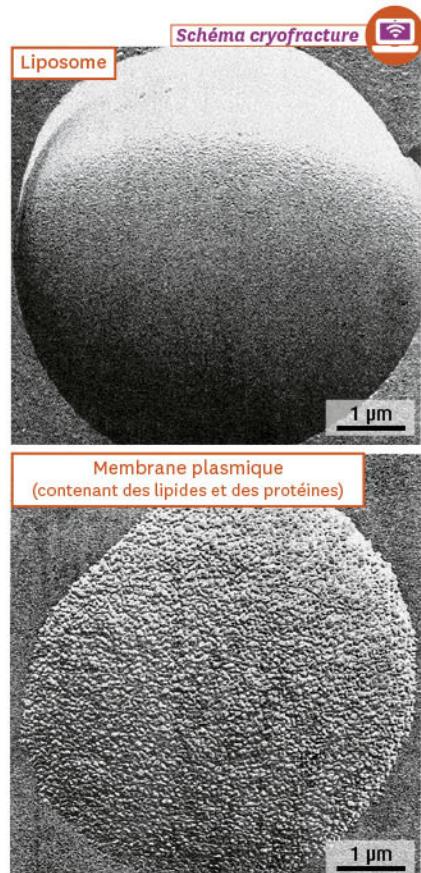


[Images JSmol](#)

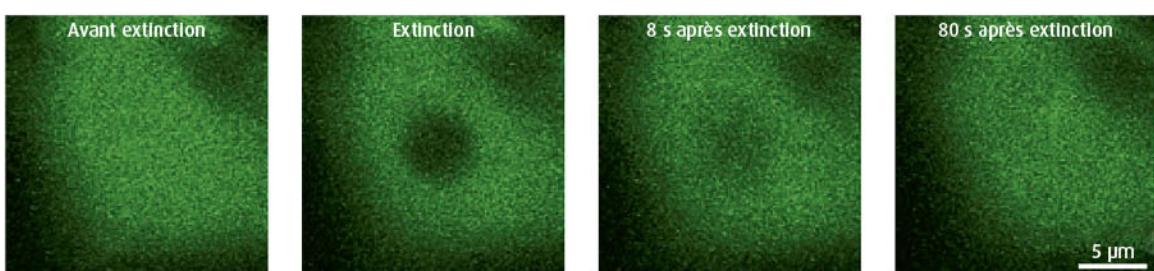
DOC 3 Modèle moléculaire et schématisation de deux lipides membranaires. La partie hydrophobe (ou lipophile) évite le contact avec l'eau, au contraire de la partie hydrophile. Une région hydrophile d'une molécule s'associe préférentiellement avec une région hydrophile d'une autre molécule. Une région lipophile d'une molécule s'associe préférentiellement avec une région lipophile d'une autre molécule. Ces associations se font par des liaisons chimiques faibles (moins stables que les liaisons covalentes).



DOC 4 L'apport des liposomes. En 1965, on extrait des lipides membranaires puis les place en milieu aqueux tout en agitant le milieu. On observe qu'ils s'organisent en structures appelées liposomes : ces vésicules sont délimitées par une membrane, comme l'est la cellule par la membrane plasmique.



DOC 5 L'apport de la cryofracture. Cette technique, mise au point dans les années 50, consiste à congeler puis fracturer l'échantillon à -96 °C. La fracture passe le plus souvent dans le plan de la membrane. Une réplique métallique de la surface est réalisée puis observée au MET.



DOC 6 L'apport de la technique de FRAP («Fluorescence Recovery After Photoextinction»). Une protéine membrinaire est «étiquetée» grâce à une substance fluorescente, la GFP. On peut détruire cette étiquette fluorescente sur une petite zone sans altérer la membrane grâce à un faisceau laser puissant. Les résultats présentés permettent de suivre la localisation dans la membrane des protéines «étiquetées» au cours du temps. Sur la base d'expériences de ce type et d'autres données, en 1972, Singer et Nicolson ont proposé un modèle de l'architecture membrinaire, qu'ils ont qualifié de mosaïque fluide.

ACTIVITÉ GUIDÉE

1. Montrez quels constituants permettent à la membrane plasmique de constituer une limite entre deux milieux aqueux (docs 1 à 4).
2. Proposez un modèle de l'organisation des lipides dans la membrane plasmique (doc. 4).
3. Analysez les résultats expérimentaux (doc. 5) pour en déduire la localisation des protéines au sein des membranes biologiques.
4. À partir de ces résultats (doc. 5) et de ceux de la technique de FRAP (doc. 6), argumentez l'expression «mosaïque fluide» utilisée pour l'architecture de la membrane plasmique.
5. Complétez votre schéma pour en faire un modèle de l'architecture de la membrane plasmique.

