

LIVRET PÉDAGOGIQUE DE L'EXPOSITION

LES ARCHITECTES

DU VIVANT

des cellules à tout faire

contenu



Instituts
thématiques

Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale



? les petits débrouillards
**AUX SCIENCES
CITOYENS!**





SOMMAIRE

p. 4 RESUMÉ : LE VIVANT ET LA CELLULE... EN QUELQUES MOTS

p. 7 PARTIE 1 - QU'EST-CE QUE LE VIVANT ?

p. 8 I - LE VIVANT, C'EST TOUTE UNE ORGANISATION !

p. 13 II - UNE UNITÉ DE BASE COMMUNE À TOUT ORGANISME VIVANT *(lien activité F3)*

- 1/ Des observations à plusieurs niveaux
- 2/ Mais au fait, comment a-t-on découvert la cellule ?

- A. Des découvertes à tâtons
- B. Au 19^e siècle, la cellule prend tout son sens...
- C. La cellule décortiquée grâce à des outils de plus en plus précis
- D. La notion d'échelle

p. 22 III - DES ÉCHANGES EN PERMANENCE AVEC L'ENVIRONNEMENT *(lien activités F4 et F8)*

- 1/ Quels types d'échanges avec le milieu ?
- 2/ À quoi servent ces échanges ?
- 3/ Comment ça marche ?

- A. L'organisme vivant est une usine
- B. La cellule est une petite usine
- C. La cellule, une usine oui, mais comment fonctionne-t-elle ?
- D. Les cellules, pour qui fonctionnent-elles ?

p. 30 IV - LA CAPACITÉ DE SE REPRODUIRE *(lien activité F12)*

- 1/ La reproduction sexuée
- 2/ Existe-t-il d'autres modes de reproduction ?
- 3/ Conclusion

p. 34 V - L'ORIGINE DES PROCESSUS À LA BASE DU VIVANT *(lien activités F5 et F6)*

- 1/ La stabilité de l'espèce
- 2/ D'où vient l'information qui dit à la cellule-œuf ce qu'elle doit faire ?
- 3/ À quoi ressemble cette information ? Comment est-elle organisée ?
- 4/ À quoi sert cette information ?

- A. Les lois de l'hérédité
- B. L'information définit nos caractères
- C. L'information définit le fonctionnement du corps

- 5/ Du gène au caractère, comment ça marche ?

p. 39 VI - CONCLUSION *(lien activités F1 et F2)*

- La définition du vivant
- L'origine du vivant
- La maîtrise du vivant... attention aux dérives !

p. 41 PARTIE 2 - TYPOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DES CELLULES DU CORPS

p. 42 I - CELLULES LIÉES À L'ALIMENTATION *(lien activités F13, F4 et F8)*

II - CELLULES LIÉES À LA RESPIRATION *(lien activités F10 et F8)*

p. 43 III - CELLULES LIÉES À LA DÉFENSE DU CORPS *(lien activité F11)*

IV - CELLULES LIÉES À LA PERCEPTION ET À LA COMMUNICATION *(lien activités F9 et F16)*

V - CELLULES LIÉES À LA REPRODUCTION *(lien activités F12 et F5)*

p. 44 VI - CELLULES SOUCHES ET RÉGÉNÉRATION *(lien activités F7 et F15)*

VII - CELLULES LIÉES À LA MOBILITÉ *(lien activité F14)*

p. 45 GLOSSAIRE

p. 47 SOURCES ET BIBLIOGRAPHIE

RESUMÉ :

LE VIVANT ET LA CELLULE...

EN QUELQUES MOTS

LE VIVANT

Pour définir le vivant, les scientifiques s'accordent sur trois critères essentiels :

- **être constitué d'une ou plusieurs cellules :**
la cellule est le plus petit élément capable de vie. C'est un petit monde bien délimité qui a tous les éléments nécessaires à sa survie et qui est capable de produire d'autres cellules ;
- **échanger avec son environnement (milieu et autres êtres vivants) :**
puiser l'énergie, la matière et l'information nécessaires à son fonctionnement et à celui de ses cellules, rejeter des déchets, produire de la matière. Certains de ces échanges, comme l'alimentation et la respiration, sont vitaux ;
- **être issu de la reproduction :**
c'est la spécificité du monde vivant et le seul moyen de renouvellement des organismes vivants. Un organisme vivant naît, se développe selon la même organisation que ses parents (et son espèce), peut se reproduire et finit par mourir : c'est son cycle de vie. La reproduction est donc à l'origine du maintien de la vie sur Terre, et permet à chaque espèce de renouveler sa population.

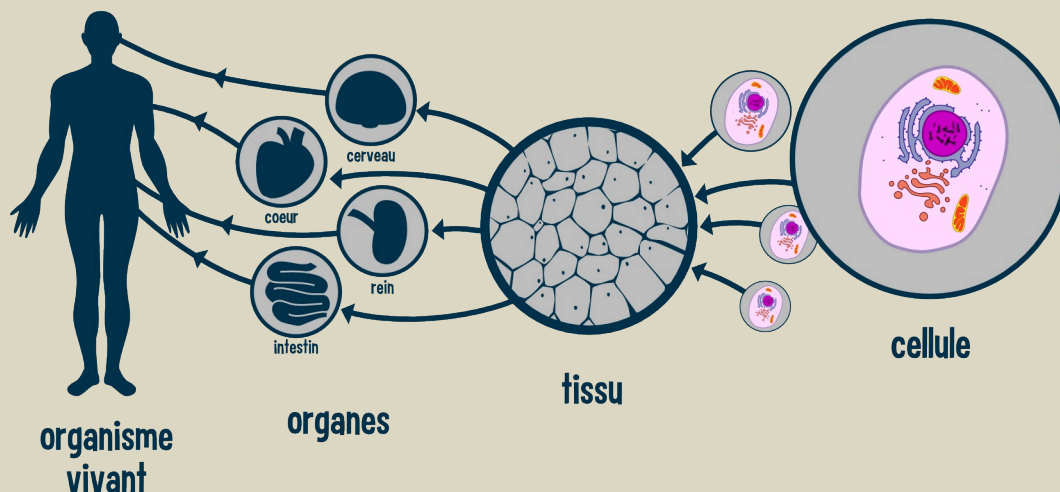
De plus, le monde vivant, malgré sa diversité, est un monde d'êtres organisés à différents niveaux :

- **organisation sur le plan structural :**
aux niveaux morphologique (parties du corps), anatomique (organes) et microscopique (tissus et cellules qui composent les organes) ;
- **organisation sur le plan génétique :**
l'information contenue dans le noyau des cellules, portée par des gènes présents dans un ordre précis sur chacun de nos chromosomes, permet la stabilité de l'espèce lors de la reproduction ;
- **organisation sur le plan fonctionnel :**
les organes, ensemble, permettent à l'être vivant de réaliser différentes fonctions, dont certaines sont vitales (échanges avec le milieu...).

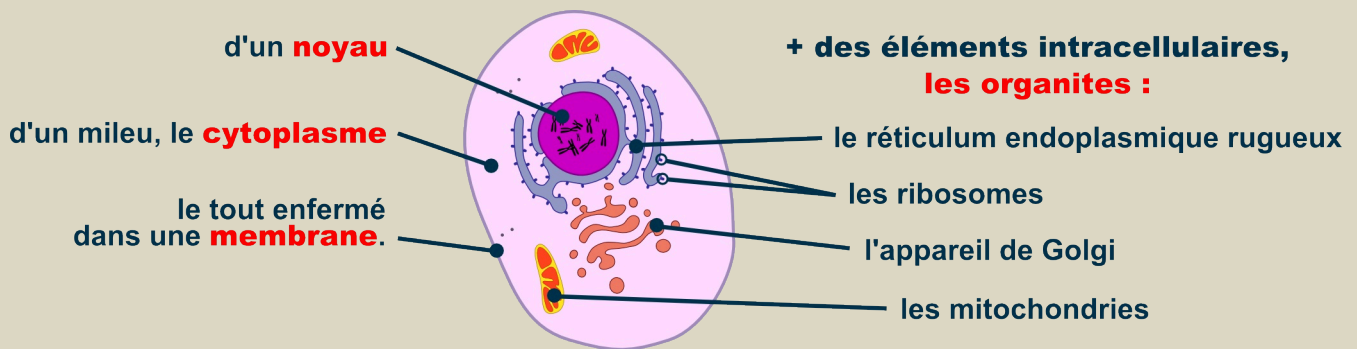
Cette organisation à tous les niveaux est à l'origine des processus vitaux (maintien et renouvellement du vivant) : les échanges avec le milieu (entrée et sortie de matière, d'énergie, d'information) et la reproduction.

LA CELLULE

Les organismes vivants se composent d'**organes** (intestin, cerveau, peau, tiges, feuilles, racines...) constitués de **tissus**, eux-mêmes faits de petites briques collées les unes aux autres, les **cellules**.

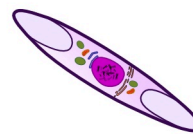


Les cellules n'ont pas la même forme ni la même taille selon les organes, et varient également au sein d'un même organe. Cependant, elles sont toutes formées des mêmes éléments :

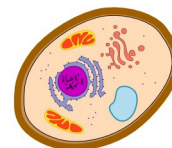


CAS PARTICULIER DES MICRO-ORGANISMES :

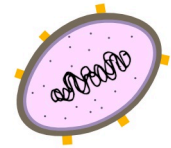
ce sont des organismes vivants constitués d'une seule cellule : on parle d'organismes unicellulaires. Certains ont un noyau (*levures, micro-algues*), d'autres non (*bactéries*).



Micro-algue



Levure



Bactérie

Les cellules, de véritables usines

Nos cellules sont de véritables usines qui utilisent des matières premières (eau, nourriture, O_2 ...) pour fabriquer différentes substances (les protéines) et produire de l'énergie, et rejettent des déchets issus de leur activité (CO_2 , urée...) dans le sang.

Le **noyau** contient les « plans de fabrication » des différentes protéines produites par la cellule. **Les organites** contenus dans le cytoplasme assurent les différentes étapes de fabrication des protéines de la cellule à partir des « plans » fournis par le noyau :

- **les ribosomes** sont les **tables de montage** qui fabriquent les protéines. Ils sont libres dans le cytoplasme ou attachés au réticulum endoplasmique ;
- **le réticulum endoplasmique rugueux** est un **réseau de galeries** couvrant l'espace de l'intérieur de la cellule. Les protéines membranaires (canaux protéiques...) et sécrétées (hormones...) sont transférées à l'intérieur du réticulum endoplasmique dès leur production par les ribosomes, ce qui permet ensuite leur transport via **des navettes, les vésicules**, vers l'appareil de Golgi ;
- **l'appareil de Golgi** est un **centre de transformation et de routage**, qui donne aux protéines membranaires et sécrétées provenant du réticulum endoplasmique leurs formes finales, puis les expédie ailleurs, dans ou hors de la cellule via des vésicules ;
- **les mitochondries** sont des **centrales de production d'énergie** qui utilisent les sucres et l'oxygène pour produire l'énergie permettant aux autres organites de fonctionner.

Les cellules produisent des substances très diversifiées (enzymes, hormones, protéines de structure, toxines, pigments...) qui sont utilisées par les cellules elles-mêmes (pour fonctionner, se réparer, se diviser...), par les organes et plus globalement par l'organisme vivant pour son fonctionnement.

Les cellules à l'origine du fonctionnement de l'organisme

Les cellules qui composent les êtres vivants produisent l'énergie et fabriquent les nombreuses substances nécessaires au fonctionnement de l'organisme. Grâce à elles, l'organisme peut transformer les aliments en nutriments (rôles des enzymes, des sucs digestifs...), se protéger contre les microbes (anticorps...), se déplacer (enzymes produisant l'énergie pour le fonctionnement des muscles, hormones...), grandir ou pousser (protéines de structure, hormones pour diffuser des signaux...), attirer des partenaires sexuels ou des insectes (couleur, parfum, phéromones...)...

Selon l'organe qu'elles constituent, selon leurs formes et les substances qu'elles fabriquent, elles assurent des fonctions essentielles. Ainsi, les globules rouges du sang transportent les gaz (O_2/CO_2) entre les poumons et les cellules ; les cellules des reins, en forme de filet, permettent de filtrer le sang vers les urines ; les fines cellules des parois des intestins permettent le passage des nutriments dans le sang tandis que celles des poumons permettent les échanges de gaz avec le sang ; les cellules musculaires assurent le mouvement du corps et les battements du cœur ; les cellules nerveuses, la transmission de l'information dans l'ensemble du corps ; les cellules sexuelles, la reproduction...

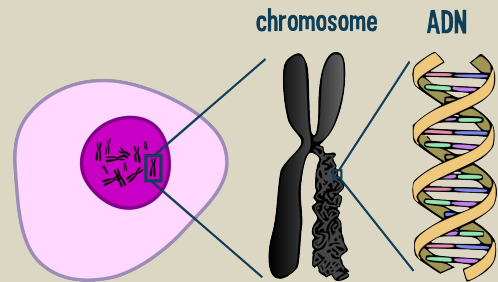
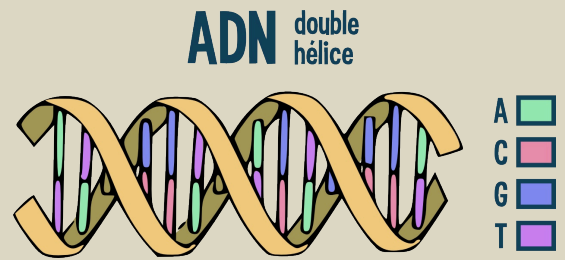
L'INFORMATION A LA BASE DU VIVANT

Au sein d'une même espèce, les enfants ressemblent à leurs parents. Cette stabilité nécessite l'existence **d'une information héréditaire** qui permet la reproduction de la forme, des organes et des spécificités de chaque espèce.

Cette information, localisée dans le noyau des cellules, s'appelle **le génome** et contient toutes les instructions (**ou gènes**) permettant aux cellules de fabriquer les protéines dont l'organisme a besoin pour se développer et pour fonctionner (enzymes, protéines de structure, hormones).

L'information est portée par une double hélice, appelée **ADN**, composée de deux filaments constitués de la répétition dans le désordre d'un code de **4 lettres (A, C, G, T)**. Ce code contient toutes les instructions nécessaires au fonctionnement des cellules.

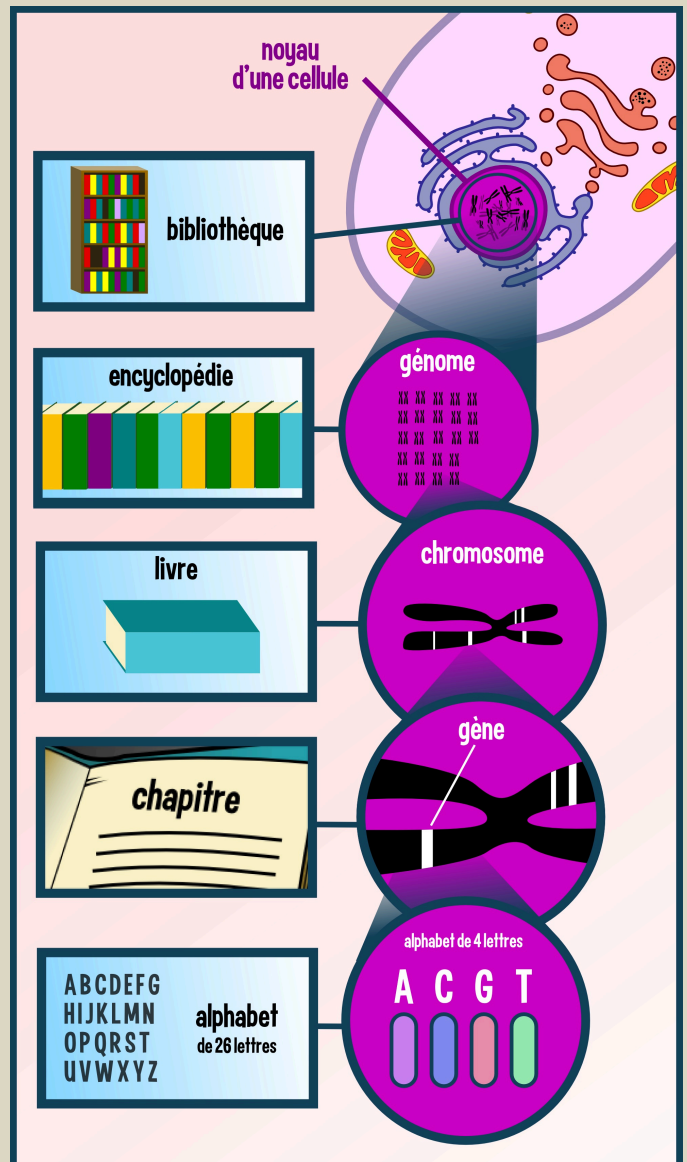
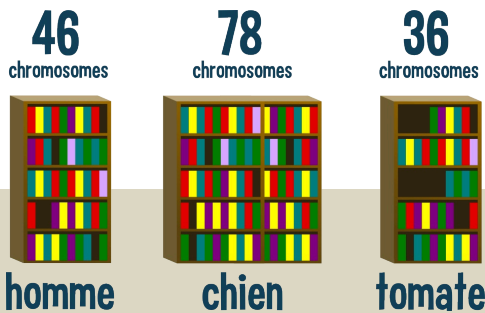
L'ADN est protégé dans le noyau, condensé sous forme de **chromosomes**.



Pour simplifier, nous pouvons nous appuyer sur l'analogie suivante :

Chaque cellule contient un **noyau comparable à une bibliothèque** qui renferme un **génome, sorte d'encyclopédie** contenant toutes les instructions qui définissent notre apparence et notre fonctionnement. Chaque **chromosome correspond à un livre de cette encyclopédie**, composé de plusieurs **chapitres, les gènes**, qui contiennent **les instructions codées avec un alphabet de 4 lettres (A, C, G, T)**.

D'une espèce à l'autre, l'information contenue dans les cellules se présente sous la même forme (une double hélice d'ADN) mais la composition des génomes n'est pas la même : le nombre de chromosomes varie ainsi que les instructions codées par l'alphabet de 4 lettres. Ainsi, l'humain a 46 chromosomes, le chien 78 et la tomate 36 !



PARTIE 1

QU'EST-CE QUE LE VIVANT ?



I- LE VIVANT C'EST TOUTE UNE ORGANISATION

Le monde vivant, malgré son extraordinaire diversité, est un monde d'êtres organisés à différents niveaux. Pour le découvrir, nous allons observer et analyser différentes photos d'organismes vivants et faire ressortir ce qu'ils ont en commun. Nous pouvons aussi observer directement différents organismes vivants.

Observons leur morphologie

Fleurs d'oignon



© Dalgial

Oignons



©

Lys



© Jitka Erbenov

Muguet



© Danny Steven

Manguier



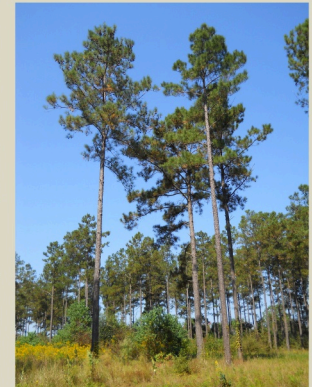
© Aaron Escobar

Fleurs de pin femelle



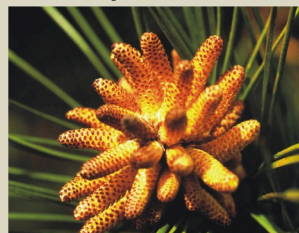
© Pinethicket

Pins



© Woodlot

Fleurs de pin mâle



© Pinethicket

Mousse



© Kristian Peters

Chêne



© Manuelle Rovillé

Sphaigne



© Kristian Peters

Champignon et mousse



© Aurélien Riou

Escargot



Alain Beguey © INRA

Poisson



© Karelj

Abeilles



Nicolas Morison © INRA

Chat



© Manuelle Rovillé

Papillon



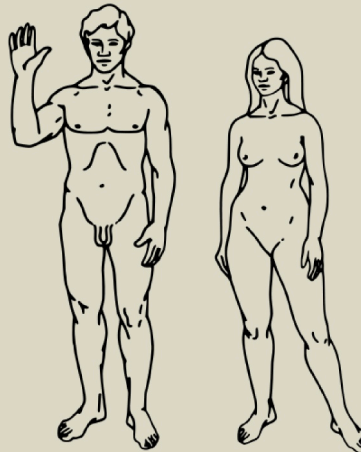
© Aurélien Riou

Singe



© Aaron Logan

Humains



Serpent



Crabe



© Matthew Zalewski

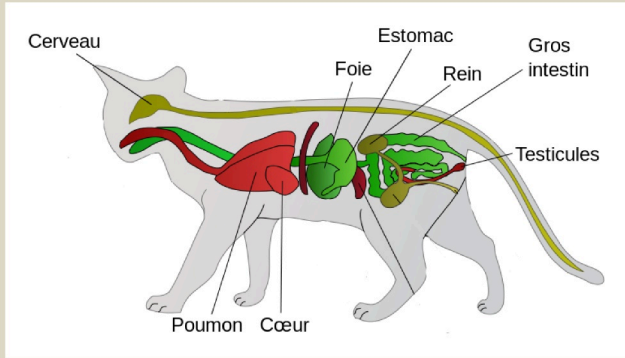
En observant différents organismes, nous constatons que pour chaque être vivant, nous trouvons une organisation externe : il est composé de différentes parties, même s'il ne s'agit pas forcément des mêmes parties d'un organisme vivant à l'autre.

Ainsi, les végétaux présentent selon les espèces des racines, tiges, feuilles, bourgeons, bulbes, fleurs avec étamines et pistil... Les animaux, quant à eux, se composent, selon les espèces, de bras, bouche, tête, jambes, antennes, pinces, ailes...

Nous constatons également que certaines espèces ont plus de parties en commun que d'autres : les plantes à fleurs, les mammifères, les insectes...