UNE STRUCTURE COMPLEXE : LA CELLULE VIVANTE



1. Des premières observations de cellules à la théorie cellulaire > UNITÉS 1 ET 2

- Au xvii^e siècle, la mise au point des premiers microscopes a permis les premières observations de **cellules**. Elles apparaissent comme de petits compartiments délimités par une membrane et possédant, pour certaines, un noyau.
- Au xix^e siècle, la multiplication des observations conduit à l'idée que tout être vivant est constitué d'une ou plusieurs cellules, et les travaux de plusieurs scientifiques démontrent que toute cellule provient d'une autre cellule par division. La cellule apparaît être l'unité de base du vivant : les principes élémentaires de la **théorie cellulaire** sont établis.

2. L'exploration de la cellule au microscope > UNITÉS 3 ET 4

- Le perfectionnement des techniques de **microscopie optique** au cours du xx^e siècle a permis d'atteindre une résolution de 200 nm : l'étude des organites des cellules eucaryotes (possédant un noyau) est rendue possible. Avec les techniques les plus récentes, on atteint une résolution de 20 nm.
- L'**immunofluorescence** (utilisée depuis 1950) permet de localiser et de suivre le déplacement de molécules spécifiques au sein de la cellule.
- Dans les années 1950, la mise au point du **microscope électronique à transmission** (résolution : 0,1 nm) et du microscope électronique à balayage a permis des observations à l'échelle moléculaire : les connaissances sur la structure fine des organites, sur l'arrangement des molécules ont ainsi largement progressé.

3. La structure de la membrane plasmique > UNITÉ 5

- La **membrane plasmique** est constituée d'un assemblage de lipides et de protéines. Les lipides s'associent en une bicouche au sein des membranes. Leur région **hydrophile** se place au contact des molécules d'eau du milieu, et leur région **hydrophobe** (ou lipophile) se retrouve au cœur des membranes.
- Les observations au microscope électronique montrent que les protéines sont intégrées à la double couche de lipides. Elles possèdent des régions hydrophobes qui permettent leur insertion dans les membranes.
- Les constituants membranaires sont mobiles : la membrane plasmique est donc une **mosaïque lipo-protéique fluide**.

Les mots-clés du chapitre

Cellule • Hydrophile • Hydrophobe • Immunofluorescence • Membrane plasmique • Microscope électronique • Microscope optique • Mosaïque fluide • Théorie cellulaire

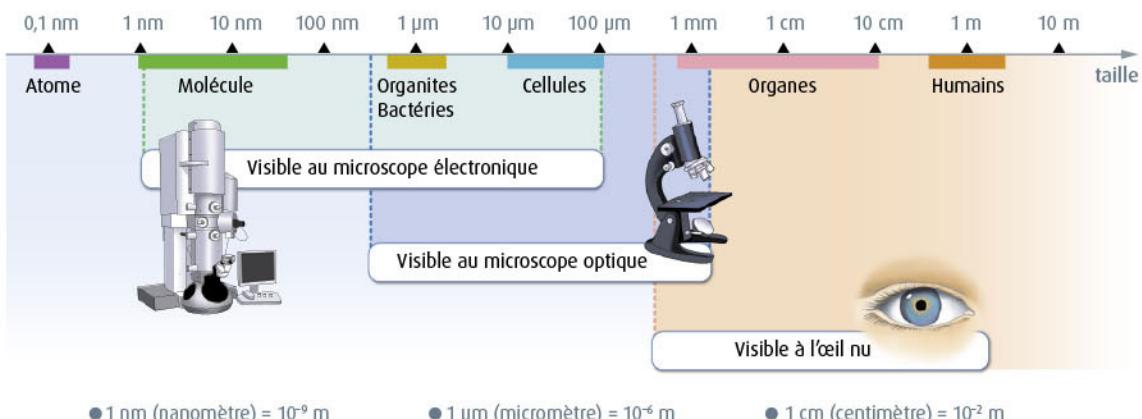
► Lexique p. 251

l'essentiel par l'image

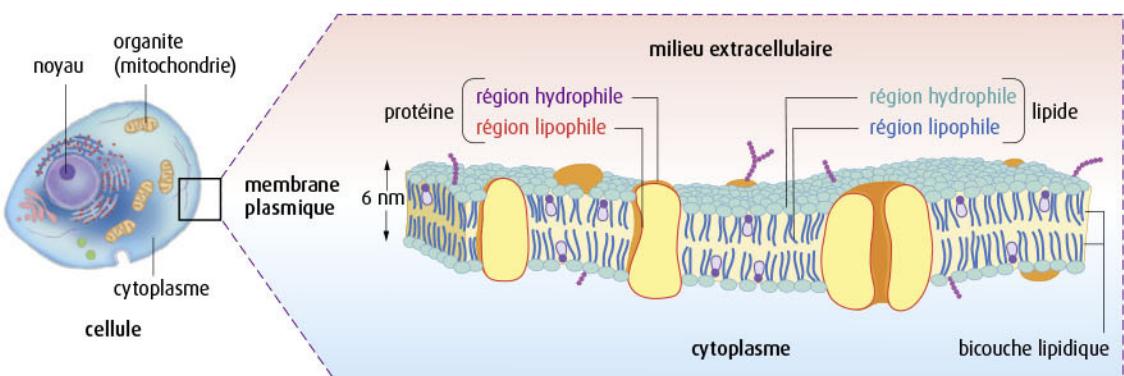
Des progrès techniques à la construction des savoirs

Époque	Technique microscopique	Grossissement	Pouvoir de résolution	Savoir construit
XVI ^e siècle et XVII ^e siècle	Invention du microscope optique	×30 à ×200	Quelques dizaines de μm	Découverte de la cellule
XIX ^e siècle	Amélioration du microscope optique	×1000	Quelques μm	Théorie cellulaire
Années 1950 ↓ Aujourd'hui	Invention du microscope électronique	Plusieurs centaines de milliers de fois	0,1 nm	• Organisation de la cellule et des organites
	Perfectionnement des microscopes optiques		200 nm	• Lien entre échelle moléculaire et cellulaire
Aujourd'hui	Microscopie optique à haute résolution		20 nm	• Structure et dynamique des constituants cellulaires

De l'organisme aux atomes



La membrane plasmique



Tester ses savoirs

1 Vrai/Faux

Identifiez les affirmations fausses et corrigez-les.

- a. Les cellules animales ont une taille de l'ordre de 500 µm.
- b. Le microscope optique classique permet de distinguer deux structures distantes de 0,1 nm.

c. Certains microscopes optiques ont un pouvoir de résolution de 20 nm.

d. Le microscope électronique permet de grossir une image plusieurs centaines de milliers de fois.

2 QCM

Pour chaque proposition, identifiez la bonne réponse.

1. Les premières observations de cellules :

- a. ont été effectuées au xiv^e siècle
- b. ont permis de proposer que tout organisme vivant est constitué de cellules
- c. sont liées à certaines avancées technologiques
- d. sont liées à la réfutation de la théorie de la génération spontanée

2. La membrane plasmique :

- a. présente une épaisseur de 7 µm
- b. est constituée de lipides et de protéines en couches superposées
- c. est constituée d'une mosaïque de lipides et de glucides
- d. est présente autour de toutes les cellules vivantes

3. La théorie cellulaire :

- a. comprend trois principes
- b. a été admise sans contestation
- c. stipule que les cellules naissent par génération spontanée
- d. se résume à l'aphorisme «toute cellule naît d'une cellule»

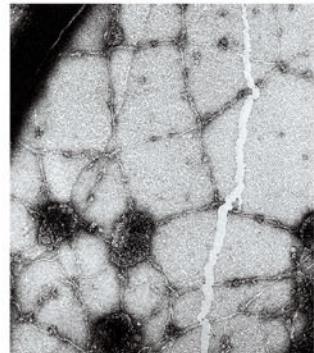
4. La structure de la membrane plasmique :

- a. est due au caractère hydrophile des molécules qui la constituent
- b. est due au caractère lipophile des molécules du cytoplasme
- c. est liée aux interactions entre ses constituants et les molécules d'eau qui l'environnent
- d. est qualifiée de mosaïque fluide car elle est riche en eau

5. L'image ci-dessous a été prise chez un être vivant au microscope électronique à transmission.

Le grossissement est de 70 000. Elle montre:

- a. un ensemble de cellules
- b. une cellule entière
- c. une ou des molécules
- d. des noyaux et des électrons



3 Question de synthèse

Montrez que la structure des lipides membranaires leur confère des propriétés impliquées dans la structure de la membrane plasmique. Votre réponse prendra la forme d'un schéma légendé.