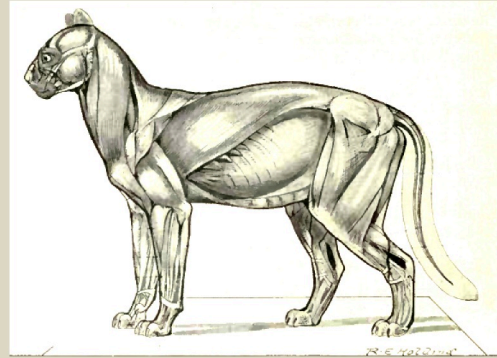
Observons leur organisation interne (anatomie), à partir de schémas

Organes de chat



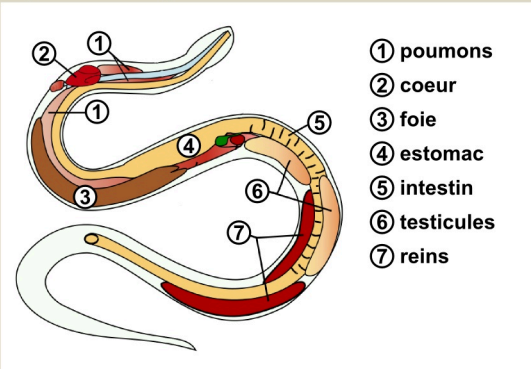
© Persian Poet Gal

Muscles de chat



©

Organes de serpent



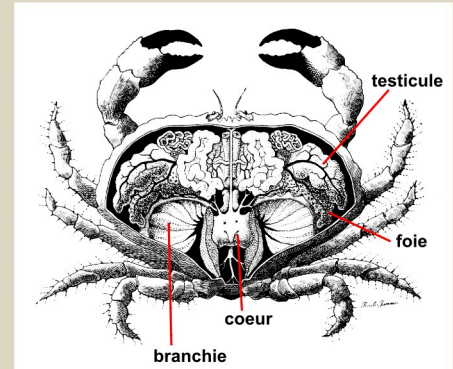
© Uwe Gille

Squelette de serpent



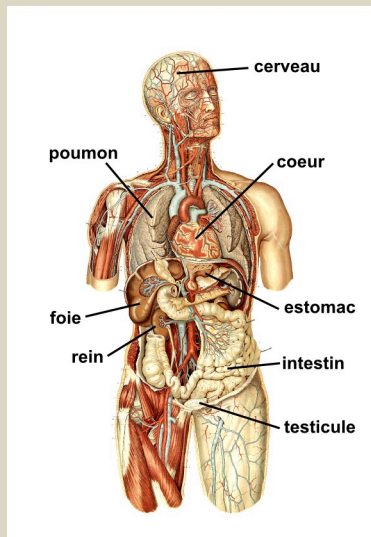
©

Organes de crabe



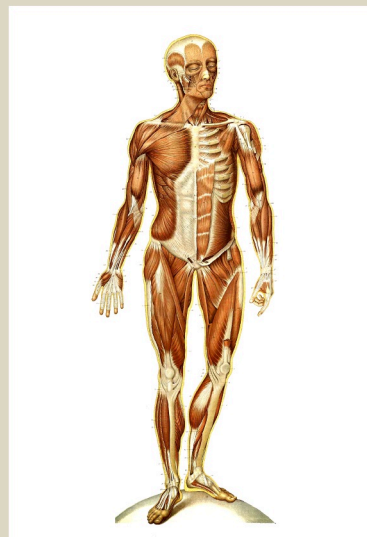
©

Organes d'humain



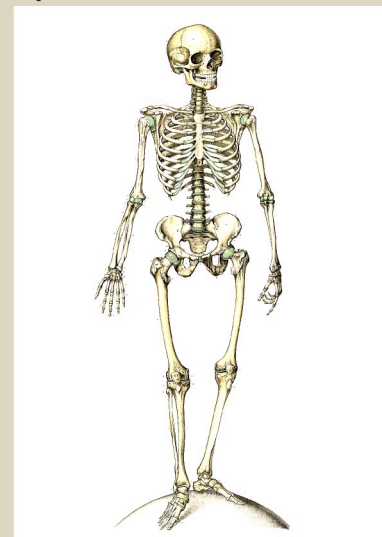
©

Muscles d'humain



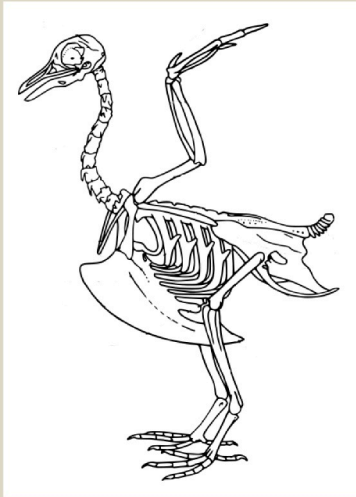
©

Squelette d'humain



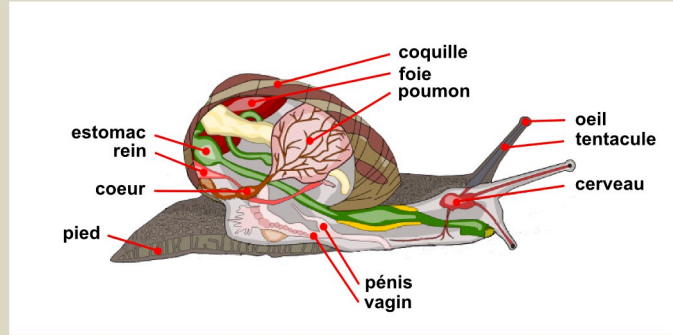
©

Squelette de l'oiseau



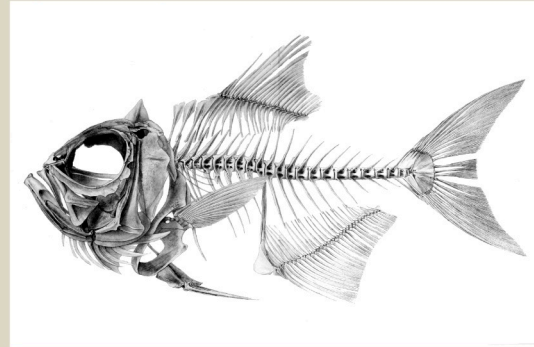
© Svtiste

Organes de l'escargot



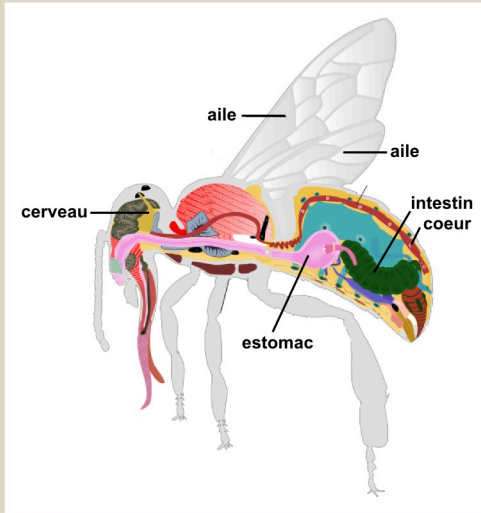
© AI2

Squelette du poisson



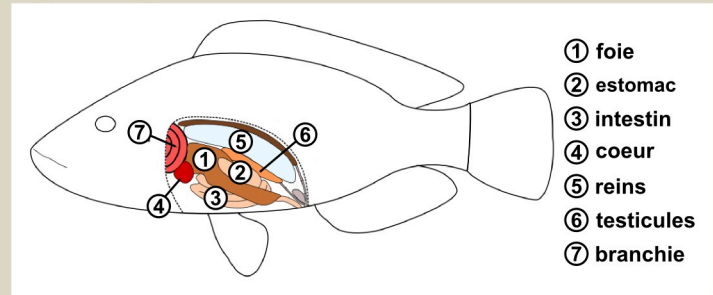
©

Organes de l'abeille



© Walké

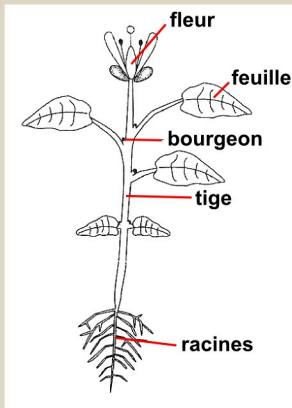
Organes du poisson



- ① foie
- ② estomac
- ③ intestin
- ④ coeur
- ⑤ reins
- ⑥ testicules
- ⑦ branchie

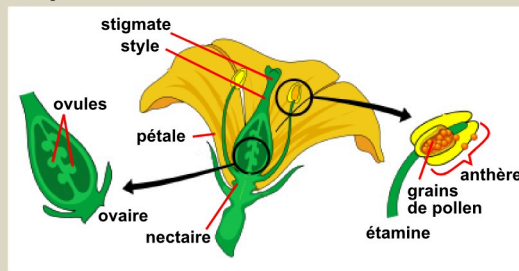
© Uwe Gille

Plante à fleurs



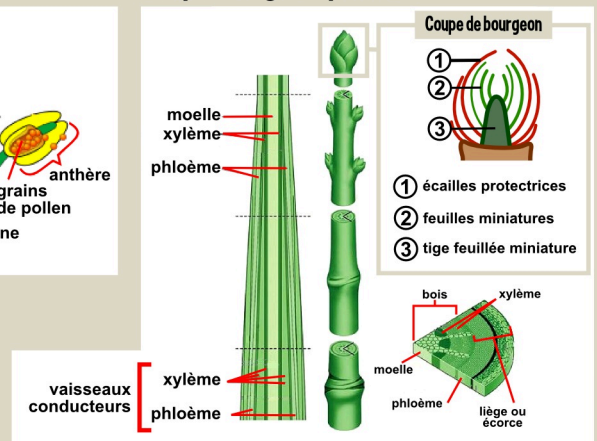
© Roro

Coupe de fleur



©

Coupe de tige de plante



© Penarc


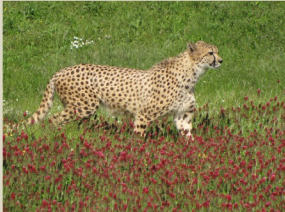











En observant ces schémas, nous constatons qu'il existe aussi **une organisation interne** chez tous les organismes vivants. Ils sont tous composés d'organes, mais qui peuvent être différents d'un être vivant à l'autre.

Ainsi, chez les animaux, nous observons selon les espèces un squelette, une carapace, une coquille, des muscles, un coeur, un intestin, un estomac, un cerveau, des yeux, des organes sexuels, des nerfs...

Les végétaux présentent également une organisation interne : des organes structurels (vaisseaux (xylème et phloème), bois, moelle, liège et écorce, feuilles miniatures...) et reproducteurs (ovaires, ovules, pollen, graines, spores et sporanges...).

Observons leur fonctionnement

Nous pouvons nous poser la question suivante : de quoi les organismes vivants ont-ils besoin pour réaliser différentes fonctions ?

<p>Courir</p>  <p>© Phil McElhinney</p>	<p>Marcher</p>  <p>© Manuelle Rovillé</p>	<p>Marcher</p>  <p>© Matthew Zalewski</p>	<p>Nager</p>  <p>© Karelj</p>
<p>Manger</p>  <p>© Manuelle Rovillé</p>	<p>Manger</p>  <p>© INRA - Jacques Gambier</p>	<p>Butiner</p>  <p>© Aurélien Riou</p>	<p>Respirer</p>  <p>© Lance Cpl. Daniel A. Wetzel</p>
<p>Se reproduire</p>  <p>© Entomart</p>	<p>Pousser</p>  <p>© Aurélien Riou</p>		
<p>Se reproduire</p>  <p>© Loïc Le Brusq</p>			

Sur ces photos nous observons des organismes vivants qui réalisent différentes fonctions : certains se déplacent, d'autres mangent, respirent, font des petits, poussent...

Pour réaliser chaque fonction, les organismes vivants impliquent toujours plusieurs organes. Ainsi, pour respirer, l'humain utilise sa bouche, son nez, ses poumons, son système sanguin, son cœur, son système nerveux. Pour se nourrir, le papillon se sert de sa trompe, de son intestin, de son cœur, de ses systèmes nerveux et sanguin. Pour se nourrir et pousser, la fougère utilise ses racines (puisent l'eau et les minéraux), sa tige et ses vaisseaux (font circuler la sève), ses feuilles (puisent dans la lumière du soleil l'énergie nécessaire à son fonctionnement et à sa croissance).

Ainsi, il existe une coordination et une interdépendance entre différents organes et parties de l'organisme vivant pour réaliser chaque fonction.

Nous pouvons en conclure que le monde vivant, malgré sa diversité, est un monde d'êtres organisés à différents niveaux :

- organisation sur le plan structural (morphologique, anatomique) ;
- organisation sur le plan fonctionnel (organes et fonctions).

Cette organisation est à l'origine des processus vitaux (maintien et renouvellement du vivant) : **les échanges avec le milieu** (entrées et sorties de matière, d'énergie, d'information) et **la reproduction**.


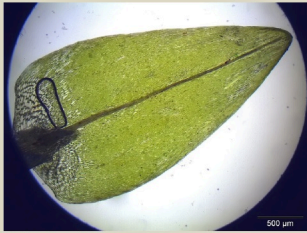
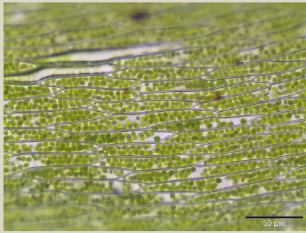



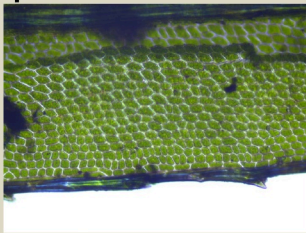
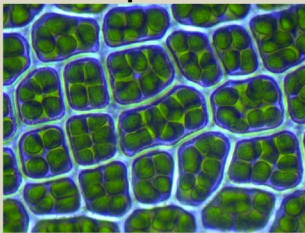


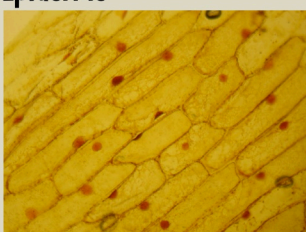



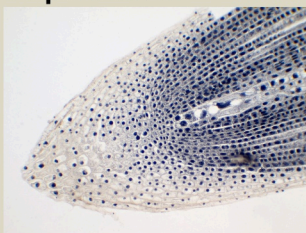
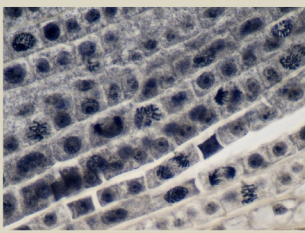

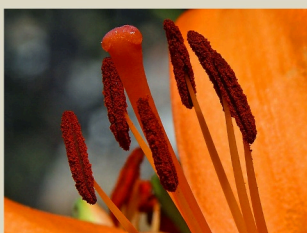


II - UNE UNITE DE BASE COMMUNE A TOUT ORGANISME VIVANT

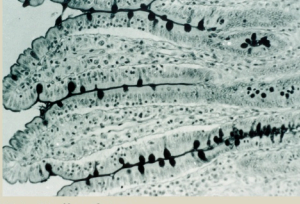
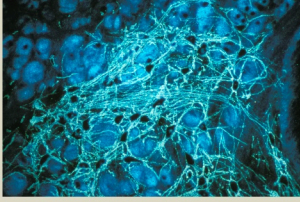
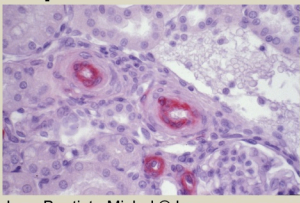
VOIR L'ACTIVITÉ F3 « L'HOMME QUI VALAIT CENT MILLE MILLIARDS... »

1/ Des observations à plusieurs niveaux

1. NOUS POUVONS NOUS DEMANDER DANS UN PREMIER TEMPS COMMENT SONT CONSTITUÉS LES ORGANISMES VIVANTS ?

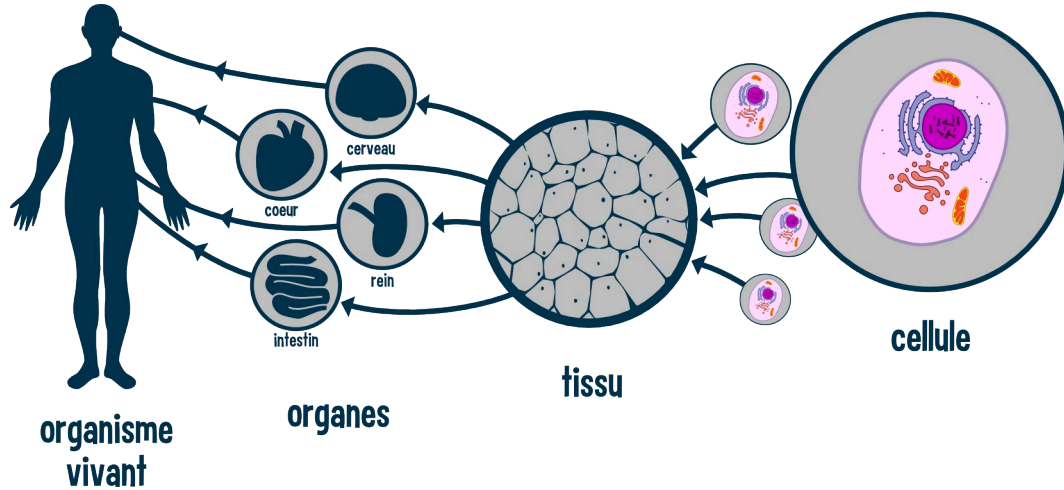
Pour le découvrir, il suffit d'observer des organismes vivants à différentes échelles en utilisant différents outils : les loupes et les microscopes qui permettent d'agrandir les images.

Parties de plante ou d'animal Grossissement 0	Organe Grossissement 1	Tissu Grossissement 2	Cellules Grossissement 3
Mousse (<i>Calliergon</i>)  <small>© Kristian Peters</small>	Feuille  <small>© Kristian Peters</small>	Épiderme  <small>© Kristian Peters</small>	Cellules d'épiderme  <small>© Kristian Peters</small>
Mousse (<i>Mnium hornum</i>)  <small>© Hermann Schachner</small>	Feuille  <small>© Kristian Peters</small>	Épiderme  <small>© Kristian Peters</small>	Cellules d'épiderme  <small>© Kristian Peters</small>
Oignons  <small>©</small>	Bulbe  <small>©</small>	Épiderme  <small>©</small>	Cellules d'épiderme  <small>©</small>
Oignons  <small>©</small>	Racines  <small>Chloé Le Bastard © INRA</small>	Coupe de racine  <small>© Luis Fernández García</small>	Cellules de racine  <small>© Luis Fernández García</small>
Lys  <small>©</small>	Étamines  <small>©</small>	Coupe d'étamine  <small>© Luis Fernández García</small>	Cellules d'étamine et de pollen  <small>© Luis Fernández García</small>

Parties de plante ou d'animal Grossissement 0	Organe Grossissement 1	Tissu Grossissement 2	Cellules Grossissement 3
<p>Papyrus</p>  <p>© Horse Punch Kid</p>	<p>Tige</p>  <p>© Horse Punch Kid</p>	<p>Coupe de tige</p>  <p>© Micropix</p>	<p>Cellules de tige</p>  <p>© Micropix</p>
<p>Humains</p>  <p>© Luis Espinosa</p>	<p>Peau</p>  <p>©</p>	<p>Épiderme</p>  <p>Louis Dubertret © Inserm</p>	<p>Cellules d'épiderme</p>  <p>Louis Dubertret © Inserm</p>
<p>Humains</p>  <p>© Luis Espinosa</p>	<p>Intestin</p>  <p>Michel Depardieu © Inserm</p>	<p>Coupe de l'intestin</p>  <p>Katy Haffen © Inserm</p>	<p>Cellules d'intestin</p>  <p>Katy Haffen © Inserm</p>
<p>Humains</p>  <p>© Luis Espinosa</p>	<p>Cerveau</p>  <p>Jeanne-Claudie Larroche © Inserm</p>	<p>Coupe de cerveau</p>  <p>Jean-Patrick Guéritaud © Inserm</p>	<p>Cellule nerveuse</p>  <p>© FUNDP</p>
<p>Souris</p>  <p>Bertrand Nicolas © INRA</p>	<p>Rein</p>  <p>Clémence Darras-Joly © Inserm</p>	<p>Coupe de rein</p>  <p>Jean-Baptiste Michel © Inserm</p>	<p>Cellules de rein</p>  <p>Isabelle Pignot-Paintrand © Inserm</p>
<p>Souris</p>  <p>Bertrand Nicolas © INRA</p>	<p>Poumon</p>  <p>Edmond Reichart © Inserm</p>	<p>Alvéoles pulmonaires</p>  <p>Michel Depardieu © Inserm</p>	<p>Cellules d'alvéoles</p>  <p>Jacques Bourbon © Inserm</p>

En observant des organismes vivants à différents grossissements, nous constatons qu'il existe une organisation à toutes les échelles :

- **l'organisme** : corps ou plante dans son ensemble ;
- l'organisme se compose d'**organes** : intestin, cerveau, peau, reins, tiges, feuilles, racines, fleurs...
- les organes sont constitués de **tissus** ;
- les tissus sont faits de petites briques collées les unes aux autres, les **cellules**.

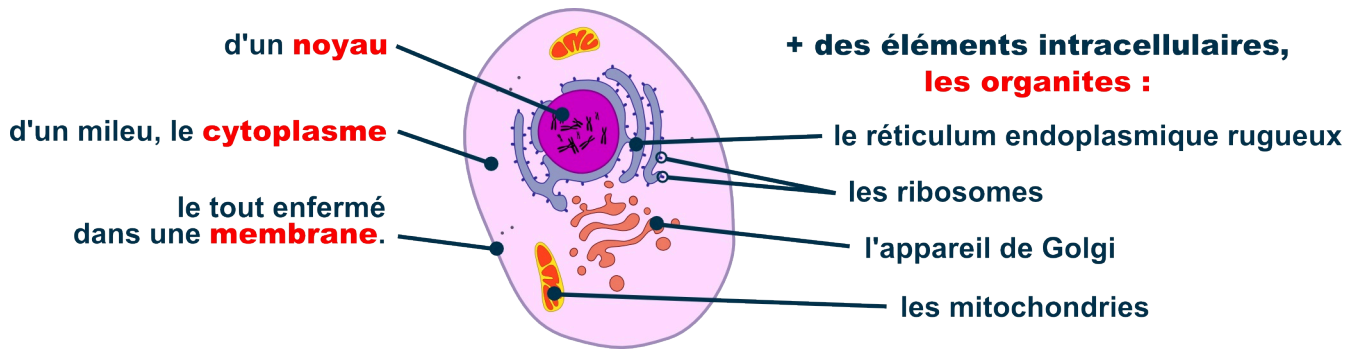


2. NOUS POUVONS DANS UN SECOND TEMPS NOUS DEMANDER DE QUOI SONT CONSTITUÉS LES ORGANISMES VIVANTS.

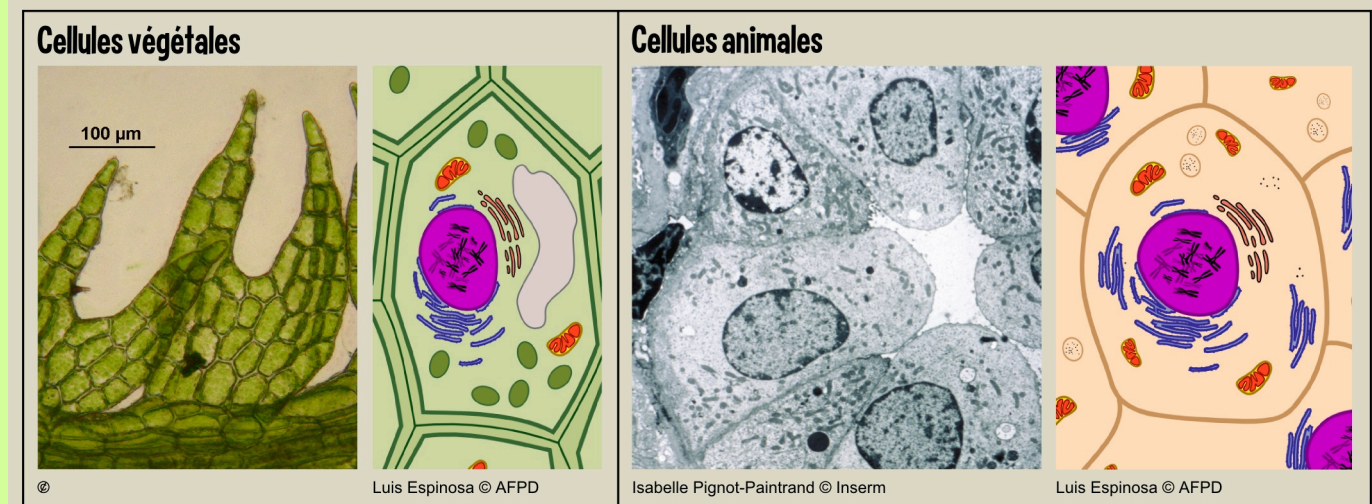
Ces petites briques - les cellules - que nous observons au microscope chez tous les organismes vivants, qu'ont-elles en commun ?

<p>Coupe d'intestin d'humain</p> <p>noyau membrane cytoplasme</p> <p><small>Katy Haffen © Inserm</small></p>	<p>Peau d'humain</p> <p>cytoplasme noyau membrane</p> <p><small>Louis Dubertret © Inserm</small></p>	<p>Coupe de rein de souris</p> <p>noyau membrane cytoplasme</p> <p><small>Isabelle Pignot-Paintrand © Inserm</small></p>
<p>Épiderme d'oignon</p> <p>membrane noyau cytoplasme</p> <p><small>©</small></p>	<p>Racine d'oignon</p> <p>membrane noyau cytoplasme</p> <p><small>© Luis Fernández García</small></p>	<p>Coupe d'étamine</p> <p>cytoplasme membrane noyau</p> <p><small>© Luis Fernández García</small></p>

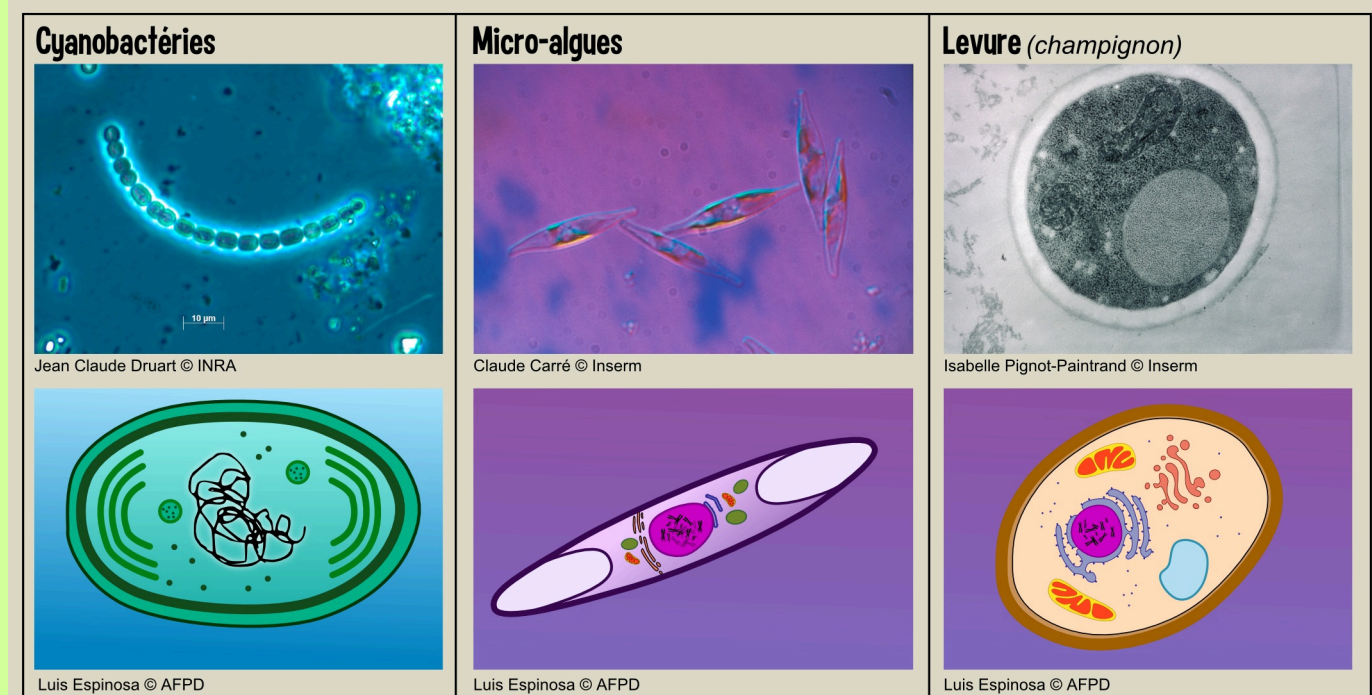
Nous observons une organisation commune au niveau microscopique. Les cellules n'ont pas la même forme ni la même taille selon les organes, et varient également au sein d'un même organe. Cependant, elles sont toutes formées des mêmes éléments :



Malgré leur diversité, tous les organismes vivants sont constitués de cellules et présentent une organisation au niveau macroscopique (organismes, organes), et plus profondément au niveau microscopique (tissus et cellules).

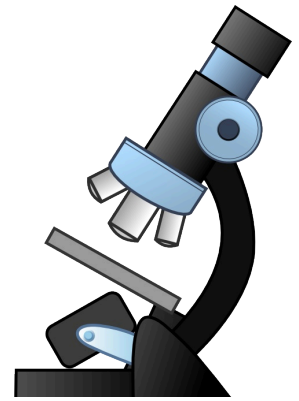


Cas particulier des micro-organismes : ce sont des organismes vivants constitués d'une seule cellule : on parle d'organismes unicellulaires. Certains ont un noyau (levures, micro-algues), d'autres non (bactéries).



2/ Mais au fait, comment a-t-on découvert la cellule ?

Les cellules sont invisibles à l'œil nu. Pour les observer, il a fallu utiliser des outils qui agrandissent les images, donc attendre le 17^e siècle avec l'invention des premiers microscopes pour découvrir et observer les premières cellules...



A. DES DÉCOUVERTES À TÂTONS

Les premières observations sont arrivées avec l'invention des microscopes... Qui, quoi et avec quels outils ?

Robert Hooke

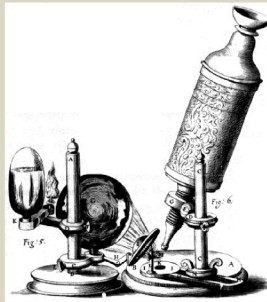
scientifique anglais
(1635 – 1703)



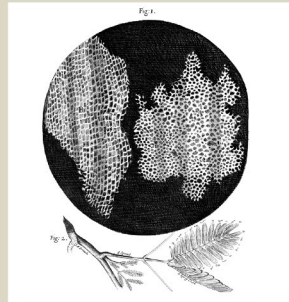
© Rita Greer

1665 : Robert Hooke observe l'écorce d'arbre avec un microscope de sa fabrication et découvre de nombreuses alvéoles qu'il nomme « cellules ». Il observe et dessine également des yeux de mouche.

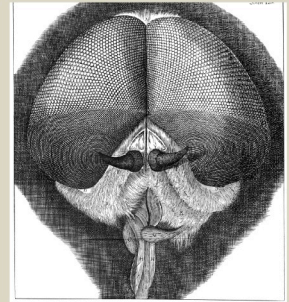
Le microscope de Robert Hooke



Dessin de l'écorce d'un arbre



Dessin des yeux d'une mouche



Antoni Van Leeuwenhoek

savant néerlandais
(1632-1723)



ANTONIUS A LEEUWENHOEK.
Regis Secretarii Leuvenensis
membrum.

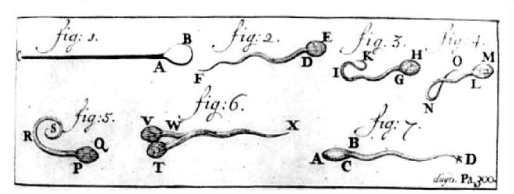
Le microscope d'Antoni Van Leeuwenhoek



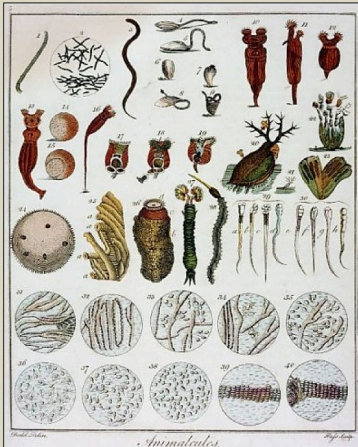
© Jeroen Rouwkema

En 1673, Antoni van Leeuwenhoek invente le premier microscope optique qui grossit 300 fois ce que l'on voit. Il observe différents liquides (sang, salive, sperme, eau de pluie...) et découvre les globules rouges, les spermatozoïdes, des micro-organismes (bactéries, levures, protozoaires...) appelés à l'époque animalcules, qu'il dessine de manière très détaillée.

Dessins de spermatozoïdes

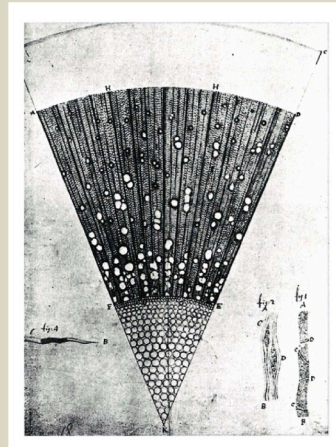


Dessins d'animalcules



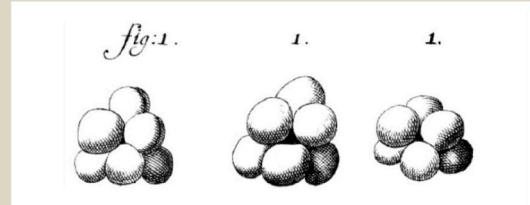
©

Dessin de tissus végétaux

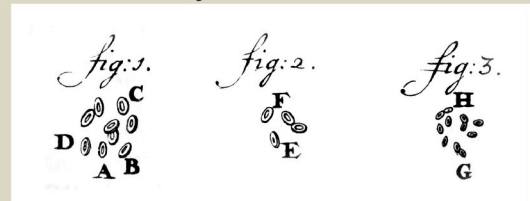


©

Dessins de levures



Dessins de cellules du sang



©

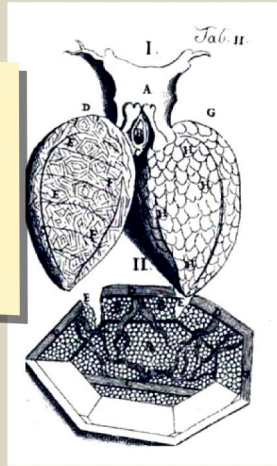
Marcello Malpighi

médecin italien
(1628 – 1694)

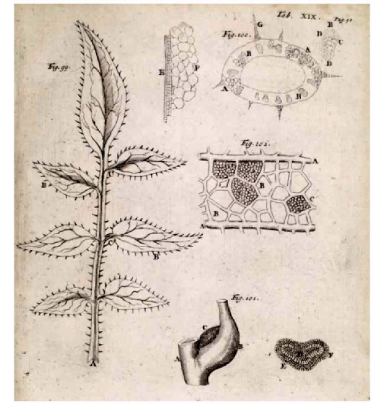


Marcello Malpighi décrit l'anatomie humaine (organes, tissus et cellules des poumons, du sang, de la peau, des reins, des os...) et végétale (tiges, feuilles...).

Dessins de poumons et tissus associés



Organisation d'un végétal à différents niveaux (organes, tissus, cellules)



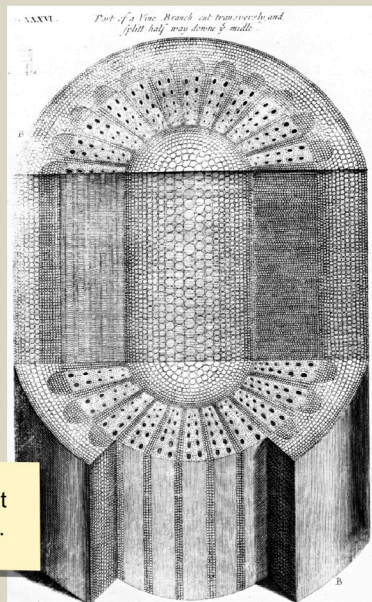
Nehemiah Grew

botaniste anglais
(1641-1712)



Nehemiah Grew décrit l'anatomie des plantes.

Tige d'un végétal et ses tissus



Les petites histoires...

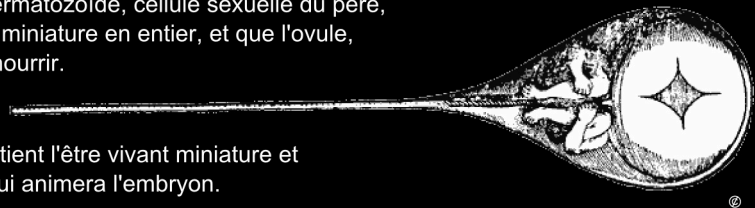
Origine du mot cellule

Le nom « cellule » a été inventé par **Robert Hooke** en **1665** alors qu'il observait une coupe fine d'un morceau de liège sous son microscope. Il remarqua qu'il était constitué de nombreuses alvéoles qu'il nomma « cellules » en se référant aux petites chambres des couvents ou des prisons.

Les cellules sexuelles et l'être vivant miniature

Antoni van Leeuwenhoek découvre le spermatozoïde, cellule sexuelle du père, en **1677**. Il pense qu'il contient l'être vivant miniature en entier, et que l'ovule, cellule sexuelle de la mère, ne sert qu'à le nourrir.

Pour Marcello Malpighi, c'est l'ovule qui contient l'être vivant miniature et le spermatozoïde apporte l'essence vitale qui animera l'embryon.



Ces chercheurs et bien d'autres observeront toutes sortes de cellules pendant près d'un siècle et demi, mais sans avoir une réelle compréhension de ce que c'est exactement. Il faudra pour cela attendre le 19^e siècle et l'amélioration des microscopes.

B. AU 19^E SIÈCLE, LA CELLULE PREND TOUT SON SENS...

Au 19^e siècle, les outils d'observation deviennent plus performants. On améliore le grossissement des images et la netteté, ce qui permet de mieux décrire les tissus et les cellules et de commencer à comprendre leur fonctionnement.



Les nombreuses observations, discussions, et le recoupement avec les découvertes des siècles passés, amènent trois chercheurs à définir plus précisément la cellule.

En 1838, le botaniste allemand Matthias Schleiden suggère que tous les tissus végétaux sont composés de cellules. En 1839, c'est Théodor Schwann, zoologiste allemand, qui annonce que tous les tissus animaux sont faits de cellules. Enfin, en 1855, le médecin allemand Rudolf Virchow énonce, à l'issue de recherches sur l'origine des cellules, que toute cellule vient d'une cellule préexistante.



Ces chercheurs formulent ainsi la base de la théorie cellulaire :


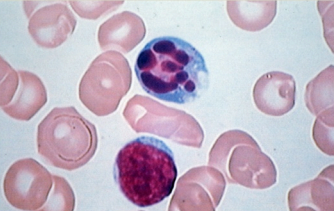

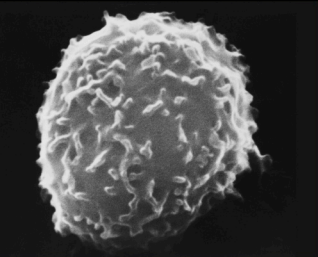

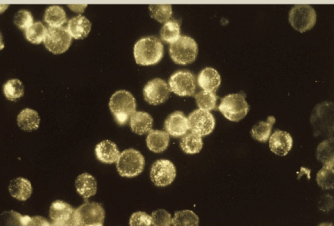
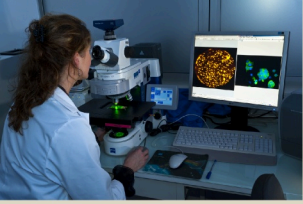
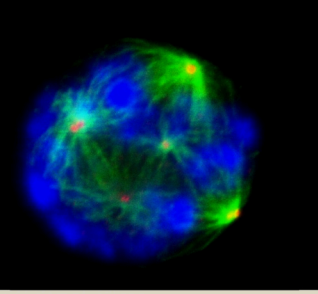
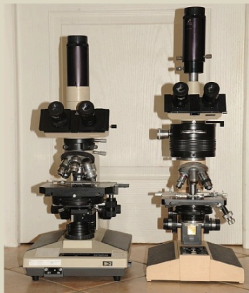
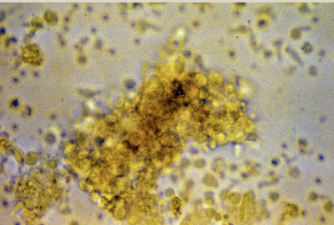

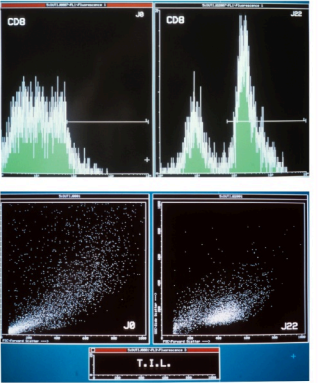
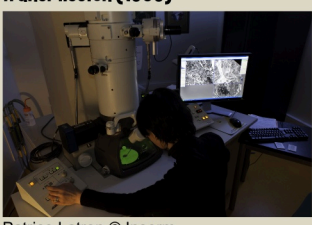
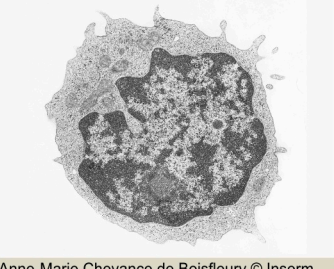
- la cellule est la plus petite entité vivante ;
- tout être vivant est composé de cellules ;
- toute cellule provient d'une autre cellule.

La cellule est reconnue comme étant l'unité fondamentale de la vie.

C. LA CELLULE DÉCORTIQUÉE GRÂCE À DES OUTILS DE PLUS EN PLUS PRÉCIS

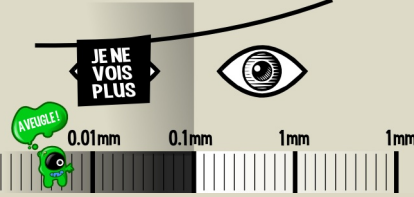
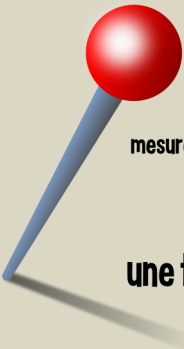
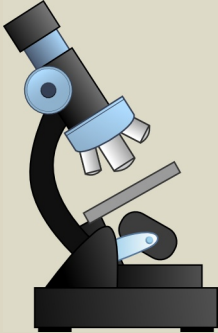
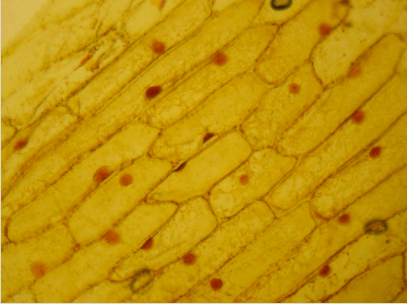
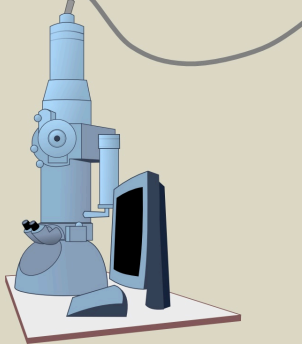
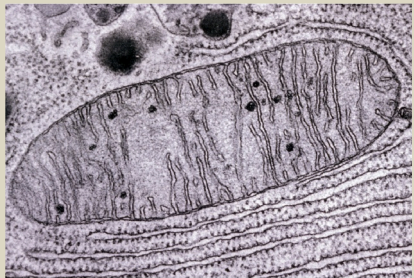
Les outils du 20^e siècle permettent de faire des observations de plus en plus précises et diversifiées des tissus, des cellules et de leur contenu en utilisant différentes techniques (jeux de lumières, colorations, fluorescence, anticorps...).

Voici des images de lymphocytes, cellules du sang (globule blanc) servant à la défense du corps, obtenues en utilisant différents outils du 20^e siècle :

Outils d'observation	Lymphocytes	Outils d'observation	Lymphocytes
<p>Microscope optique (19^e)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	 <p>Alain Fischer © Inserm</p>	<p>Microscope électronique à balayage (images en 3D) (1965)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	 <p>Anne-Marie Cheavance de Boisfleury © Inserm</p>
<p>Microscope à fluorescence (1929)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	 <p>Anne Marie-Cardine © Inserm</p>	<p>Microscope confocal (à balayage laser et à marqueurs fluorescents) (1970)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	 <p>Olivier Rosnet © Inserm</p>
<p>Microscope à contraste interférentiel (1930)</p>  <p>© Daniel Nardin</p>	 <p>Claire Mathiot © Inserm</p>	<p>Cytomètre (sert à isoler les cellules que l'on veut étudier) (1950)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	<p>Étude de lymphocytes</p>  <p>Claire Mathiot © Inserm</p>
<p>Microscope électronique à transmission (1939)</p>  <p>Patrice Latron © Inserm</p>	 <p>Anne-Marie Cheavance de Boisfleury © Inserm</p>		

D. LA NOTION D'ÉCHELLE

Les cellules sont trop petites pour être visibles à l'œil nu. Des outils comme les microscopes permettent aux chercheurs de grossir les objets de plus en plus précisément, pour mieux observer et comprendre comment fonctionnent les organismes vivants.

<p>Grossissement x1 visible à l'œil nu</p>	<p>Grossissement x1000</p>	<p>Grossissement x1000000</p>
<p>Le millimètre (mm) Une règle est graduée en millimètres. C'est 1000 fois plus petit que le mètre. C'est visible à l'œil nu.</p>  <p>Au grossissement x1, on ne peut pas voir la cellule, car elle mesure en moyenne 0,02mm et l'œil humain ne peut pas voir les objets en-dessous de 0,1mm.</p>  <p>Une cellule humaine mesure en moyenne 0,02 mm. Aussi faudrait-il plus de 10 000 cellules pour recouvrir une tête d'épingle!</p>	<p>Le micromètre (µm) C'est 1000 fois plus petit que la plus petite des graduations de la règle (le mm). Ce n'est pas visible à l'œil nu, il faut utiliser un microscope optique.</p>  <p>Au grossissement x1000 d'un microscope optique, on peut voir des cellules animales ou végétales.</p> <p>Cellules d'épiderme d'oignon</p> 	<p>Le nanomètre (nm) C'est 1000 fois plus petit que le micromètre (1 million de fois plus petit que le millimètre). Il faut utiliser un microscope électronique.</p>  <p>Au grossissement x 1000000 d'un microscope électronique, et grâce à des techniques très modernes, les chercheurs peuvent observer des éléments contenus dans le cytoplasme des cellules (organites tels que des vésicules, des mitochondries, l'appareil de Golgi) et la chromatine (molécule d'ADN) contenue dans leur noyau.</p> <p>Mitochondrie (x50 000)</p>  <p>Gérard Torpier © Inserm</p>

III - DES ECHANGES EN PERMANENCE AVEC L'ENVIRONNEMENT

VOIR LES ACTIVITÉS
F4 « C'EST L'USINE DANS TA CELLULE »
ET F8 « L'UNION FAIT LA VIE »

1/ Quels types d'échanges avec le milieu ?