● Critères de réussite

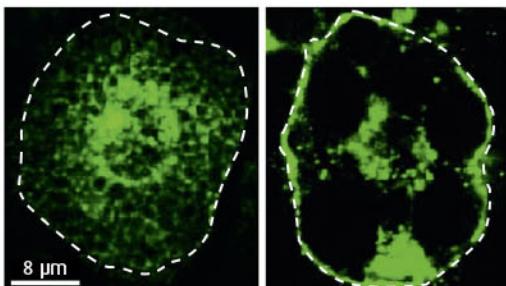
- ✓ J'ai montré que les lipides membranaires possèdent une région hydrophile et une région lipophile.
- ✓ J'ai montré que les lipides sont associés en une bicouche au sein des membranes.
- ✓ J'ai indiqué une échelle et légendé les structures représentées.
- ✓ J'ai fait le lien entre l'organisation des molécules, leurs propriétés et la constitution de la membrane en milieu aqueux.

4 Comparer des données et raisonner**Visualisation de l'influence de l'insuline sur une protéine**

La GFP (Green Fluorescent Protein) est une protéine produite par une méduse. Elle émet une fluorescence verte quand on l'excite avec une lumière bleue. Depuis les années 1990, on peut fusionner la GFP avec une autre protéine, puis repérer la protéine hybride obtenue sous le microscope grâce à sa fluorescence. Des chercheurs ont fusionné la GFP avec une protéine appelée GLUT. Lorsqu'elle est insérée dans la membrane plasmique, GLUT permet l'entrée du glucose, présent dans le milieu extracellulaire, dans certaines cellules humaines. Les chercheurs ont observé la protéine hybride obtenue dans des cellules cultivées avec ou sans insuline. L'insuline est une hormone qui favorise l'absorption du glucose sanguin par les cellules qui y sont sensibles.



DOC 1 Méduse dont est extraite la GFP.



DOC 2 Cellule cultivée sans insuline (gauche) et avec insuline (droite).

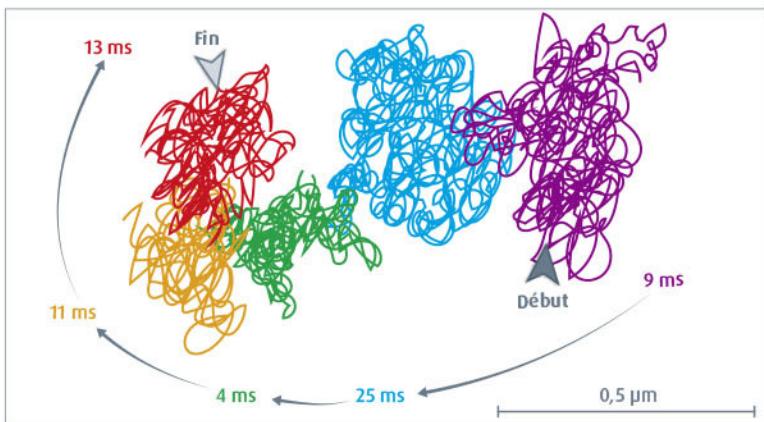
--- Emplacement de la membrane plasmique (en blanc sur les photos).

QUESTIONS

- Décrivez la répartition de la protéine en l'absence ou en présence d'insuline.
- Formulez une hypothèse à propos de l'effet de l'insuline sur GLUT.
- Expliquez en quoi la GFP est un outil précieux pour étudier les protéines cellulaires.

5 Analyser des données**Parcours d'un phospholipide dans la membrane plasmique**

On peut aujourd'hui suivre le déplacement d'une seule molécule dans la membrane plasmique d'une cellule vivante. On a suivi le déplacement d'un phospholipide dans la membrane plasmique. Les temps indiquent les durées passées dans les différentes zones (repérées par des couleurs différentes).

**AIDE**

- Décrivez le parcours de la molécule.

QUESTION

Indiquez quelle(s) propriété(s) de la membrane plasmique cette expérience permet de mettre en évidence.