Nous pouvons nous demander ce que font ces différents organismes vivants.

<p>Humains qui mangent</p>  <p>©</p>	<p>Plante qui transpire</p>  <p>© AFPD</p>	<p>Moustique qui pique</p>  <p>©</p>	<p>Oiseaux qui mangent</p>  <p>© Dave Howes</p>
<p>Femme qui pleure</p>  <p>© Vassil</p>	<p>Animal qui boit</p>  <p>©</p>	<p>Femme qui boit</p>  <p>©</p>	<p>Homme qui respire</p>  <p>©</p>
<p>Tournesol qui captent le soleil</p>  <p>© J-P Hamon</p>	<p>Humains qui vont aux toilettes</p>  <p>© Christian Alexander Tietgen</p>	<p>Arbre qui se nourrit</p>  <p>©</p>	<p>Humain qui transpire</p>  <p>© Minghong</p>

En observant ces photos, nous constatons qu'il y a des ressemblances de comportements entre les organismes vivants. Certains boivent, d'autres mangent, transpirent, respirent, pleurent... Dans tous les cas, nous voyons des choses qui rentrent (eau, air, lumière, nourriture), d'autres qui sortent (larmes, sueur, fèces, urines...) : les organismes vivants échangent avec leur environnement.

2/ À quoi servent ces échanges ?

Pour comprendre le rôle de ces échanges pour les êtres vivants, découvrons quelques histoires et expériences.

QUE SE PASSE-T-IL SI ON NE RESPIRE PAS ?

On ne peut pas s'arrêter de respirer plus de quelques secondes à quelques minutes. Le record du monde en apnée statique sous l'eau est d'environ 22 minutes ! Si on ne respire pas, on meurt.

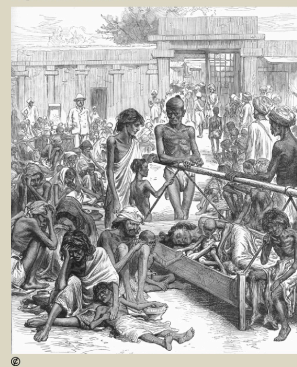
QUE SE PASSE-T-IL SI ON NE BOIT PAS ?

L'eau est indispensable à la vie. Selon les conditions (température, âge, santé...), il est possible de survivre sans boire de quelques heures à environ une semaine, mais rarement plus.

QUE SE PASSE-T-IL SI ON NE MANGE PAS ?

La nourriture est indispensable à la vie. Sans manger, il est difficile de survivre plus de quelques semaines. En situation de famine par exemple, beaucoup de personnes meurent car elles ne trouvent plus de nourriture.

Famine en Inde



QUE SE PASSE-T-IL QUAND ON FAIT DU SPORT ?

Lors de tout effort physique, notre corps a besoin d'énergie pour faire fonctionner nos muscles. Cette énergie est apportée par l'alimentation. Il est donc important de boire et de manger correctement avant l'effort. Si on ne le fait pas, on se sent vite fatigué car notre corps manque d'énergie. Manger et boire permettent alors de retrouver l'énergie nécessaire pour continuer.

QUE SE PASSE-T-IL SI ON MANGE TROP ?

À l'inverse, trop manger sans faire d'activité physique fait grossir : le surplus de nourriture s'accumule dans notre corps sous forme de graisse, ce qui peut être dangereux pour la santé !



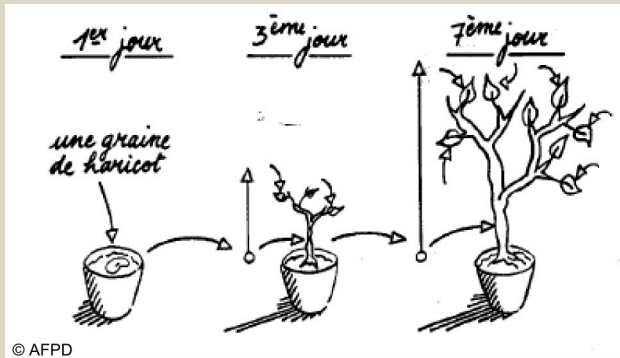
À QUOI SERVENT LES VITAMINES ?

Jusqu'au 18^e siècle, les marins qui partaient pour de longs voyages, privés pendant plusieurs mois de fruits et de légumes frais, étaient souvent atteints du scorbut, maladie responsable d'inflammations des gencives et d'hémorragies. On remarqua que les fruits et légumes frais, comme les oranges, les citrons et le chou, riches en vitamine C, prévenaient l'apparition de cette maladie.

De même, un manque de vitamine B1 dans l'alimentation entraînait le béribéri chez les prisonniers, maladie conduisant à la paralysie ; et un manque de vitamine A dans la nourriture impliquait des problèmes de vue. Ces maladies purent être soignées en apportant les vitamines nécessaires.



À QUOI SERVENT L'EAU, L'AIR ET LA NOURRITURE ?



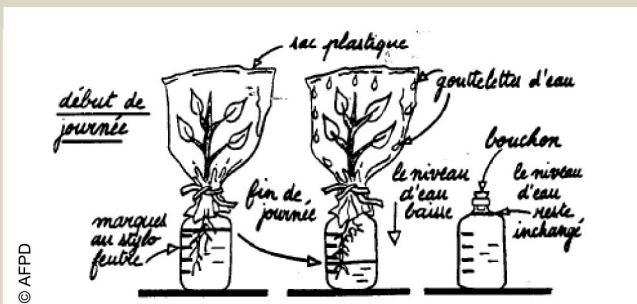
© AFPD

À croître, c'est-à-dire à fabriquer de la matière (feuilles, fleurs, tige, racines...).



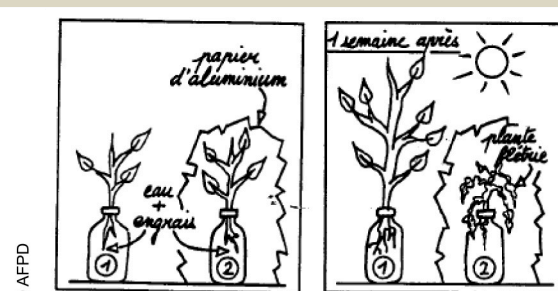
À grandir, c'est-à-dire à fabriquer de la matière (peau, muscles, sang, cheveux, ongles...).

DÉCOUVRONS QUELQUES EXPÉRIENCES SIMPLES AVEC LES PLANTES :



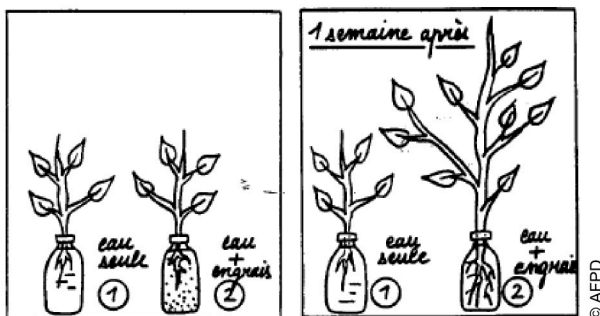
© AFPD

Les plantes ont besoin d'eau : elles la puisent par les racines et en rejettent une partie par les feuilles. C'est la transpiration. Sans eau, elles meurent.



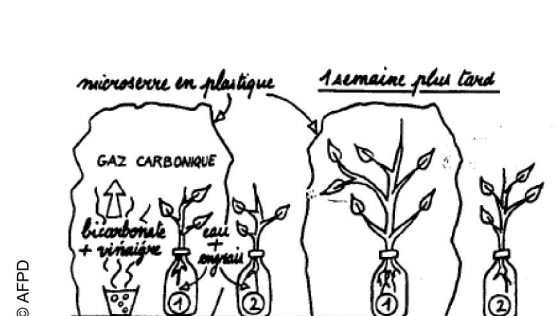
© AFPD

Les plantes ont besoin de lumière pour vivre et pousser.



© AFPD

Les plantes utilisent les minéraux dans l'eau pour pousser.



© AFPD

Les plantes utilisent le dioxyde de carbone de l'air (CO₂) pour pousser.

À travers ces différentes illustrations nous constatons que :

- **certains échanges sont vitaux pour les êtres vivants** : s'ils n'ont pas accès aux matières premières (eau, air, nourriture, soleil) et s'ils ne peuvent pas évacuer leurs déchets (expiration, urine, fèces...), ils meurent ;
- **les échanges avec le milieu apportent à chacun ce dont il a besoin pour fonctionner**. L'organisme utilise les matières premières pour produire son énergie et ses structures de base afin de pouvoir grandir, fabriquer des cheveux, des muscles, des feuilles, des os, bouger, pousser...

3/ Comment ça marche ?

Le vivant a besoin d'échanger pour vivre et pour grandir : le corps utilise les matières premières pour produire son énergie et ses structures de base.

Mais comment ça marche ? À quoi sert ce qui rentre et d'où vient ce qui sort ?

A. L'ORGANISME VIVANT EST UNE USINE

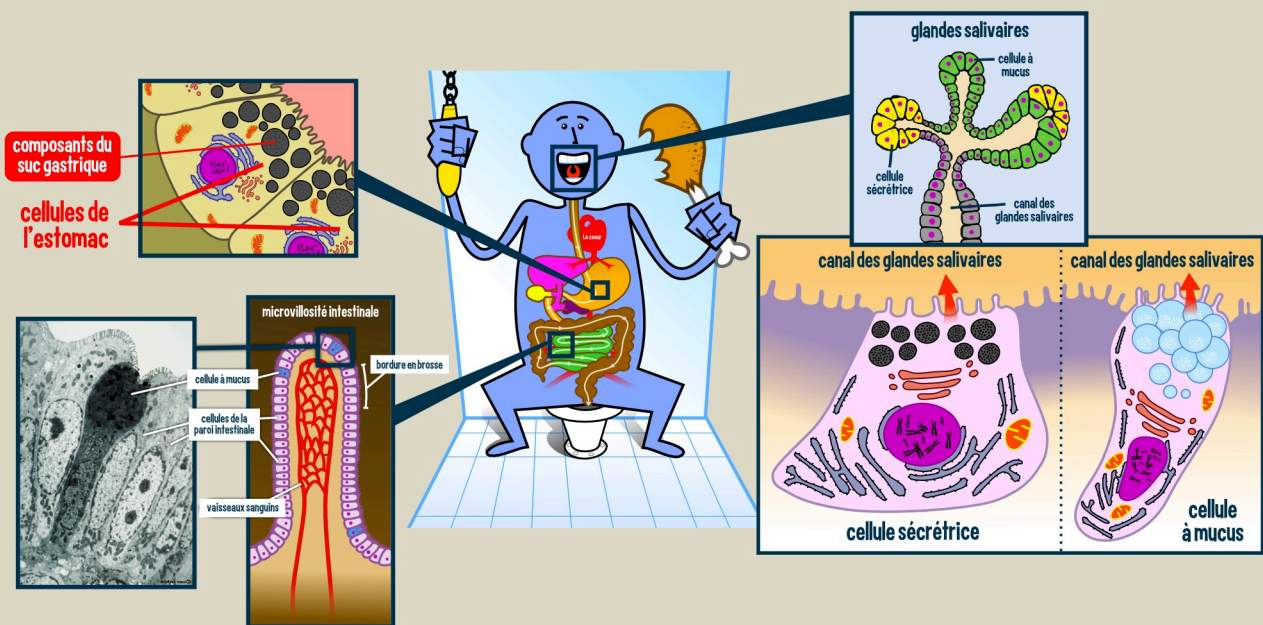
Un organisme vivant est une usine qui prélève la matière première (ce que nous mangeons et nous respirons), la transforme pour satisfaire ses besoins en énergie, sa croissance, fabriquer différentes substances (les protéines) utiles pour son fonctionnement... et rejette des déchets (transpiration, urine, fèces, CO₂).

Mais, en détail, comment l'organisme transforme-t-il ce qui rentre, et quel est son devenir dans le corps ?

LES ANIMAUX SONT DES PETITES USINES

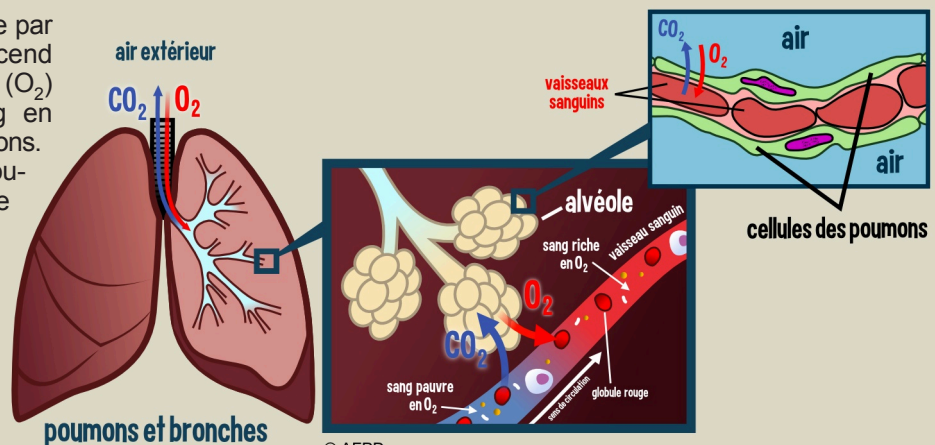
Le corps transforme la nourriture

Les aliments que nous mangeons sont digérés au fur et à mesure qu'ils progressent dans le tube digestif (bouche, estomac, intestin), en contact avec différents sucs digestifs (salive, suc gastrique, bile...) qui les transforment en nutriments (glucides, lipides, protides, sels minéraux, vitamines). Les nutriments et l'eau traversent les parois de l'intestin et passent dans le sang.



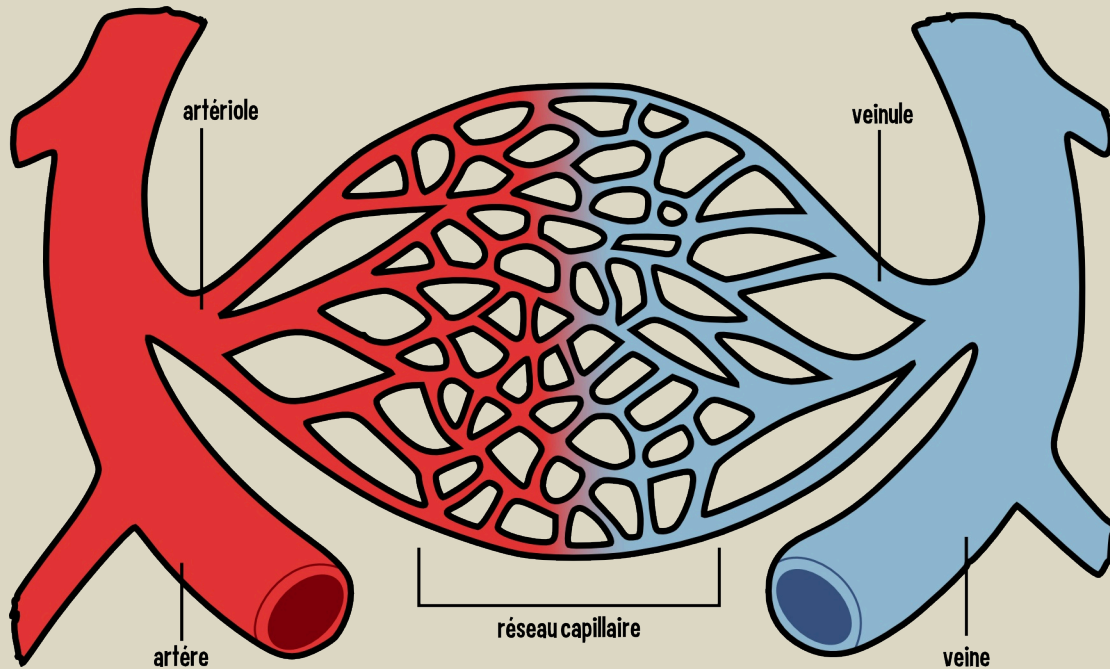
Le corps échange des gaz

À chaque inspiration, l'air rentre par le nez et la bouche et descend dans les poumons. L'oxygène (O₂) de l'air passe dans le sang en traversant les parois des poumons. En parallèle, au niveau des poumons, le sang libère du dioxyde de carbone (CO₂) qui traverse les parois et qui est ensuite évacué vers l'extérieur à chaque expiration.



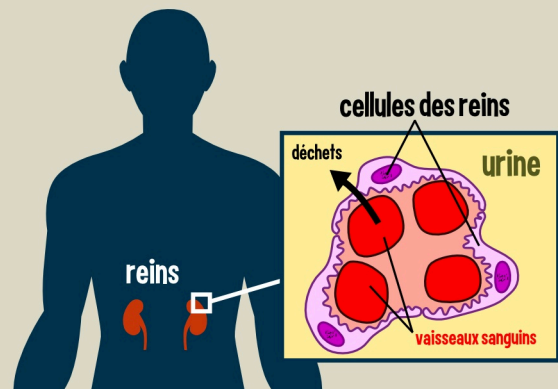
Le corps transporte des gaz et des nutriments

Le sang transporte les nutriments provenant de la digestion et les gaz liés à la respiration (O_2 , CO_2) dans tout le corps, grâce à un système de « routes » très développé : vaisseaux (artères et veines), artérioles, veinules et capillaires... Il alimente ainsi toutes les cellules du corps en gaz et en nutriments.



Le corps évacue ses déchets

Le sang est filtré par les reins qui envoient ses déchets dans les urines. Dans les poumons, le sang libère le CO_2 qu'il transporte. Dans les intestins, la partie non digérée des aliments est évacuée sous forme de fèces. Par la transpiration, le corps évacue également des déchets.



Ainsi, ce qui entre dans le corps est en partie transformé en matière première utilisable par les cellules et transporté dans le sang pour alimenter tout le corps. De plus, le corps rejette différents déchets.

B. LA CELLULE EST UNE PETITE USINE

Une fois transformées et transportées dans tout le corps, les matières premières (nutriments, eau, oxygène...) sont utilisées par nos cellules. Comment fonctionnent-elles exactement ?

Nous allons découvrir une des expériences qui a permis de montrer que les cellules fonctionnent comme de petites usines. Elle est réalisée sur la levure du boulanger, un organisme microscopique unicellulaire.

DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE :

Protocole

Dans une bouteille de 50cl, mettre un sachet de levure du boulanger (7g), un morceau de sucre et 5cl d'eau tiède, puis fermer la bouteille à l'aide d'un ballon et secouer doucement. Placer ensuite la bouteille dans un saladier d'eau chaude.

Dans une autre bouteille de 50cl, mettre un sachet de levure du boulanger (7g) et 5cl d'eau tiède. Fermer la bouteille à l'aide d'un second ballon, secouer doucement puis la placer dans un saladier d'eau chaude.

Nous pouvons nous demander ce que font les ballons et quel est le nombre de levures présentes dans les deux bouteilles après 20 minutes.

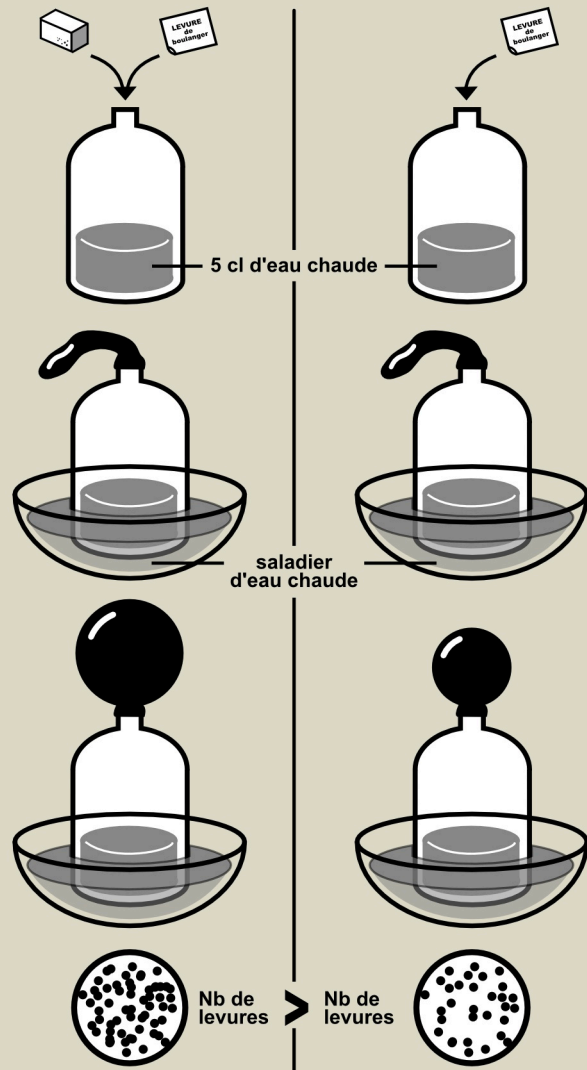
Observation

Après quelques minutes, nous constatons que les levures contenues dans la bouteille avec du sucre font gonfler plus fortement le ballon que les levures de la bouteille sans sucre. Les levures en présence de sucre fabriquent donc plus de gaz.

Grâce à un microscope muni d'une cellule de comptage, nous comptons le nombre de levures et remarquons qu'elles sont plus nombreuses dans la bouteille contenant le sucre, alors qu'il y en avait la même quantité au départ.

Interprétation

La levure, qui est une cellule unique, fonctionne comme une petite usine : elle utilise de la matière première (ici le sucre) pour produire l'énergie et la matière nécessaires pour se reproduire, et rejette des gaz (CO₂ et éthanol), déchets de son activité. C'est pourquoi nous observons plus de levures dans la bouteille contenant le sucre.



Comme la levure, chacune de nos cellules est une petite usine qui utilise des matières premières (eau, nourriture, O₂...) pour fabriquer différentes substances et produire de l'énergie, et rejette des déchets (CO₂, urée...) issus de son activité dans le sang.

Selon les organismes vivants, les cellules produisent de l'énergie à partir de différents éléments : la lumière pour les végétaux, les aliments pour les animaux, la chaleur pour certains micro-organismes... Cette énergie permet aux cellules de fonctionner et de fabriquer de nombreuses substances.



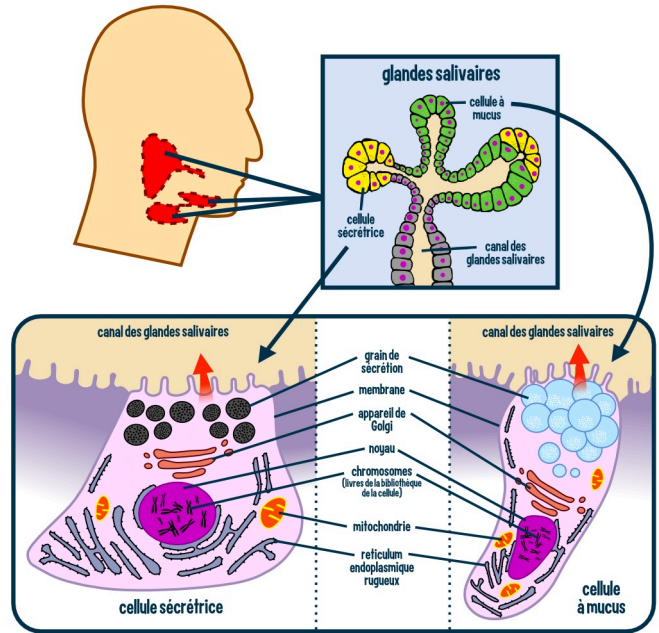
Luis Espinosa © AFPD

C. LA CELLULE, UNE USINE OUI, MAIS COMMENT FONCTIONNE-T-ELLE ?

Mets un morceau de mie de pain dans ta bouche, laisse-le s'imbiber de salive, et mâche pendant quelques minutes. Quel goût a le pain au bout d'un moment ? Que s'est-il passé ?

Au contact de la salive, la mie de pain prend un goût sucré. La salive contient une enzyme, substance qui intervient dans les réactions chimiques du corps, appelée amylase. Elle fonctionne comme un couteau et coupe les sucres contenus dans la mie de pain (amidon) dont on ne sent pas le goût, en morceaux plus petits dont on sent le goût sucré. **Mais d'où vient l'amylase et comment est-elle fabriquée ?**

La salive, composée d'eau et de différentes substances dont l'amylase, provient des cellules des glandes salivaires situées dans la bouche. Les glandes sont composées de plusieurs types de cellules ; les cellules à mucus fabriquent le liquide visqueux et les cellules sécrétrices fabriquent l'amylase.



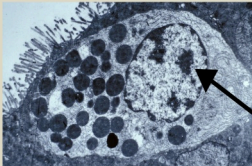
Comment fonctionnent ces petites usines ? Quel rôle joue chacun des éléments de la cellule dans la chaîne de fabrication de l'amylase ?

La cellule animale ressemble à une petite goutte de gel limitée par une fine membrane dans laquelle baignent différents éléments, les organites, qui assurent le fonctionnement de cette véritable usine.

Le noyau

Le noyau contient les « plans de fabrication » de l'amylase.

▼ Noyau d'une cellule sécrétrice

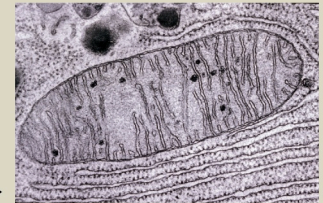


Michèle Kedinger © Inserm

Les mitochondries

Les mitochondries sont des centrales de production d'énergie qui utilisent les sucres et l'oxygène pour produire l'énergie permettant aux autres éléments de la cellule de fonctionner.

Mitochondrie et réticulum endoplasmique rugueux ▶



Gérard Torpier © Inserm

Les ribosomes

Les ribosomes sont les tables de montage qui fabriquent l'amylase. Ils sont libres dans le cytoplasme ou attachés au réticulum endoplasmique.

Le réticulum endoplasmique rugueux

Le réticulum endoplasmique rugueux est un réseau de galeries couvrant l'espace de l'intérieur de la cellule. L'amylase est transférée à l'intérieur du réticulum dès sa production par les ribosomes, ce qui permet ensuite son transport via des navettes, les vésicules, vers l'appareil de Golgi.

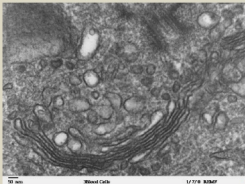
Réticulum endoplasmique rugueux et ribosomes (petits points noirs) ▶



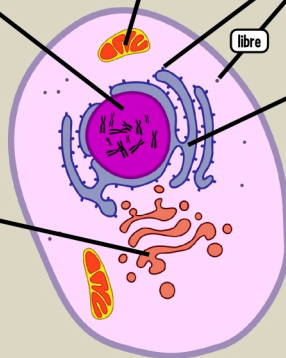
Jantine Breton-Corius © Inserm

L'appareil de Golgi

L'appareil de Golgi est un centre de transformation et de routage qui donne à l'amylase sa forme finale, puis l'expédie hors de la cellule via des vésicules.



◀ Appareil de Golgi



▼ Chloroplaste d'une cellule de feuille



© And3k et Capera437

Cellules et énergie

Les cellules animales produisent leur énergie par des réactions chimiques impliquant les mitochondries. Elles en comptent en moyenne entre 300 et 800 par cellule. Les cellules végétales possèdent des mitochondries, mais également un autre organite, le chloroplaste, petite centrale qui utilise l'énergie de la lumière pour transformer le dioxyde de carbone (CO₂) de l'air en sucre et produire de l'énergie utilisable par la cellule et la plante.

Comme des usines, les cellules du corps produisent des substances très diversifiées (plusieurs milliers d'enzymes, une cinquantaine d'hormones, des protéines de structure...) grâce à leurs organites qui assurent les différentes étapes de fabrication (table de montage, transformation, entreposage, production d'énergie...).

Ces substances sont utilisées par les cellules elles-mêmes (pour fonctionner, se réparer, se diviser...), par les organes et plus globalement par le corps pour son fonctionnement.

Anecdote : la notion de « cellule-usine » s'est construite petit à petit au cours du 19^e et du 20^e siècle, suite à la découverte, parfois en parallèle par des chercheurs du monde entier, des éléments de la cellule, de leurs rôles respectifs, des réactions chimiques qui se produisaient dans la cellule, des produits qu'elle fabriquait. La mise au point des méthodes permettant de voir les éléments de la cellule (organites) en microscopie électronique, le fractionnement des cellules pour isoler ces éléments et la découverte du réticulum endoplasmique ont valu le Prix Nobel de Médecine à Albert Claude, Christian Duve et George Palade en 1974.

D. LES CELLULES, POUR QUI FONCTIONNENT-ELLES ?

Plus généralement, nous pouvons nous demander ce que produisent les êtres vivants. Dressons une liste de ce que fabriquent les animaux et les végétaux. À quoi servent ces différentes substances ?

Substances fabriquées par les organismes vivants	
Animaux <i>(dont les humains)</i>	Larmes, sueur, sucs digestifs, enzymes, hormones, mucus, protéines de structure (fabrication de cellules, tissus), venin, phéromones, pigments...
Végétaux	Protéines de structure (matière organique - croissance), hormones, enzymes (plantes carnivores), pigments, toxines, parfum, phéromones...

Ce sont les cellules composant les êtres vivants qui se chargent de produire l'énergie et de fabriquer les nombreuses substances nécessaires au fonctionnement de l'organisme. Grâce à elles, l'organisme peut transformer les aliments en nutriments (rôle des enzymes, des sucs digestifs...), se protéger contre les microbes (sueur, mucus, larmes, anticorps...), se déplacer (enzymes produisant l'énergie pour le fonctionnement des muscles, hormones...), grandir ou pousser (protéines de structure, hormones pour diffuser des signaux...), attirer des partenaires sexuels ou des insectes (couleur, parfum, phéromones...)...

Mais les cellules ont aussi d'autres fonctions ! Elles composent les tissus qui constituent nos organes. Selon les organes, leurs formes et leurs contenus spécifiques leurs permettent d'assurer différentes fonctions essentielles. Par exemple, les globules rouges du sang transportent les gaz (O₂/CO₂) entre les poumons et les cellules ; les cellules des reins, en forme de filet, permettent de filtrer le sang vers les urines ; les fines cellules des parois des intestins permettent le passage des nutriments dans le sang, tandis que celles des poumons permettent les échanges de gaz avec le sang. Les cellules musculaires assurent le mouvement et les battements du cœur ; les cellules nerveuses, la transmission de l'information dans l'ensemble le corps ; les cellules sexuelles, la reproduction...

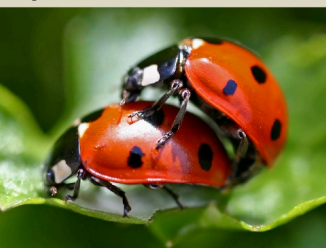

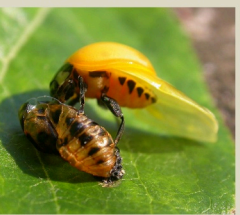








IV - LA CAPACITÉ DE SE REPRODUIRE

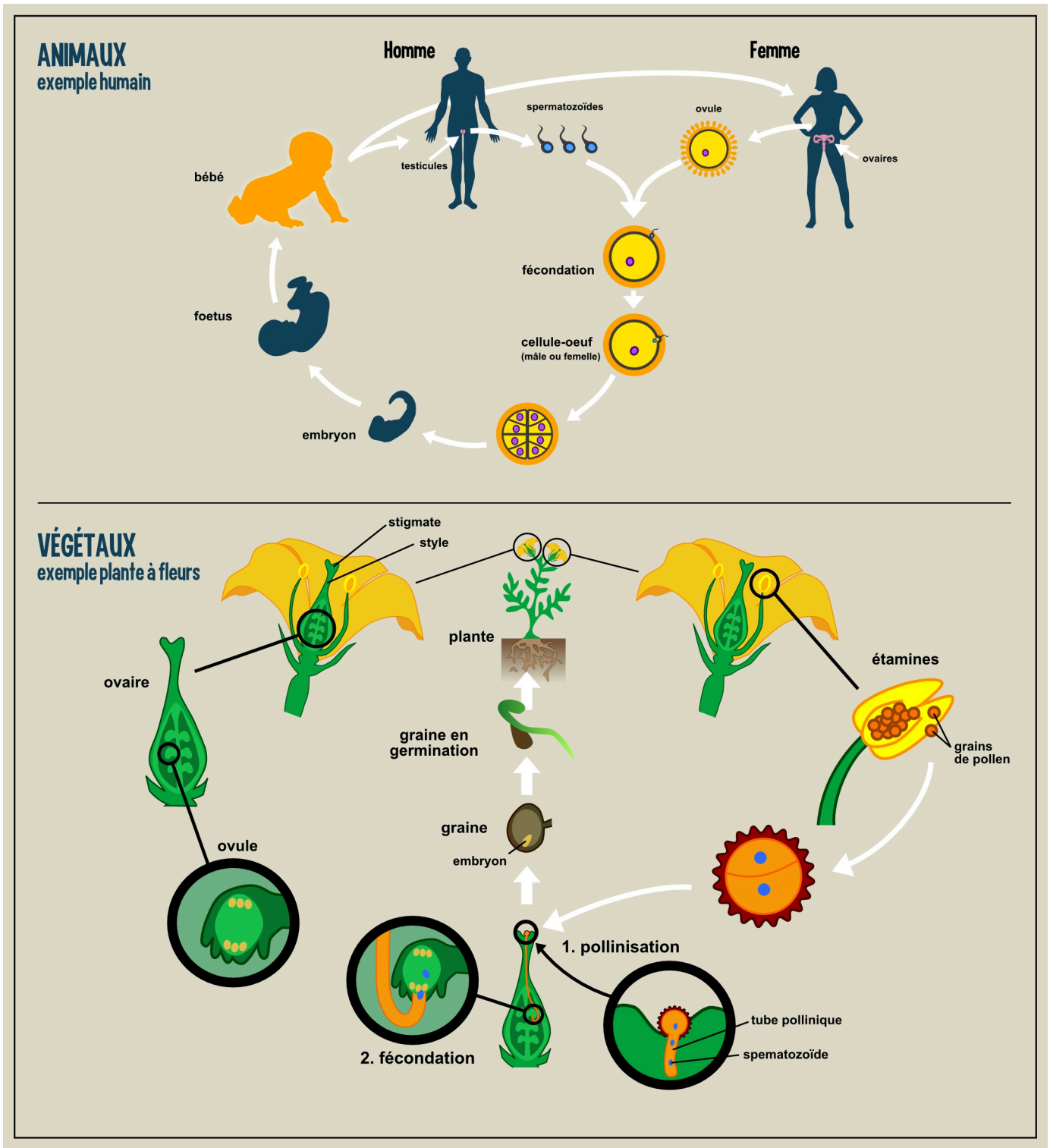
VOIR L'ACTIVITÉ
F12 « 1+1=1 »

1/ La reproduction sexuée

Comment se fabrique un organisme vivant ? D'où vient-il ?

Voici deux questions fondamentales que nous pouvons nous poser. Pour le découvrir, il s'agit d'utiliser les pré-requis des enfants et de s'aider de photos et de schémas des cycles de développement de différents organismes vivants.

<p>Reproduction de la coccinelle</p>  <p>© Entomart</p>	<p>Oeufs et larves de coccinelle</p>  <p>© Abrahami</p>	<p>De la larve à l'adulte</p>  <p>© Abrahami</p>	<p>Des oeufs à l'adulte</p> 
<p>Reproduction de l'hirondelle</p>  <p>© Ken Thomas</p>	<p>Oeufs d'hirondelle</p>  <p>© Kati Fleming</p>	<p>Bébés d'hirondelle</p>  <p>© H. Hoffmeister</p>	
<p>Tournesol</p>  <p>©</p>	<p>Pollinisation d'une fleur de tournesol</p>  <p>© A. Stafiniak</p> <p>Graines de tournesol</p>  <p>© Emőke Dénes</p>	<p>Germination de graines de tournesol</p>  <p>© Bluemoose</p>	



Nous constatons que le nouvel individu provient de la rencontre d'un mâle et d'une femelle de la même espèce et que les bébés naissent du ventre de la mère ou d'un œuf qu'elle a pondu. **On parle ici de reproduction sexuée.**

Mais plus précisément, d'où vient le nouvel individu ?

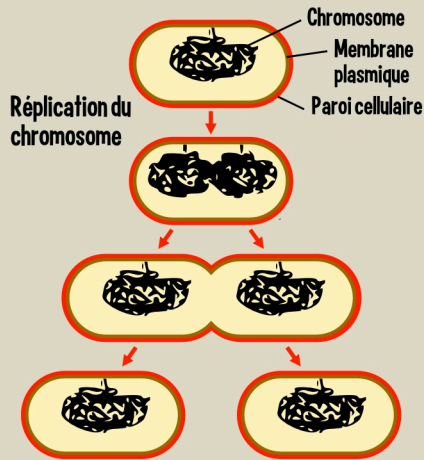
Observons en détail le cycle de développement des humains. Nous constatons qu'il existe chez l'homme et la femme des cellules spécifiques pour la reproduction : les cellules sexuelles (le spermatozoïde chez l'homme et l'ovule chez la femme). La rencontre et la fusion de ces deux cellules, appelées fécondation, donnent naissance à une cellule-œuf qui se développe pour former un bébé. **Ce constat peut se généraliser à tous les organismes vivants issus de la reproduction sexuée.**

Pour la reproduction sexuée, le développement d'un nouvel individu nécessite donc la rencontre et la fusion des cellules sexuelles en une cellule-œuf. Quand il y a accouplement, cette rencontre a lieu dans le ventre de la femelle, mais ce n'est pas toujours indispensable. Pour certains poissons par exemple, cette rencontre se fait dans l'eau, sans que mâles et femelles ne s'accouplent.

2/ Existe-t-il d'autres modes de reproduction ?

Pour répondre à cette question, observons ces quelques illustrations.

Reproduction de la bactérie

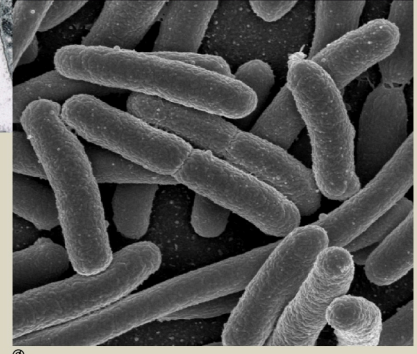


Reproduction de *rhodobacter*

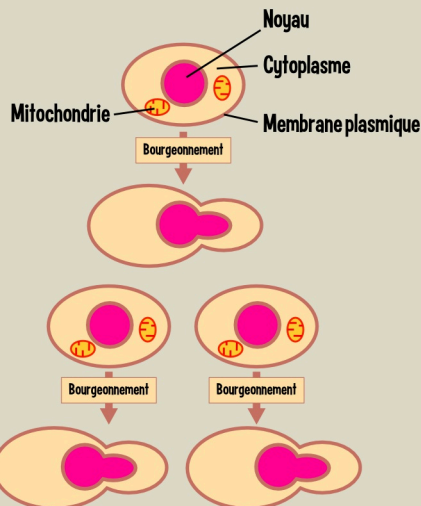


Alain Dupuis © Inserm

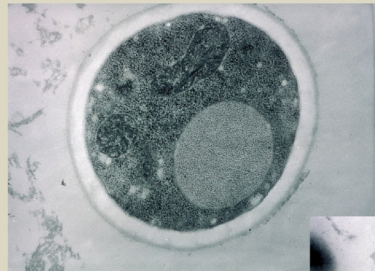
Reproduction de *E. coli*



Reproduction levure de bière

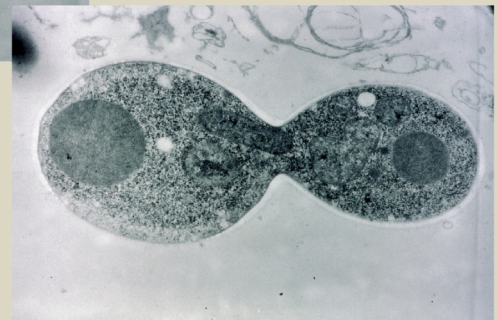


Levure de bière



Isabelle Pignot-Paintrand © Inserm

Levure de bière en division



Isabelle Pignot-Paintrand © Inserm

Boutures de plantes

(multiplication à partir d'un fragment de la plante mère)



© Passiflore

Parthénogenèse de pucerons des rosiers

(multiplication à partir d'un ovule non fécondé : clone de la mère)



© Aroid

Nous constatons qu'il existe un autre mode de reproduction où les organismes vivants ont la capacité de se reproduire seuls, sans partenaire, pour donner naissance à un nouvel individu. Ce dernier provient de la division d'une partie ou de la totalité de l'ancien individu : c'est la **reproduction asexuée**.

Mais plus précisément, d'où vient le nouvel individu ?

Observons en détail le cycle de développement d'une bactérie ou d'une levure, qui sont des organismes unicellulaires. Nous constatons qu'une cellule mère est à l'origine du nouvel individu : elle se divise en deux pour donner naissance à deux cellules filles identiques. C'est la division cellulaire, à la base de la reproduction asexuée.

Ce constat peut se généraliser à tous les organismes vivants issus de la reproduction asexuée. Certains animaux ou végétaux peuvent se reproduire également par ce mode de reproduction : ils possèdent une ou plusieurs cellules qui se multiplient pour donner naissance à un nouvel individu.

Plus généralement, la division cellulaire est le mode de multiplication de chaque cellule en deux cellules filles. Elle permet la reproduction asexuée, mais pas seulement. C'est elle qui permet, lors de la reproduction sexuée, la production des cellules sexuelles, le développement de la cellule-œuf en bébé une fois que les cellules sexuelles ont fusionné, ainsi que la régénération de tous les organes de chaque être vivant. C'est donc un processus fondamental dans le monde vivant.

3/ Conclusion

La reproduction, qu'elle soit sexuée ou asexuée, est la spécificité du monde vivant et le seul moyen de renouvellement d'un organisme vivant. Ainsi, le vivant vient forcément du vivant. La reproduction est donc à l'origine du maintien de la vie sur Terre, et permet à chaque espèce de renouveler sa population.

Notons que quel que soit le mode de reproduction, **ce sont les cellules** qui sont à l'origine du nouvel individu :

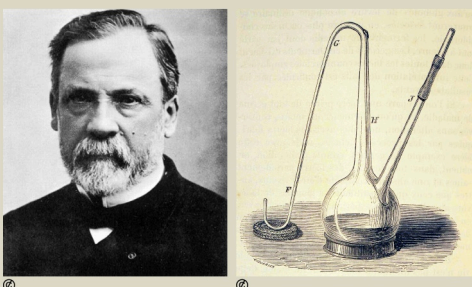
- dans le cas de la reproduction sexuée, il s'agit des cellules sexuelles qui fusionnent pour donner une cellule-œuf qui se développe en bébé ;
- pour la reproduction asexuée, c'est la cellule mère qui se divise en deux cellules filles, donnant un nouvel individu.

Ainsi, le secret de la reproduction est dans la cellule...

ET LA GÉNÉRATION SPONTANÉE ALORS ?

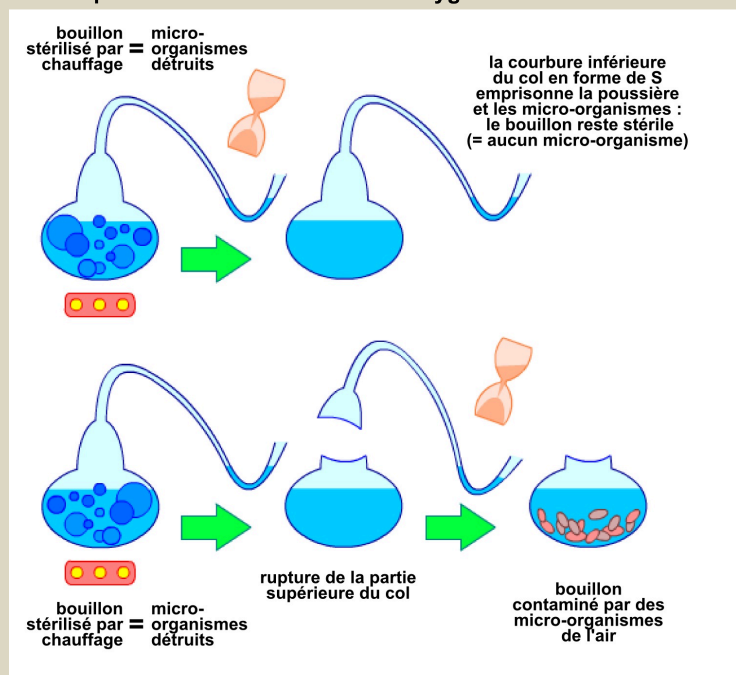
Jusqu'au 19^e siècle, on pensait que les êtres vivants naissaient spontanément à partir de matière inerte, car on observait souvent leur apparition là où on n'en voyait pas, du moins pour les petits animaux et les micro-organismes. *Exemples : les mouches naissent dans le sable, la sueur, les ordures ; les grenouilles et les crapauds naissent dans la boue des fleuves ; les souris viennent de tas de chiffons ; les moisissures viennent des aliments et des liquides ; les asticots sortent de la viande...*

En 1864, Louis Pasteur, chimiste français, démontra que la génération spontanée n'existait pas, et que dans chaque cas supposé, il y avait toujours des micro-organismes ou des œufs à l'origine des êtres vivants apparus.