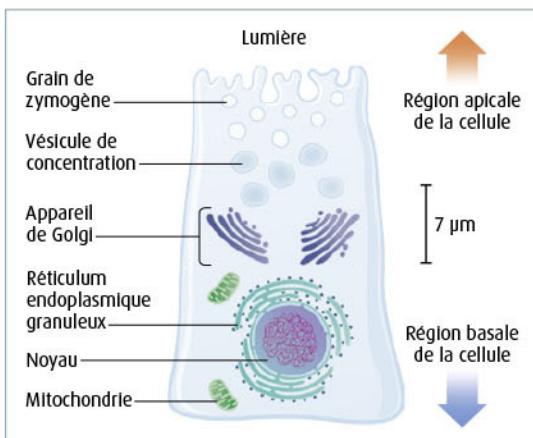
DOC 1 Le parcours d'un phospholipide dans une membrane, reconstitué à partir de données expérimentales.

6 Mettre en relation des documents, calculer et raisonner

L'autoradiographie

En 1974, G. Palade reçoit le prix Nobel avec A. Claude et C. de Duve pour ses travaux sur la structure et le fonctionnement de la cellule. C'est après avoir assisté à une conférence d'A. Claude sur la microscopie électronique, qu'il rejoint le laboratoire de ce dernier, convaincu de la puissance de cette technique. En 1967, Palade veut comprendre la localisation des étapes de fabrication d'enzymes (des protéines) dans les cellules acineuses du pancréas. Ces enzymes sont ensuite sécrétées vers l'intestin. Palade fournit aux

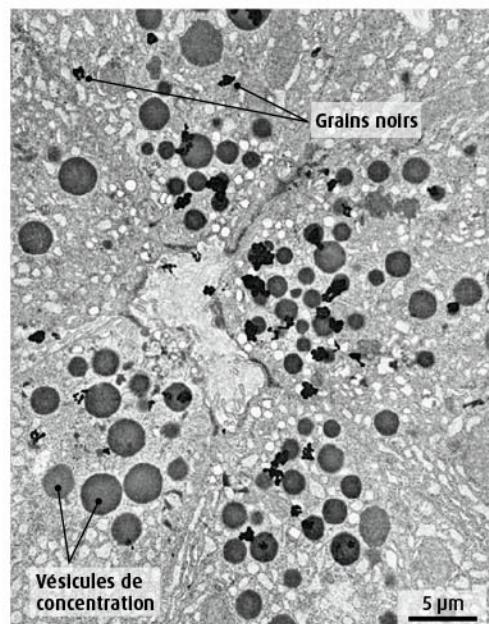
cellules des acides aminés radioactifs pendant 3 minutes. Toutes les protéines fabriquées durant cette période sont radioactives. Puis il cultive les cellules avec des acides aminés non radioactifs pendant un temps variable. À l'issue de ce temps, les cellules sont photographiées. L'endroit où les protéines radioactives sont localisées peut être visualisé parce que la radioactivité provoque la formation de grains noirs sur le film photographique. Cette technique est appelée autoradiographie.



DOC 1 Représentation schématique d'une cellule acineuse du pancréas.

Localisation	Temps de culture (en minutes)					
	3	10	20	40	60	120
Réticulum endoplasmique granuleux	86,3	43,7	37,6	24,3	16,0	20,0
Appareil de Golgi	2,7	43,0	37,5	14,9	11,0	3,6
Vésicules de concentration	1,0	3,8	19,5	48,5	35,8	7,5
Grains de zymogène	3,0	4,6	3,1	11,3	32,9	58,6
Lumière de l'acinus	0	0	0	0	2,9	7,1
Autre	7,0	4,9	2,3	1,0	1,4	3,2

DOC 3 Pourcentage de grains noirs dans différents compartiments de la cellule à différents moments de l'expérience. Les pourcentages se rapportent au nombre total de grains comptés.



DOC 2 Autoradiographie obtenue après 120 minutes de culture (photo au MET).

QUESTIONS

- À partir des données de l'énoncé, indiquez le nom d'un organe, d'une cellule et d'une molécule.
- Calculez le diamètre d'une vésicule de concentration.
- Expliquez pourquoi les découvertes de Palade n'ont pas pu être effectuées avant les années 1960.
- À l'aide du **DOC 2**, reconstituez le trajet des enzymes dans la cellule acineuse du pancréas au cours du temps.