A travers son expérience des ballons à col de cygne, il prouva que la vie ne se développe pas spontanément dans un milieu isolé dans lequel les micro-organismes ont été d'abord tués par la chaleur. Elle peut uniquement se développer à partir de matière vivante déjà existante.

Expérience des ballons à col de cygne de Louis Pasteur



V - L'ORIGINE DES PROCESSUS A LA BASE DU VIVANT

Dans cette partie, nous nous plaçons dans le cas de la reproduction sexuée, où deux cellules sexuelles (spermatozoïde et ovule) fusionnent en une cellule-œuf qui se développe en bébé.

VOIR LES ACTIVITÉS
F5 « HISTOIRE D'OEUF » ET F6 « UNE BIBLIOTHÈQUE DANS TA CELLULE »

1/ La stabilité de l'espèce

Nous pouvons nous demander à quoi ressemblent les enfants de chaque organisme vivant. Pour y répondre, observons les photos de petits avec leurs parents.

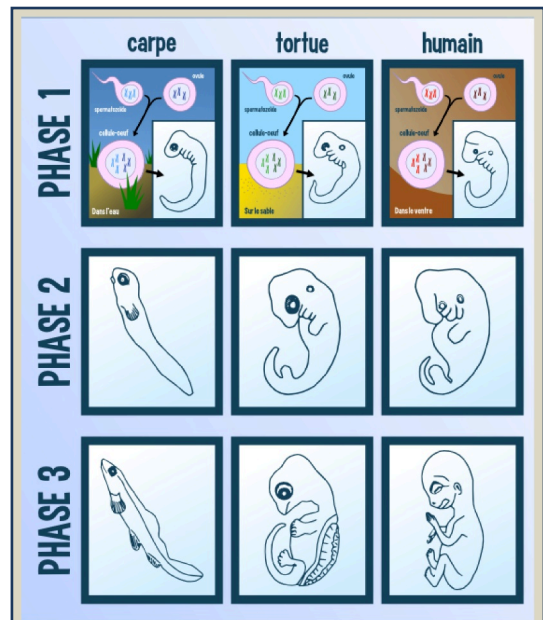


Nous remarquons qu'au sein d'une même espèce, les enfants ressemblent à leurs parents : même organisation sur le plan structural (morphologie, anatomie) et fonctionnel. Cette stabilité entre parents et enfants d'une même espèce nécessite donc l'existence d'une information qui permet la reproduction de la forme, des organes et des spécificités de chaque espèce.

2/ D'où vient l'information qui dit à la cellule-œuf ce qu'elle doit faire ?

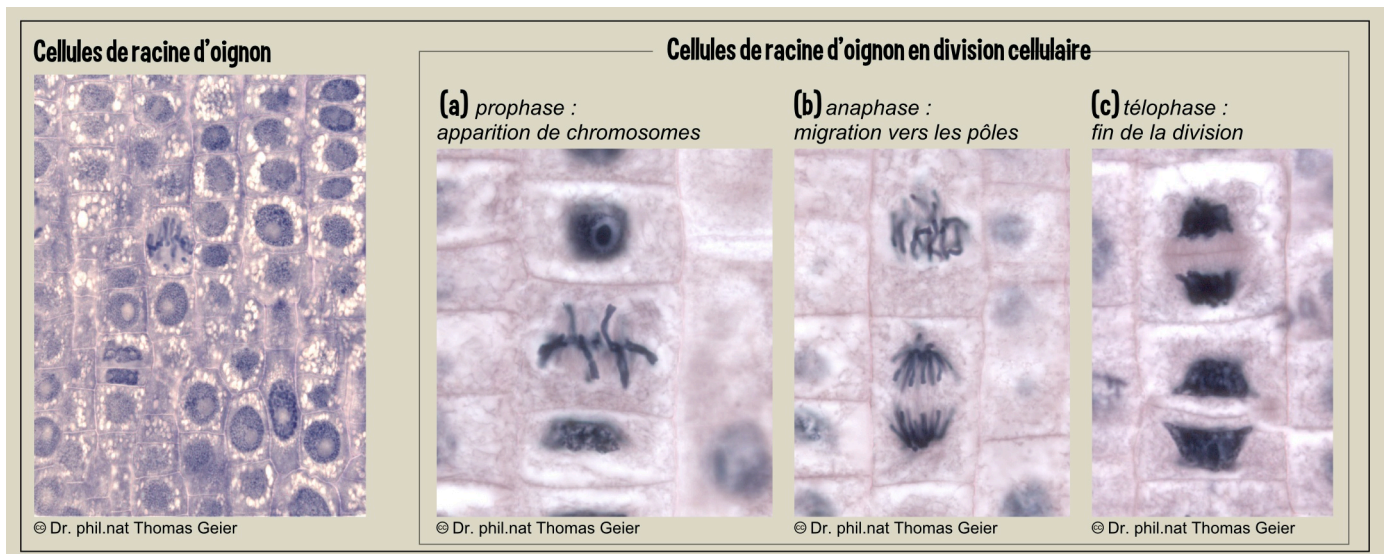
Nous pouvons nous demander d'où vient l'information qui dit à la cellule-œuf ce qu'elle doit faire. Pour le découvrir, observons le développement de la carpe, de la tortue et de l'humain, dont les cellules-œufs se développent dans différents milieux (eau, sable, utérus).

Nous remarquons que les cellules-œufs se développent toutes seules, quel que soit le milieu (eau, sable, utérus...), sans intervention extérieure pour les guider. **Les informations nécessaires à leur développement sont donc contenues dans les cellules-œuf elles-mêmes.**



Mais où se trouve cette information dans la cellule ?

Pour le savoir, il est possible d'observer des cellules de racine d'oignon à différents stades de division cellulaire.



Nous voyons sur ces photos des cellules mères qui se divisent en deux cellules filles. A l'emplacement du noyau de la cellule mère, des petits bâtons apparaissent (a), puis se séparent de chaque côté de la cellule (b) et disparaissent, laissant la place à deux noyaux de deux cellules filles (c).

Nous pouvons donc suggérer que l'information qui dit à la cellule ce qu'elle doit faire semble contenue dans le noyau de la cellule. Cette suggestion est confirmée par l'expérience de Morgan. (voir 4.b)

3/ À quoi ressemble cette information ? Comment est-elle organisée ?

Comment l'information contenue dans une cellule-œuf fécondée unique peut-elle permettre le développement d'un individu d'une manière précise ?

Pour se rendre compte de l'ampleur de la tâche pour cette cellule-œuf, il peut être intéressant de recenser différentes instructions nécessaires pour arriver à la formation d'un individu.

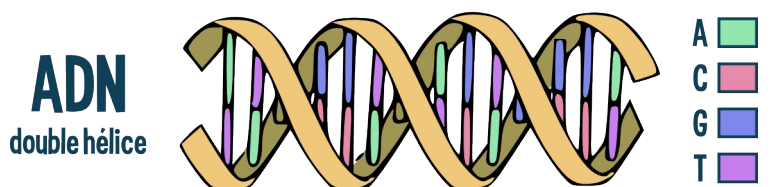
Quelques exemples de la cellule-œuf au bébé :

- développement des parties de l'individu (tête, pieds, mains, jambes, bras, ventre, cou...);
- fabrication des organes (cœur, cerveau, poumons, estomac, yeux, intestins, peau, os, muscles...), le tout placé au bon endroit, irrigué par le sang et dirigé par le système nerveux ;
- pour chaque organe, spécialisation des cellules qui le constituent pour assurer ses fonctions : cellules sécrétrices de l'estomac, cellules musculaires du cœur, cellules nerveuses du cerveau.

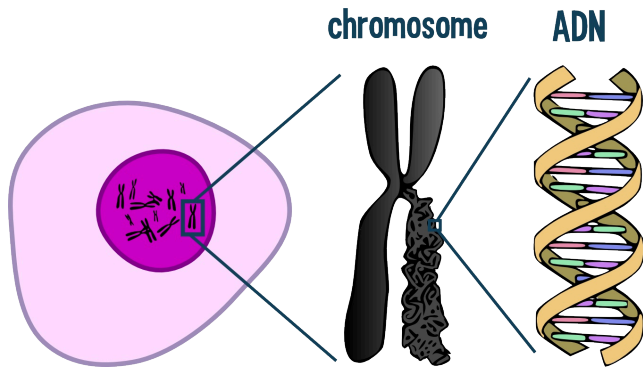
La cellule-œuf initiale doit gérer une quantité énorme d'instructions qui permettront le développement de l'œuf en bébé avec la même organisation que celle de ses parents (mêmes parties du corps et mêmes organes, situés aux mêmes endroits). Ces instructions permettront aussi au bébé de grandir et d'assurer ses fonctions.

Pour chaque espèce, ces instructions se conservent des parents à l'enfant. Ceci implique que l'information qui porte ces instructions soit elle-même très organisée. **Cette information structurée**, localisée dans le noyau des cellules, s'appelle le **génome** et contient tous les « plans de fabrication » permettant le développement de l'œuf en bébé.

L'information de la cellule est portée par une double hélice, appelée **ADN**, composée de deux filaments constitués de la répétition dans le désordre d'un code de 4 lettres (A, C, G, T). Ce code contient toutes les instructions nécessaires au fonctionnement des cellules.



L'ADN est protégé dans le noyau, condensé sous forme de chromosomes.

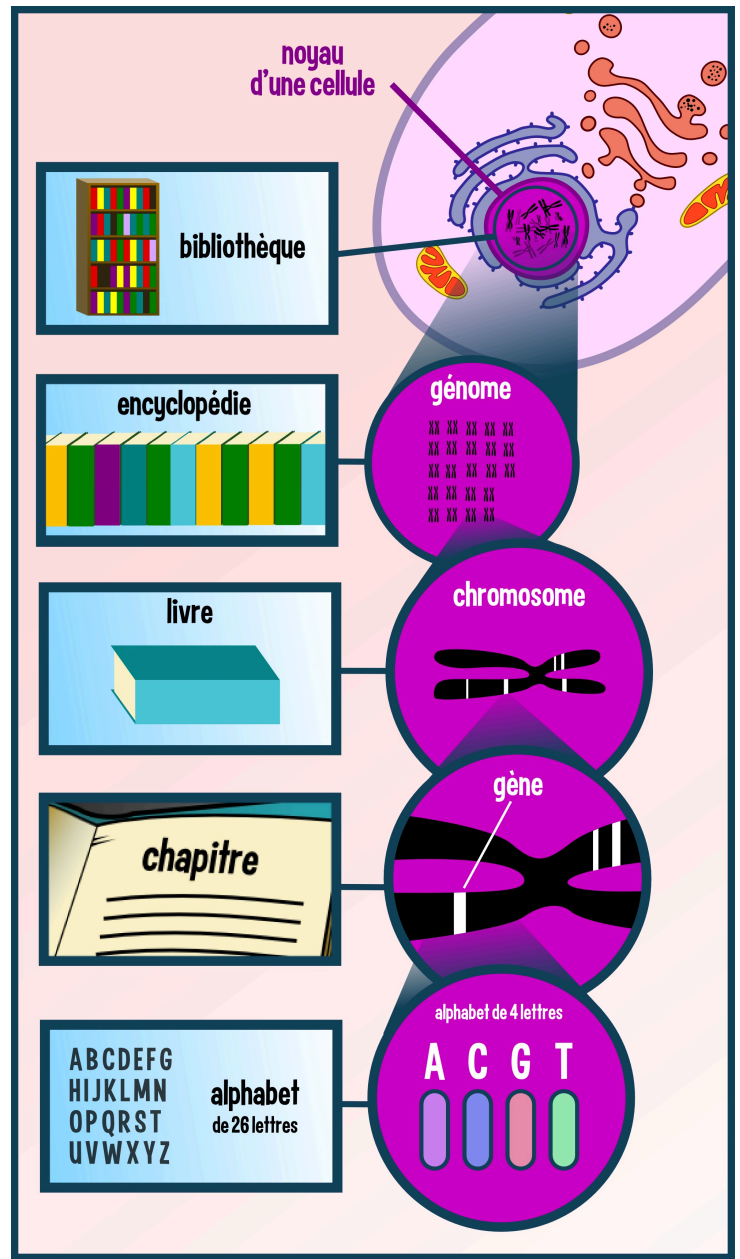


Pour simplifier, nous pouvons nous appuyer sur l'analogie suivante :

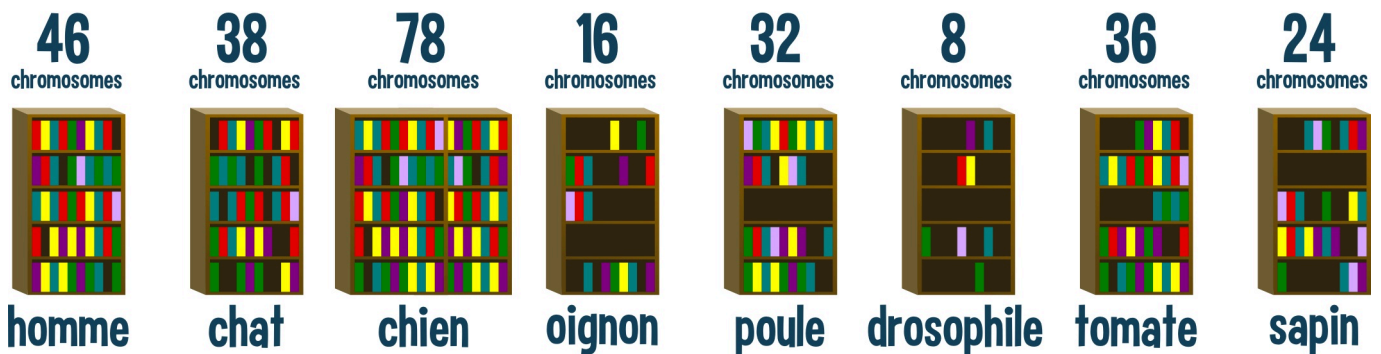
Chaque cellule contient **un noyau comparable à une bibliothèque** qui renferme **un génome, sorte d'encyclopédie** contenant tous les « plans » qui définissent notre apparence et notre fonctionnement.

Chaque **chromosome correspond à un livre de cette encyclopédie**, composé de plusieurs **chapitres, les gènes**, qui contiennent **des instructions codées avec un alphabet de 4 lettres (A, C, G, T)**.

A noter : Les cellules-œufs des différentes espèces, qui se ressemblent au départ, vont donner une carpe, une tortue et un humain. L'information contenue dans le noyau de ces cellules se présente sous la même forme (une double hélice d'ADN) mais la composition des génomes n'est pas la même d'une espèce à l'autre : le nombre de chromosomes varie ainsi que les instructions codées par l'alphabet de 4 lettres.



Tous les êtres vivants n'ont pas le même nombre de chromosomes



4/ À quoi sert cette information ?





Pour découvrir précisément les rôles de l'information contenue dans le noyau des cellules, des chercheurs du 19^e et du 20^e siècle ont mené différents travaux résumés ci-dessous.

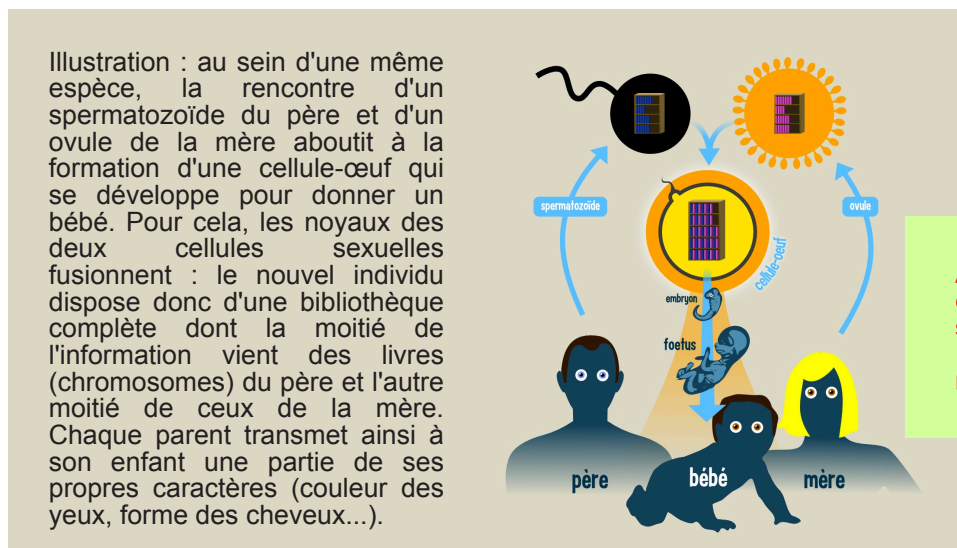
A. LES LOIS DE L'HÉRÉDITÉ

En réalisant des croisements sur plusieurs générations entre des variétés de petits pois présentant des différences de caractères (couleur des pois, apparence de leur peau...), **Gregor Mendel (1822-1884), botaniste autrichien**, observe que les caractères d'un descendant sont transmis par les plantes « parents ». Pour lui, chaque caractère d'une plante correspond à un « élément » présent dans ses cellules en deux exemplaires : l'un provient de la plante « père » et l'autre de la plante « mère ».

Il est le premier à énoncer **les lois de l'hérédité en 1865, selon lesquelles nos caractères nous sont transmis par nos parents, donc héréditaires.**

En 1883, le **médecin allemand August Weismann (1834-1914)** énonce que les caractères héréditaires sont portés par les chromosomes, la moitié des chromosomes du bébé provenant du spermatozoïde du père et l'autre moitié de l'ovule de la mère.

Petits pois	
Apparence de la peau	Couleur des pois
 Gris & lisse	 Jaune
 Blanc & ridé	 Vert



Ainsi, les cellules renferment-elles dans leur noyau, sur leurs chromosomes, l'information héréditaire. Elles la transmettent de génération en génération.

B. L'INFORMATION DÉFINIT NOS CARACTÈRES

En 1909, le **biologiste danois Wilhelm Johannsen (1857-1927)** réalise des recherches sur les haricots et conclut, comme Mendel, que tous les caractères transmis par les parents sont déterminés par des « éléments » à l'intérieur de la cellule qu'il appellera « gènes ».

En 1913, le généticien américain Thomas Morgan (1866-1945) réalise de nombreuses expériences sur la transmission des caractères qui permettent de mieux comprendre le rapport avec la structure du noyau des cellules. Il croise sur plusieurs générations des mouches du vinaigre (drosophiles) qui présentent différents caractères (couleur des yeux, taille des ailes...) et dont les chromosomes géants sont visibles au microscope optique. Ses recherches l'amènent à d'importantes découvertes :

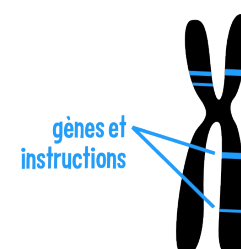
- le gène existe et code pour un caractère précis ;
- un gène spécifique se trouve sur un chromosome spécifique ;
- plusieurs gènes sont réunis sur un chromosome et sont alignés dans un ordre précis.

Il publie la première carte génétique d'un chromosome de la drosophile montrant l'ordre et la succession des gènes le long du chromosome et reçoit pour cela le prix Nobel de médecine en 1933.

Mouche du vinaigre



Audrey Alberga © Inserm



Ces travaux confirment que l'information est organisée dans le noyau. Le vivant est donc organisé à tous les niveaux : morphologique, anatomique, fonctionnel, génétique, l'ensemble étant interdépendant.

C. L'INFORMATION DÉFINIT LE FONCTIONNEMENT DU CORPS

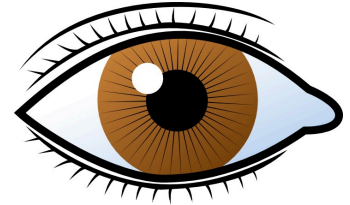
En 1941, deux scientifiques américains, George Wells Beadle (1909-1989) et Edward Lawrie Tatum (1909-1975), prouvent qu'un gène est le « plan de fabrication » d'une protéine (enzymes, hormones...). Ils démontrent que la modification d'un gène de moisissure modifie un de ses caractères : sa capacité à se reproduire correctement.

En 1958, ils reçoivent le prix Nobel en montrant que chaque enzyme est codée par un gène selon le principe « un gène, une enzyme ».

L'information contenue dans le noyau des cellules s'exprime donc sous forme de protéines, substances (enzymes, hormones...) fabriquées par nos cellules, qui définissent nos caractères (couleur des yeux, forme des cheveux, taille...) et le fonctionnement du corps.

5/ Du gène au caractère, comment ça marche ?

Partons d'un caractère bien connu, la couleur des yeux. Elle dépend de la quantité d'une substance fabriquée dans certaines cellules de l'iris de l'œil, la mélanine, et de son accumulation dans ces cellules.



Comment est-elle produite ?

Les instructions pour fabriquer la mélanine sont contenues dans les chapitres (gènes) de certains livres (chromosomes) de nos cellules.

Dans le noyau des cellules de l'iris de l'œil, ces chapitres sont sélectionnés (1) et les instructions responsables de la couleur des yeux sont photocopiées (2). Les photocopies sortent de la bibliothèque (3), contrairement aux livres, et sont lues par des ouvriers (enzymes) situés au niveau des chaînes de montage (ribosomes des RER) (4), qui déclenchent la fabrication de mélanine. Elle est ensuite stockée par la cellule (5). Plus on accumule la mélanine dans la cellule, plus les yeux sont marrons foncés. A l'inverse, en absence de mélanine, les yeux sont bleus.



VI - CONCLUSION

VOIR L'ACTIVITÉ
F1 « LA VIE, C'EST QUOI ? »

La définition du vivant

Pour définir le vivant, les scientifiques s'accordent sur trois critères essentiels :

- **être constitué d'une ou plusieurs cellules.** La cellule est le plus petit élément capable de vie. C'est un petit monde bien délimité qui a tous les éléments nécessaires à sa survie et qui est capable de produire d'autres cellules ;
- **échanger avec son environnement (milieu et autres êtres vivants) :** puiser l'énergie, la matière et l'information nécessaires à son fonctionnement et à celui de ses cellules, rejeter des déchets, produire de la matière. Certains de ces échanges, comme l'alimentation et la respiration, sont vitaux ;
- **être issu de la reproduction : c'est la spécificité du monde vivant et le seul moyen de renouvellement des organismes vivants.** Un organisme vivant naît, se développe selon la même organisation que ses parents (et son espèce), peut se reproduire et finit par mourir : c'est son cycle de vie. La **reproduction** est donc à l'origine du maintien de la vie sur Terre, et permet à chaque espèce de renouveler sa population.

De plus, le monde vivant, malgré sa diversité, est un monde d'êtres organisés à différents niveaux :

- **organisation sur le plan structural :** aux niveaux morphologique (parties du corps), anatomique (organes) et microscopique (tissus et cellules qui composent les organes) ;
- **organisation sur le plan génétique :** l'information contenue dans le noyau des cellules, portée par des gènes présents dans un ordre précis sur chacun de nos chromosomes, permet la stabilité de l'espèce lors de la reproduction ;
- **organisation sur le plan fonctionnel :** les organes, ensemble, permettent à l'être vivant de réaliser différentes fonctions, dont certaines sont vitales (échanges avec le milieu...).

Cette organisation à tous les niveaux est à l'origine des processus vitaux (maintien et renouvellement du vivant) : **les échanges avec le milieu** (entrée et sortie de matière, d'énergie, d'information) et **la reproduction**.

L'origine du vivant

Jusqu'au 19^e siècle, on croyait que les espèces se métamorphosaient, ou que les êtres vivants naissaient spontanément à partir de matière inerte. Ainsi, un traité de botanique datant de 1609 explique : « *Il existe un arbre, peu commun en France, il est vrai, mais fréquemment observé en Écosse. Des feuilles tombent de cet arbre ; d'un côté elles touchent l'eau et se transforment en poissons, de l'autre côté elles touchent la terre et se transforment en oiseaux.* »

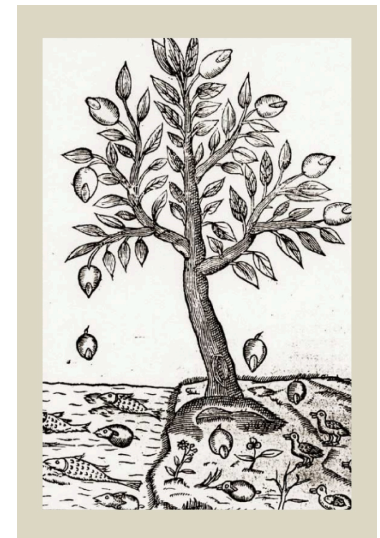
Au 18^e siècle, le naturaliste suédois **Carl von Linné** (1707-1778) tente d'organiser les espèces entre elles et propose un système pertinent de classification du vivant qui sera le point de départ d'une nouvelle phase de la recherche en biologie. Des chercheurs tels que l'anatomiste français **Georges Cuvier** (1769-1832), le naturaliste français **Jean-Baptiste de Lamarck** (1744-1829), et le naturaliste anglais **Charles Darwin** (1809-1882) s'intéressent également à l'origine du vivant, à la classification et à l'évolution des espèces.

Charles Darwin construit la première théorie en biologie non réfutée à partir des observations de fossiles et d'espèces rencontrées lors de ses voyages autour du monde. En se basant sur les ressemblances entre espèces (présence d'une tête, de fleurs...), il les regroupe en famille et émet l'hypothèse que chaque famille a un ancêtre commun. Puis, en identifiant des ressemblances plus fines entre ces familles (ex. forme des squelettes...), il arrive à la conclusion que toutes les espèces ont un même ancêtre commun : un organisme composé d'une seule cellule, la cyanobactérie. Ainsi, l'évolution et la diversification des premières formes de vie au fil du temps sont à l'origine de la diversité des espèces actuelles. **C'est la théorie de l'évolution.**

Il construit cette théorie sans connaître l'existence des cellules, de leurs protéines (enzymes, hémoglobine...), ni celle du génome. Ces connaissances modernes ont permis de renforcer et confirmer cette théorie.

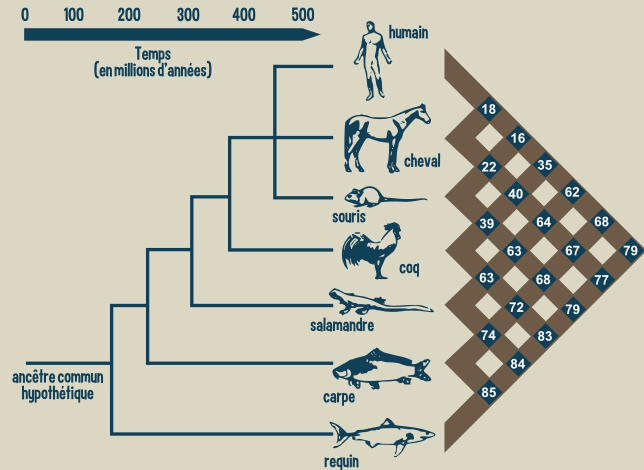
Ainsi, en comparant les génomes des cellules de différentes espèces (animales, végétales, bactéries...), nous constatons qu'ils ont tous des gènes communs (plus ou moins en fonction des espèces) et que les génomes se sont enrichis et diversifiés depuis l'apparition des premiers êtres vivants sur Terre.

VOIR L'ACTIVITÉ
F2 « AU FIL DE LA VIE »



Source : Gravure de l'édition originale : Claude Duret, Histoire Admirable des Plantes et Herbes Esmerveilleables & Miraculeuses en nature [...] à Paris, chez Nicolas Buon, 1605.

Exemple : un arbre phylogénétique montrant les liens de parenté de sept vertébrés a été construit à partir de la comparaison de la séquence d'acides aminés d'une molécule homologue, la chaîne alpha de l'hémoglobine. Les valeurs indiquent le nombre d'acides aminés différents entre deux espèces : par exemple, 16 entre l'Homme et la souris ; 40 entre le cheval et le coq. Le gène codant pour cette protéine serait apparu il y a 450 millions d'années.



La reproduction sexuée dans l'évolution : le génome transmis aux descendants lors de la reproduction sexuée peut subir de légères modifications. Sur de courtes périodes, elles ne sont pas visibles, mais au fil du temps, leur accumulation chez certains individus d'une même espèce peut parfois les favoriser face aux contraintes de l'environnement (nourriture, climat). Ces modifications génétiques peuvent alors permettre de transmettre ces avantages à la descendance. C'est le point de départ possible d'une nouvelle espèce qui continue à évoluer.

EXEMPLE D'OBSERVATION D'ÉVOLUTION SUR DES ÉCHELLES DE TEMPS HUMAINES

La phalène du bouleau

Le cas de la phalène du bouleau est un bon exemple d'évolution par la sélection naturelle. Il s'agit d'un papillon de nuit blanc moucheté de noir (forme dite « claire »). Le jour, il se repose, immobile, sur les troncs clairs des bouleaux, où il passe souvent inaperçu. En 1848, une forme noire de cette espèce (dite « mélanique »), est observée pour la première fois à Manchester, ville industrielle d'Angleterre. L'apparition de cette forme sombre pourrait venir des phénomènes suivants : dans cette région, la suie et le dioxyde de soufre émanant des industries font mourir les lichens clairs qui recouvrent et éclaircissent le tronc des bouleaux. Ainsi, les troncs retrouvent la couleur noire d'origine de leur écorce. Les phalènes sombres, mieux camouflées que les claires, seraient moins souvent attrapées par les oiseaux.

En 1959, une loi oblige les industriels à nettoyer les fumées de leurs usines, qui ne rejettent plus de suie ni de dioxyde de soufre. Les lichens clairs réapparaissent sur les arbres et les populations de phalènes claires ont de nouveau tendance à augmenter.

Différents facteurs sélectifs seraient mis en jeu dans cet exemple : le camouflage par rapport à la couleur du tronc des bouleaux, mais aussi une plus forte tolérance des larves de forme mélanique aux polluants et aux parasites. Le « mélanisme industriel » aurait touché également entre 80 et 100 autres espèces d'arthropodes.

Les éléphants d'Afrique

Le cas des éléphants d'Afrique est un exemple d'évolution observable dans un espace-temps très court, celui d'une vie humaine !

Les éléphants d'Afrique sont chassés pour leurs défenses. C'est une des principales causes de mortalité pour cette espèce. Les chasseurs s'attaquent surtout aux éléphants à grosses défenses. Même si les grosses défenses sont un avantage sélectif par rapport aux petites lors des rivalités, cet avantage est contrebalancé par un désavantage dans la rencontre avec les chasseurs. Ainsi, toute hausse de la chasse, légale ou illégale, entraîne un avantage sélectif en faveur des éléphants à petites défenses.

En s'appuyant sur une étude menée en Ouganda sur le poids des défenses récoltées lors des chasses légales, on constate une tendance statistiquement significative de diminution du poids des défenses sur une trentaine d'années. On observerait donc une tendance évolutive - extrêmement rapide - vers des défenses plus petites, du fait de la forte sélection contre les grosses défenses liée à la chasse légale, mais surtout au braconnage !

Cette même cause pourrait être également à l'origine de l'absence de défenses dans de nombreuses populations locales d'éléphants d'Asie...

Source : Richard DAWKINS, *Le plus grand spectacle du monde*, p 126-128

La maîtrise du vivant... attention aux dérives !

Nos connaissances actuelles sur le vivant et le degré de maîtrise des techniques sur ce sujet (donnant accès au génome des cellules) permettent aujourd'hui d'apporter des modifications au niveau génétique chez de nombreuses espèces pour l'agriculture et l'expérimentation scientifique.

Certaines recherches actuelles (clonage, organismes génétiquement modifiés - OGM...) peuvent être sensibles et avoir des conséquences environnementales et humaines. C'est pourquoi, au-delà des dimensions de progrès, il faut prendre en compte les dimensions éthiques dans l'avancée de certaines de nos connaissances.

Mettre en place des débats sociétaux sur ces sujets est indispensable :

- pour prendre conscience collectivement des intérêts mais aussi des dérives potentielles liées à ces recherches ;
- pour fixer les limites à ne pas dépasser et les règles à respecter.

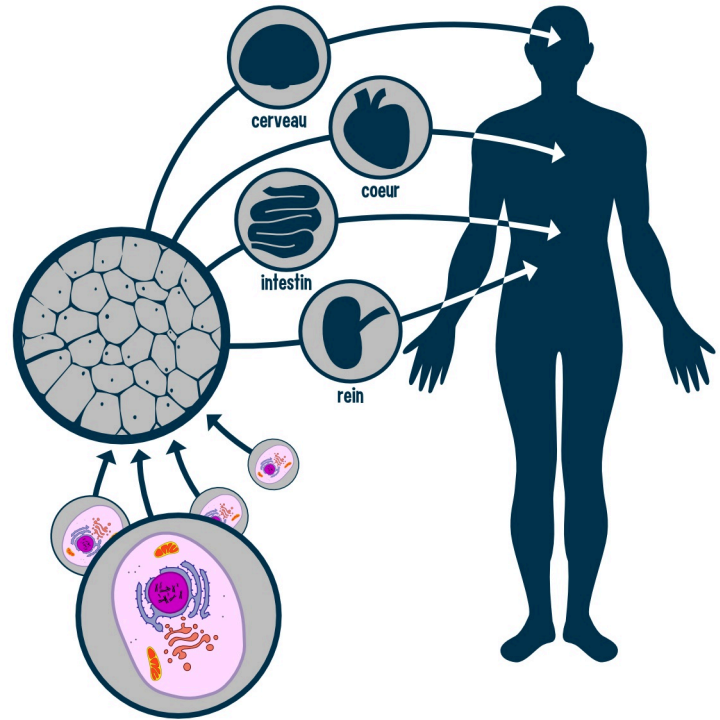
PARTIE 2

TYPOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DES CELLULES DU CORPS



Le corps humain comprend plus de 200 types de cellules qui constituent ses tissus et ses organes (cœur, poumons, intestin, cerveau, muscles, sang, foie, reins...), chacun assurant des fonctions spécifiques (respiration, digestion, défense, régulation des déchets...). Mais le corps est un tout, où les organes et les cellules fonctionnent de manière interdépendante, et c'est ce système complexe qui constitue la vie !

Découvrons maintenant quelques fonctions du corps, chacune mobilisant plusieurs organes et types de cellules.



I - CELLULES LIÉES À L'ALIMENTATION

VOIR LES ACTIVITÉS
F13 « À TABLE ! »,
F4 « C'EST L'USINE DANS TA CELLULE »,
F8 « L'UNION FAIT LA FORCE »

Plusieurs types de cellules sont en lien avec l'alimentation et la digestion :

- **les cellules dites sécrétrices et à mucus** fabriquent les substances qui permettent au corps de digérer les aliments et de les transformer en nutriments. Ces cellules se situent dans différentes glandes au niveau de la bouche, de l'estomac, du pancréas et de l'intestin. Elles fabriquent la salive, le suc gastrique, la bile, les sucs pancréatiques et intestinaux ;
- **les cellules de la bouche et des parois du tube digestif** présentent différentes propriétés :
 - au niveau de la bouche, elles forment les dents et la langue qui malaxent les aliments ;
 - au niveau de l'estomac, elles résistent aux acides des sucs gastriques ;
 - au niveau de l'intestin grêle, dont les parois sont repliées en nombreuses villosités qui permettent une grande surface d'échange, les cellules sont très fines et assurent le passage des nutriments dans le sang. Ils iront ainsi alimenter toutes les cellules de notre corps ;
 - au niveau du gros intestin, les cellules des parois absorbent spécifiquement l'eau et les sels minéraux.

II - CELLULES LIÉES À LA RESPIRATION

VOIR LES ACTIVITÉS
F10 « UN LIVREUR INFATIGABLE ! »
ET F8 « L'UNION FAIT LA VIE »

Pour assurer la fonction de respiration du corps, plusieurs types de cellules entrent en jeu :

- **les cellules des poumons** sont de plusieurs types. Certaines fabriquent du mucus qui protège le corps contre les microbes ; d'autres, très fines, constituent la paroi des alvéoles et permettent les échanges de gaz entre le sang et les poumons ;
- **les globules rouges, cellules du sang**, fixent l'oxygène (O_2) et le dioxyde de carbone (CO_2). Ils transportent dans tout le corps l' O_2 des poumons jusqu'aux cellules et le CO_2 des cellules jusqu'aux poumons à travers un vaste réseau de « routes » : les vaisseaux sanguins ;
- **les cellules musculaires du cœur** font battre le cœur, ce qui lui permet de faire circuler le sang dans tout le corps.

III - CELLULES LIÉES À LA DÉFENSE DU CORPS

VOIR L'ACTIVITÉ
F11 « LA GUERRE DES BOUTONS »

Pour assurer la défense du corps contre les microbes (virus, bactéries...) responsables des maladies (grippe, angine...), il existe plusieurs types de cellules :

- **les cellules de la peau et des muqueuses** (peau du nez, de la bouche, des poumons, du tube digestif...) sont de véritables barrières du corps, qui empêchent le passage des microbes dans le sang. Les cellules des muqueuses fabriquent un liquide visqueux qui permet d'enrober puis d'évacuer la plupart des intrus ;
- **les globules blancs, cellules du sang**, sont chargés de la défense du corps. Ils reconnaissent les microbes qui présentent des cartes d'identité différentes de celle des cellules du corps. Les stratégies d'attaque diffèrent selon les globules blancs :
 - **les soldats (les phagocytes)** mangent leurs ennemis ;
 - **les unités d'élite (les lymphocytes)** détruisent leurs ennemis à l'aide de substances toxiques ou d'anticorps qui neutralisent les intrus.

IV - CELLULES LIÉES À LA PERCEPTION ET À LA COMMUNICATION

VOIR LES ACTIVITÉS
F9 « CROQUE TA POMME ! »
ET F16 « CORPS SOUS
CONTRÔLE »

Plusieurs types de cellules sont en lien avec la perception et la communication au sein du corps humain :

- **les cellules des sens** permettent la perception des stimuli extérieurs. Il en existe de 5 sortes : les cellules de la vue, de l'odorat, de l'ouïe, du goût et du toucher ;
- **les cellules nerveuses**, dont les neurones, constituent un très vaste réseau de communication à l'intérieur de l'organisme, comprenant le cerveau, la moelle épinière et les nerfs. Elles transportent des messages nerveux sur de longues distances sous forme de courants électriques, contrôlant de nombreuses fonctions du corps (mouvement, digestion, respiration...) ainsi que les fonctions cognitives (ensemble des processus mentaux tels que la mémoire, le langage, le raisonnement, l'apprentissage, l'intelligence, la résolution de problèmes, la prise de décision, la perception ou l'attention) ;
- **les cellules des glandes hormonales** fabriquent des substances particulières, les hormones, qui circulent dans le sang et sont ainsi distribuées dans tout notre corps. Elles contrôlent ainsi de nombreux organes. **Les systèmes nerveux et hormonal sont étroitement liés l'un à l'autre.**

V - CELLULES LIÉES À LA REPRODUCTION

VOIR LES ACTIVITÉS
F12 « 1+1=1 !!! » ET
F5 « HISTOIRE D'ŒUF »

Pour assurer la fonction de reproduction, plusieurs types de cellules entrent en jeu :

- **les cellules sexuelles** sont des cellules particulières qui diffèrent entre l'homme et la femme. Le spermatozoïde est fabriqué dans les testicules du père et l'ovule provient des ovaires de la mère. Leur rencontre et leur fusion aboutit à la formation d'une cellule-œuf ;
- **la cellule-œuf** est à l'origine du nouvel individu. Lors de son développement, elle se divise en 2, 4, 8, 16, 32... 60 000 milliards de cellules, qui se différencient puis se spécialisent pour former les 200 types de cellules aux fonctions variées (cœur, peau, muscle, sang...) qui sont à l'origine des différents organes du futur bébé.

VI - CELLULES SOUCHES ET RÉGÉNÉRATION DES CELLULES

VOIR LES ACTIVITÉS
F7 « LA VIE DES CELLULES »
ET F15 « ÇA NE TOURNE PLUS
ROND DANS MA CELLULE »

Pour assurer le développement et le renouvellement des cellules du corps, il existe des cellules très particulières, appelées **cellules souches**. Ce sont des cellules indifférenciées qui ont pour propriétés :

- **l'auto-renouvellement** : la cellule souche se divise en deux cellules filles dont une au moins reste indifférenciée, avec les mêmes propriétés que la cellule mère, en particulier la propriété d'auto-renouvellement. Ainsi la cellule souche se renouvelle constamment ;
- **la génération des cellules différenciées**, c'est-à-dire capables d'assurer la fonction d'un tissu ou d'un organe. Une cellule souche peut être capable de générer plusieurs types de cellules différenciées.

Il existe différents types de cellules souches :

- **les cellules souches embryonnaires**, issues de la division de la cellule-œuf à l'origine du bébé. Elles sont capables de différencier plus de 200 types de cellules aux fonctions variées (cœur, peau, muscle, sang, neurones...) ;
- **les cellules souches adultes**, situées dans différentes parties du corps (peau, moelle osseuse, organes sexuels...). Elles permettent de renouveler certaines des cellules du corps dont la durée de vie est très variable (4 mois pour les globules rouges, quelques jours pour les spermatozoïdes, 3 à 4 semaines pour les cellules de la peau...).

La capacité des cellules souches à renouveler différents types de cellules intéresse fortement les chercheurs, particulièrement ceux qui luttent contre des maladies dues au dérèglement des cellules, comme les cancers et les maladies génétiques (enfant « bulle », mucoviscidose...). Différentes études sont en cours pour tenter de soigner ces maladies à partir de cellules souches non malades ou réparées par modification génétique. **On parle de thérapie cellulaire et de thérapie génique.**

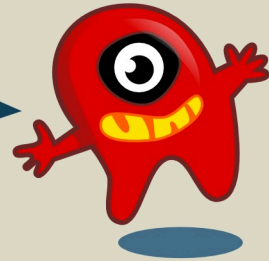
VII - CELLULES LIÉES À LA MOBILITÉ

VOIR L'ACTIVITÉ
F14 « LES CELLULES,
QUELLE PÊCHE ! »

Pour assurer la mobilité, plusieurs types de cellules entrent en jeu :

- **les cellules des os**, qui constituent notre squelette et nos articulations, c'est-à-dire notre charpente ;
- **les cellules musculaires**, regroupées en muscles attachés au squelette, qui permettent le mouvement en se contractant et se relâchant. Notre corps compte environ 630 muscles de tailles et de formes différentes, dont une partie assure le déplacement et les mouvements. D'autres permettent les battements du cœur, la respiration, le mouvement des intestins et des vaisseaux sanguins. Les muscles sont commandés par les neurones contrôlés par le cerveau.

GLOSSAIRE



ADN : l'acide désoxyribonucléique (ADN) est le support de l'information de la cellule. Il s'agit d'une double hélice composée de deux filaments constitués de la répétition dans le désordre d'un code de 4 lettres (A, C, G, T).

Amylase : enzyme de la salive qui fonctionne comme un couteau et coupe les sucres des aliments en morceaux plus petits.

Appareil de Golgi : organite, centre de transformation et de routage, qui donne aux protéines membranaires et sécrétées provenant du réticulum endoplasmique leurs formes finales, puis les expédie ailleurs, dans ou hors de la cellule via des vésicules.

Arbre de la vie (arbre phylogénétique) : la classification du vivant raconte « qui partage quoi avec qui », c'est-à-dire « qui est plus proche de qui ». Une des représentations de cette classification est l'arbre de la vie. Il regroupe les espèces d'autant plus étroitement qu'elles sont apparentées.

Bactérie : microorganisme constitué d'une seule cellule, sans noyau. Certaines bactéries nous sont indispensables pour vivre (bactéries de nos intestins...), d'autres sont responsables de maladies (angines...).

Caractères : ils définissent l'apparence de chaque individu (couleur des yeux, forme des cheveux, présence de fossettes...) et sont définis par notre génome.

Cellule : c'est l'unité de base de tout organisme vivant (excepté les virus). Sa membrane permet de créer une entité, séparée du milieu extérieur dans le cas des organismes unicellulaires, ou des autres cellules dans le cas des organismes pluricellulaires. La cellule réalise des échanges avec son environnement. La cellule procaryote (bactérie par exemple) n'est pas compartimentée et contient le génome et différents composants moléculaires. La cellule eucaryote contient le génome (ADN) dans un noyau, des organites (réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, mitochondries, chloroplaste...), un cytosquelette et de nombreuses molécules biologiques plus ou moins organisées. Les cellules sont à l'origine des tissus qui composent nos organes.

Cellule adipeuse : cellule du corps spécialisée dans le stockage des graisses.

Cellule-œuf : cellule qui provient de la fusion du spermatozoïde et de l'ovule. Toutes les cellules qui constituent notre corps sont issues d'une même cellule-œuf. Lors de son développement, la cellule-œuf se multiplie et ses cellules se différencient puis se spécialisent pour former les différents tissus et organes du futur individu.

Cellule sécrétrice : cellule spécialisée qui fabrique des substances utiles pour le corps et qui les libère à l'extérieur de la cellule (hormones, salive, sucs digestifs, larmes...).

Cellule souche : cellule non différenciée qui assure le développement et le renouvellement d'autres cellules différenciées du corps. Elle a deux propriétés :

- *l'auto-renouvellement* : la cellule souche se divise en deux cellules filles dont au moins une garde les mêmes propriétés que la cellule mère, en particulier l'auto-renouvellement. Ainsi la cellule souche se renouvelle constamment ;
- *la génération des cellules différenciées*, capables d'assurer la fonction d'un tissu ou d'un organe. Une cellule souche peut être capable de générer plusieurs types de cellules différenciées (ex. les cellules du sang).

Chromosome : principal constituant du noyau des cellules. Il s'agit de l'ADN sous forme condensée. Il porte plusieurs instructions (gènes) qui contrôlent différents caractères ou fonctions. Les cellules humaines possèdent 46 chromosomes.