Technologie

Le microscope à l'échelle atomique

Le microscope électronique cryogénique Titan Krios, inauguré en 2018 par l'Institut Pasteur, est le plus puissant au monde. Sa résolution est de l'ordre du dixième de nanomètre, c'est-à-dire qu'il grossit l'échantillon plusieurs millions de fois, ce qui lui permet d'observer à l'échelle atomique. De plus, Titan Krios utilise la technique de la cryomicroscopie électronique en transmission (cryo-MET), lors de laquelle les échantillons sont congelés dans de l'azote liquide à -180 °C pour être piégés dans une mince couche de glace, ce qui leur assure une très grande stabilité. Sa résolution et sa stabilité lui permettent de caractériser la structure de protéines, et d'étudier leurs interactions pour découvrir de nouveaux processus cellulaires et moléculaires. L'un des objectifs est d'étudier des cellules cancéreuses et des virus, afin de potentiellement mettre au point de nouveaux traitements.



Pour en savoir plus [Le site de l'Institut Pasteur](#)



Le microscope Titan Krios.

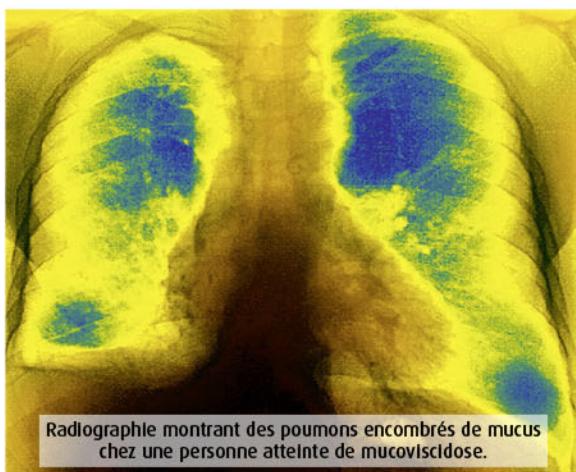
Menez l'enquête

Expliquez comment Titan Krios permet de s'approcher au plus près du vivant.

Recherche

Des nouvelles cellules découvertes dans les poumons

Alors que les premières cellules ont été observées au XVII^e siècle, nous continuons d'en découvrir aujourd'hui. Des biologistes de l'université d'Harvard (États-Unis) ont par exemple identifié un nouveau type de cellules dans les poumons humains. Elles représentent environ 1% des poumons et ont été baptisées « ionocytes pulmonaires »



Radiographie montrant des poumons encombrés de mucus chez une personne atteinte de mucoviscidose.

car elles s'apparentent aux ionocytes des branchies des poissons qui leur permettent de réguler l'échange d'ions chlorure entre l'eau marine et leur circulation sanguine. Autre découverte intéressante : l'activité d'une protéine baptisée CFTR est concentrée dans cette petite population d'ionocytes pulmonaires. Or les mutations du gène CFTR sont responsables de la mucoviscidose, la maladie génétique la plus fréquente en Europe. Cette découverte ouvre donc la voie à de nouvelles recherches, dans le but de développer des thérapies contre la mucoviscidose.



Pour en savoir plus
Un article du magazine *Sciences et Avenir*

Menez l'enquête

Déterminez comment ces cellules ont été découvertes.

2

THÈME LE SOLEIL, NOTRE SOURCE D'ÉNERGIE

4

CHAPITRE LE RAYONNEMENT SOLAIRE

UNITÉ 1 Le carburant du Soleil	68
UNITÉ 2 Température et couleur du Soleil	70
UNITÉ 3 L'ensoleillement terrestre	72
BILAN	74
EXERCICES	76
ÇA VOUS CONCERNE!	79

5

CHAPITRE LE BILAN RADIATIF TERRESTRE

UNITÉ 1 Le rayonnement solaire reçu par la Terre	82
UNITÉ 2 L'albédo terrestre	84
UNITÉ 3 Atmosphère et rayonnement terrestre	86
UNITÉ 4 L'équilibre dynamique de la Terre	88
BILAN	88
EXERCICES	92
ÇA VOUS CONCERNE!	95

6

CHAPITRE LA CONVERSION DE L'ÉNERGIE PAR PHOTOSYNTHÈSE

UNITÉ 1 La photosynthèse à l'échelle de la planète	98
UNITÉ 2 Photosynthèse et conversion de l'énergie solaire	100
UNITÉ 3 Des circulations de matière et d'énergie	102
UNITÉ 4 Les combustibles fossiles	104
BILAN	106
EXERCICES	108
ÇA VOUS CONCERNE!	111

7

CHAPITRE BILAN THERMIQUE DU CORPS HUMAIN

UNITÉ 1 L'origine de l'énergie thermique d'un organisme	114
UNITÉ 2 Échanges thermiques entre organisme et milieu	116
BILAN	118
EXERCICES	120
ÇA VOUS CONCERNE!	123