Cytoplasme : intérieur gélatineux de la cellule, situé entre le noyau et la membrane cellulaire, qui renferme les éléments de la cellule (organites, molécules) lui permettant d'assurer ses fonctions.

Enfant « bulle » : maladie génétique rare caractérisée par une absence totale chez l'enfant de cellules responsables de la défense de l'organisme contre les infections. Ces enfants doivent être placés dès la naissance dans des chambres stériles afin d'éviter toute infection.

Enzymes : tels de petits ouvriers, ces protéines, fabriquées par les cellules, favorisent les réactions chimiques nécessaires au fonctionnement du vivant. Elles agissent à faible concentration et se retrouvent intactes en fin de réaction. En abaissant leur énergie d'activation, elles permettent d'accélérer jusqu'à des millions de fois les réactions chimiques dans et hors des cellules (métabolisme). On en connaît aujourd'hui plus de 3000 dans le corps humain.

Espèce : groupe d'êtres vivants pouvant se reproduire entre eux et dont la descendance est fertile (peut également se reproduire).

Fécondation : rencontre et fusion d'un spermatozoïde et d'un ovule, ce qui forme une cellule-œuf.

Fonctions vitales : fonctions du corps qui assurent la vie et dont la défaillance entraîne la mort (respirer, se nourrir, évacuer ses déchets...).

Fossile : squelette, trace ou reste d'organisme vivant conservé dans le sol depuis sa mort.

Gène : instruction contenue dans le noyau des cellules qui contrôle un caractère ou une fonction.

Génome : ensemble des instructions (gènes) contenues dans le noyau des cellules qui définissent notre apparence unique et les ressemblances avec les autres membres de l'espèce, c'est-à-dire l'ensemble de nos caractères.

Glande : organe qui fabrique des substances libérées dans ou en-dehors du corps.

Hormones (insuline, adrénaline, œstrogène...) : substances fabriquées par les cellules de certaines glandes, qui circulent dans le sang et agissent sur des cellules ciblées. C'est un mode de communication, plus lent que celui du système nerveux.

Kératine : substance qui rend la peau imperméable et entre dans la fabrication des cheveux, des poils et des ongles.

Maladie génétique : maladie provoquée par une modification d'un ou plusieurs de nos gènes dans le noyau de nos cellules. Certaines d'entre elles deviennent défectueuses et n'effectuent plus correctement leurs missions, ce qui nous rend malade (ex. maladie des enfants « bulle »...).

Mélanine : substance responsable de la coloration de la peau, des cheveux et des yeux.

Membrane cellulaire : délimite la cellule et permet les échanges avec le milieu extérieur.

Microbe : appellation courante des micro-organismes, mais terme souvent utilisé pour désigner certains micro-organismes responsables de maladies comme les bactéries provoquant des intoxications ou infections ; les virus à l'origine de la grippe, du rhume... ; et les champignons responsables de mycoses et d'allergies... Il faut cependant différencier les micro-organismes pathogènes des autres, parfois indispensables pour notre survie, comme les bactéries de nos intestins ou les micro-organismes du sol, utiles pour les plantes.

Micro-organisme : organisme vivant invisible à l'œil nu, uniquement observable au microscope.

Milieu extra-cellulaire : correspond au milieu extérieur à la cellule.

Mitochondrie : organite, centrale de production d'énergie de la cellule à partir de glucides et d'oxygène.

Mitose : division d'une cellule mère en deux cellules filles identiques. Ceci permet la multiplication des cellules, donc la croissance des organes et le renouvellement des cellules mortes.

Moelle osseuse : tissu situé au centre des os qui produit les cellules du sang.

Mucus : liquide visqueux fabriqué par les cellules à mucus situées dans certaines glandes et organes (nez, poumon, estomac...), qui protège contre les microbes (nez, poumon) et contre l'acidité (estomac, intestin) et humidifie les tissus et les aliments.

Noyau : compartiment de la cellule qui renferme les informations (ADN constituant le génome) nécessaires au fonctionnement de la cellule, c'est-à-dire les plans de fabrication des constituants et produits de la cellule, qui définissent notre apparence et assurent le fonctionnement du vivant.

Nutriments : petits éléments provenant de la dégradation des aliments, qui passent dans le sang et sont utilisés par les cellules pour leur fonctionnement et leur renouvellement. Il s'agit des protéines, des lipides, des glucides, des sels minéraux et des vitamines.

Organe : partie d'un organisme vivant, composée d'un ensemble de tissus, qui a une forme et une fonction précise (peau, muscle, cœur, poumon, estomac, cerveau, feuille, racine...).

Organisme vivant : organisme constitué d'une ou plusieurs cellules, issu de la reproduction et qui échange avec son milieu.

Ovule : cellule sexuelle de la mère qui sert à faire les bébés.

Population : ensemble d'individus d'une espèce partageant un même milieu de vie et susceptibles de se rencontrer librement et de se reproduire entre eux naturellement.

Réticulum endoplasmique rugueux : organite, réseau de galeries membranaires couvrant l'espace de l'intérieur de la cellule. Les protéines membranaires et sécrétées sont transférées à l'intérieur du réticulum endoplasmique dès leur production par les ribosomes, ce qui permet ensuite leur transport via des navettes, les vésicules, vers l'appareil de Golgi.

Spermatozoïde : cellule sexuelle du père qui sert à faire les bébés.

Sucs digestifs : liquides produits par certaines glandes de l'appareil digestif pour décomposer les aliments que nous mangeons en nutriments qui passeront dans le sang. Il s'agit de la salive, des sucs gastriques, de la bile, des sucs pancréatiques et intestinaux.

Système nerveux : constitué du cerveau, de la moelle épinière, des nerfs et des organes des sens, il coordonne le fonctionnement du corps. Il est composé d'environ 100 milliards de cellules nerveuses, appelées neurones, qui transportent les messages nerveux sur de longues distances sous forme de courant électrique.

Théorie de l'évolution : théorie du naturaliste anglais du 19^e siècle Charles Darwin selon laquelle l'évolution et la diversification des premières formes de vie au fil du temps sont à l'origine de la diversité des espèces actuelles. Toutes les espèces ont donc un ancêtre commun : un organisme unicellulaire, une cyanobactérie.

Thérapie cellulaire : consiste à remplacer des cellules malades ou défectueuses, dont certaines instructions (gènes) sont abîmées, par des cellules de même type dépourvues de maladie.

Thérapie génique : permet de remplacer dans le noyau des cellules malades ou défectueuses les gènes abîmés par des gènes en bon état ou de corriger leur mode de fonctionnement (expression du gène), grâce à un messager qui peut entrer dans la cellule.

Tissu : ensemble de cellules pas forcément identiques qui assurent la même fonction. Différents tissus participent à la constitution d'un organe.

Urée : déchet produit par la cellule qui est évacué dans l'urine et la sueur.

Vésicule : navette membranaire à l'intérieur de la cellule.

Virus : microorganisme qui ne peut se multiplier qu'en pénétrant dans une cellule et en utilisant sa machinerie cellulaire.



RESSOURCES TRANSVERSALES SUR LES SCIENCES DE LA VIE

SITES INTERNET

- CNRS Sagascience. La cellule animale. <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doscel/accueil2.htm>
- POL D. Biologie amusante. <http://www.didier-pol.net/BIO-AMUS.htm#CELLULE>
- CCDMD. La cellule animale. <http://www.ccdmd.qc.ca/ri/cellule/>
- CERIMES. La cellule. http://www.cerimes.fr/e_doc/cellule/cellule.htm
- INSERM. <http://www.inserm.fr>
- KYRK J. Biologie cellulaire animée. <http://www.johnkyrk.com/index.fr.html>
- DEBLOIS J. Biologie 30 : Structure et fonction des cellules. http://cefsk.ca/jacithe/biologie30_2007/cellules/contenu/cellule1.html
- CHEVRIER G. Les cellules et la biologie cellulaire. <http://bio.m2osw.com/gcartable/cellules.htm>
- CNRS. Science de la vie au lycée. <http://www.cnrs.fr/cnrs-images/sciencesdelavieaulyce/index.htm>
- FMPMC. Histologie - les tissus. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP1/index.html>
- GTD-SVT. Vie. <http://www.snv.jussieu.fr/vie/index.html>
- MAIRESSE Y. Éléments de cytologie. <http://cell.sio2.be/introduction/index.php>
- BIOMÉDIA-UPMC. Biologie et multimédia. <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/index.htm>
- CABIOCH J. Vive les SVT. <http://www.vivelessvt.com/college/diversite-parentes-et-unite-des-etres-vivants/>
- SYVUM. Biologie : quizz. <http://fr.syvum.com/quizz/biologie/>

OUVRAGES ET OUTILS PÉDAGOGIQUES

- Biologie Campbell, 3^e édition. De Boeck Université. 1995.
- BODEN J-P. Biologie Terminal D. Collection Tavernier, éditions Bordas. 1989.
- AFPD. Modulothèque « Cultive ta santé ». <http://modulothèques.lespetitsdebrouillards.org/?rubrique=theme>
- AFPD-MNHN. Mallette « Biodiversité, comprendre pour mieux agir ». http://www.lespetitsdebrouillards.org/Media/prods/prod_2/
- BEAULIEU J. Les voyages fantastiques de Globulo. Presse de l'Université du Québec. 1982.
- BARILLÉ A. Il était une fois... la vie. Série d'animation. Production Procidis. 1987.

CONFÉRENCES EN LIGNE

- MORANGE M., DAGOGNET F. Le vivant. Juin 2004. http://www.canal-u.tv/video/les_amphis_de_france_5/le_vivant.3070
- GOUYON P-H. Les mécanismes de l'évolution. Février 2010.
- Partie 1 : http://www.dailymotion.com/video/xd7v1n_pierre-henri-gouyon-les-mecanismes_tech#.UQEtiJmdP-CU
 - Partie 2 : http://www.dailymotion.com/video/xd7v4r_pierre-henri-gouyon-les-mecanismes_tech

PHOTOS

- SERIMEDIS. Photothèque de l'Inserm. <http://serimedis.inserm.fr/index.cgi>
- FUNDP. Atlas d'Histologie humaine et animale. <http://webapps.fundp.ac.be/umdb/histohuma/index.htm>
- INRA. Photothèque. <http://www.inra.fr/phototheque/>
- WIKIMÉDIA COMMONS. <http://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil>

RESSOURCES SPÉCIFIQUES

F1 « LA VIE, C'EST QUOI ? »

UNIVERSCIENCE.TV. Vidéo : Relief de l'invisible, la peau. 1999. <http://www.universcience.tv/video-peau-4517.html>

GERARD J. La cellule. <http://johann.gerard.chez-alice.fr/cellule2/index.htm>

BARDEL C., TRIQUET E. Vivant et non vivant, des conceptions des élèves de cycle 3 au nouveau programme de 6^e, revue GRAND N, 1997-1998, n°61, pp 87-107.
http://www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_n/fic/61/61n8.pdf

TAVERNIER R., LAMARQUE J. Sciences expérimentales et technologie - Le vivant. Bordas, 2006, 350 p.
<http://extranet.editis.com/it-yonixweb/images/500/art/doc/e/e33affa9ae97d935313335393730353834333831.pdf>

F2 « AU FIL DE LA VIE »

CNRS-FRB. Sagascience biodiversité – classification.
http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA&zoom_id=zoom_a1_5

COLLÈGE ANDRE LAHAYE. Chap 2 : L'évolution des organismes vivants.
http://www.collegeandemos.fr/IMG/pdf_CHAP_2_resume_pour_eleves.pdf

MUSÉE CANADIEN DE LA NATURE. Le génome humain : http://nature.ca/genome/03/c/20/03c_21_f.cfm

CNRS. Les organismes constructeurs de roche.
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosevol/decouv/articles/chap3/Montag1.html>

INRA. Depuis quand connaît-on les micro-organismes ?
http://www7.inra.fr/la_sciences_et_vous/apprendre_experimenter/monde_microbien/depuis_quand_connaît_on_les_microorganismes

ACADÉMIE DE DIJON. Histoire de la vie au cours des temps géologiques.
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=2255

F3 « L'HOMME QUI VALAIT CENT MILLE MILLIARDS... »

US NATIONAL INSTITUTE OF GENERAL MEDICAL SCIENCES. Inside the cell. NIH publication, sept 2005, n° 05 1051, 80 p
http://publications.nigms.nih.gov/insidethecell/pdf/inside_the_cell.pdf

F4 « C'EST L'USINE DANS TA CELLULE ! »

VULGARIS-MEDICAL. Vidéo : La cellule, anatomie et physiologie. Mai 2007.
<http://video.vulgaris-medical.com/index.php/2007/05/17/25-la-cellule-anatomie-et-physiologie>

DOCTISSIMO. La salive, ça sert à quoi ? http://www.doctissimo.fr/html/sante/dentaire/sa_dents5d.htm

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE. Physiologie digestive : la salive.
http://physiologie.envt.fr/spip/spip.php?article74&var_recherche=salive

THONNARD J. Action chimique des sucs digestifs. <http://www.proftnj.com/alimchim.htm>

NATAF S. Histologie : épithélium glandulaire. <http://histoblog.viabloga.com/texts/le-tissu-epithelial--cours-n-3->

VULGARIS-MEDICAL ENCYCLOPÉDIE. Larme, sueur et urine. <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale>

F5 « HISTOIRE D'ŒUF »

RABINEAU D., DUPONT J.-M., PLATEAUX P. Embryologie humaine.
<http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/Embryologie/Accueil/Accueil.htm>

BARRETTE C. Embryologie. http://cefsk.ca/jacinthe/biologie30_2007/evolution/contenu/evolution9.html

AUBRY J. Étapes de développement embryonnaire d'un amphibien.
<http://www.discip.crdp.ac-caen.fr/svt/cgaulsvt/travaux/animatio/embryo/embryo.htm>

UPMC. De l'œuf à la grenouille.
- <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/xenope1/index.htm>
- <http://www.sordalab.com/documents/xenope.pdf>

F6 « UNE BIBLIOTHÈQUE DANS TA CELLULE »

SITE DES BIOLOGIES. Du génotype au phénotype.
http://biologies.free.fr/Pages/lycee/premiere_es/Theme_1/premiere_es_theme_1_cours.htm

UNIVERSITÉ DE GENÈVE. Génome – Voyage au cœur du vivant. <http://genome.unige.ch/genome/oscar.html>

CRBM. Régulation de l'expression des gènes. <http://www.crbm.cnrs.fr/spip.php?rubrique130>

INSERM. Épigenétique.
<http://www.inserm.fr/thematiques/genetique-genomique-et-bioinformatique/dossiers-d-information/epigenetique>

BERNARD B. Caryotypes. <http://wwwpsvt.free.fr/svt/bio/caryotype/caryotype.htm>

F7 « LA VIE DES CELLULES »

FOREST M. Le corps humain : la division cellulaire.

<http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca/101-902-m.f/bio902/cellules/divisioncellulaire.htm>

RAYNAL R. Reconstruire l'Homme ? <http://www.exobiologie.info/articles/page2/page2.html>

MEDIX. Cellules souches et régénération hépatique. <http://www.medix.free.fr/sim/regeneration-hepatique.php>

MACÉ B. Vie et mort des cellules dans les tissus. <http://bertmace.free.fr/ppt2201/index.ppt>

FACULTÉ DE MÉDECINE DE TOURS. Le sang. <http://fmc.med.univ-tours.fr/Pages/Hemato/sang/sang.html>

INSEE. L'obésité en France. http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1123®_id=0

EUROSTEMCELL. Cellules souches de la peau.

<http://www.eurostemcell.org/fr/factsheet/cellules-souches-de-la-peau-o%C3%B9-se-trouvent-elles-et-que-peuvent-elles-faire>

MUSÉUM DE MARSEILLE. Exposition cerveau. http://www.museum-marseille.org/marseille_cerveau_naissance.htm

F8 « L'UNION FAIT LA VIE »

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG. Le néprion. <http://www.unifr.ch/anatomy/elearningfree/francais/rein/niere08.html>

DEMATICE. Les tissus musculaires.

http://www.dematice.org/ressources/PCEM1/Histologie/P1_histo_015/Web/co/Contenu4-1.html

CACECI T. Respiratory System of Mammals.

<http://www.vetmed.vt.edu/education/curriculum/vm8054/labs/Lab25/lab25.htm>

STOUFF P. Les systèmes de communication de l'organisme. <http://pst.chez-alice.fr/1s5tptd.htm>

BALAS D. Estomac. <http://www.db-gersite.com/HISTOLOGIE/EPITHDIG/estomac/estomac.htm>

F9 « CROQUE TA POMME ! »

INSERM. Neurones.

<http://www.inserm.fr/thematiques/neurosciences-sciences-cognitives-neurologie-psychiatrie/dossiers-d-information/neurones>

DUBUC B. Le cerveau. http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_01/d_01_cr/d_01_cr_ana/d_01_cr_ana.html

LAROUSSE. La moelle épinière. <http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/moelle/70845>

DAHMANI O. Le métabolisme cérébral. <http://www.chufes.ma/amirf/Cours/biologie/18.pdf>

GOUSSARD J-P. Mouvement volontaire. <http://caratome.free.fr/Formations/BEAECPC/MVTVolontaire.pdf>

FMPMC. Les organes des sens. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/histoP2/sens.html>

LYCÉE DE DRAGIGNAN. Le fonctionnement du goût et de l'odorat. <http://tpeclat.free.fr/index.htm>

C'EST PAS SORCIER. Le cerveau. <http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/>

F10 « UN LIVREUR INFATIGABLE ! »

FLURIN R. L'appareil respiratoire. <http://www.bmlweb.org/respiration.html>

JANZAC M. Fonctionnement de l'organisme et besoin en énergie.

http://svt.janzac.free.fr/cinquieme/orga_energ/orga_energ.htm

F11 « LA GUERRE DES BOUTONS »

CNRS. Système immunitaire. http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doscel/decouv/xtxt/zvie/immuNiv2_1.htm

C'EST PAS SORCIER. Les médicaments. <http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/>

MÉDECINE ET SANTÉ. Varicelle. <http://www.medecine-et-sante.com/maladiesexplications/varicelle.html>

CHARACHON S. Relation hôte – bactéries. http://www.med.univ-montp1.fr/Enseignement/cycle_1/PCEM2/mod-base/MB7_Bio_Med/Ressources_locales/BACTERIO/B4-Relations_Hote-Bact.pdf

F12 « 1 + 1 = 1 »

CHU TOULOUSE. Formation des ovocytes. <http://www.chu-toulouse.fr/formation-des-ovocytes-et>

BIODEUG. Sexualité – reproduction.

<http://www.biodeug.com/master-1-sexualite-reproduction-chapitre-1-lignee-germinale-et-gametogenese/>

LOG. La procréation. http://www.ac-grenoble.fr/svt/log/1_es/procreation/revisions/ch2.htm

LES PETITS DÉBROUILLARDS DE BRETAGNE. Exposition SEX BREIZH.

<http://www.lespetitsdebrouillardsbretagne.org/Sex-Breizh-sex-plorer-et-sex.html>

F13 « À TABLE ! »

BALAS D. Histologie morphofonctionnelle des épithéliums digestifs.
<http://www.db-gersite.com/HISTOLOGIE/EPITHDIG/epidig.html>

LAROUSSE. Les vitamines. <http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/vitamine/101953>

EPSIC. La chimie des denrées alimentaires. <http://www.epsic.ch/branches/chimie/denrees/>

CNRS - INRA. Alimentation maternelle : quelles incidences sur l'expression des gènes ?
<http://www2.cnrs.fr/presse/communiqued/2206.htm>

F14 « LES CELLULES, QUELLE PÊCHE ! »

FMPMC. Le tissu musculaire. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/histo/TissusMasson/POLY.Chp.8.I.B.html>

MARTINEZ S. Les cellules différenciées. <http://s.martinez.free.fr/V2/biologie/notions/1030-cellules-differenciees.html>

INSERM. Cancer colorectal. <http://www.inserm.fr/thematiques/cancer/dossiers/cancer-colorectal>

CYCLO. Dépense calorique pour l'activité « cyclisme ». <http://www.awsoft.net/cyclo/calculs/calories.htm>

PEIRANO C. Rester en bonne santé avec l'activité physique.
<http://bienmanger-vivreieux.fr/rester-en-bonne-sante-avec-lactivite-physique/>

DIABÈTE QUÉBEC. Faire de l'activité physique. http://www.diabete.qc.ca/html/activite_physique/fairemain.html

F15 « ÇA NE TOURNE PLUS ROND DANS MA CELLULE »

SCHWARTZ K. Biothérapies : les thérapies cellulaires et géniques.
<http://www.inserm.fr/mediatheque/infr-grand-public/fichiers/associations-malades/formations/biotherapies-les-therapies-geniques-et-cellulaires>

CORNU P. Les leucémies : <http://www.prevention.ch/lesleucemies.htm>

C'EST PAS SORCIER. Les antibiotiques. <http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/>

INSERM. Cellules souches et thérapie cellulaire.
<http://www.inserm.fr/thematiques/immunologie-hematologie-pneumologie/dossiers-d-information/cellules-souches-et-therapie-cellulaire>

F16 « CORPS SOUS CONTRÔLE »

STOUFF P. Les systèmes de communication de l'organisme. <http://pst.chez-alice.fr/1s5tptd.htm>

CHEVRIER G. Les hormones. <http://bio.m2osw.com/gcartable/endocrinologie/hormones.htm>

MENNECIER D. Rôle du pancréas dans l'organisme. http://hepatoweb.com/Pancreas_fonction.php

DEMATICE. Système endocrinien : histologie.
http://dematice.org/ftpemed/histo/endo/co/Module_SYSTEME_ENDOCRINIEN_36.html

SOURCES SUPPLÉMENTAIRES LIVRET PÉDAGOGIQUE

UPMC. La naissance de la microbiologie. <http://www.snv.jussieu.fr/enseignement/DOB/Cellule.html>

JIC. Microscopy. http://www.jic.ac.uk/microscopy/intro_lm.html

TPE 1^{ère} S. Culture de levures.
<http://tpe-levure-biere.e-monsite.com/pages/generalites-sur-les-levures/experience-culture-de-levures.html>

GENE ABC. Histoire du gène de 1665 à 1977.
<http://gene-abc.ch/fr/histoire-du-gene/histoire-du-gene-de-1665-a-1977.html>

FÉRY B. Évolution et diversité du vivant : cours 6 « Mendel, ses travaux et généralisation » et cours 7 « Les travaux de Morgan, successeur de Mendel ».
<https://sites.google.com/site/biologie101nya05/sdsdsdsd>

DIDIER SVT. Des innovations génétiques favorables ou défavorables.
http://www.editionsdidier.com/files/media_file_4000.pdf

DAWKINS R. Le plus grand spectacle du monde. Robert Laffont. Octobre 2010, pp126-128.

INRA. Une goutte d'eau à la loupe.
http://www7.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/monde_microbien/menons_l_enquete/une_goutte_d_eau_a_la_loupe



Instituts
thématiques



Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale



**AUX SCIENCES
CITOYENS!**



les petits débrouillards

