

L'organisation fonctionnelle du vivant

L'organisme pluricellulaire: un ensemble de cellules spécialisées.

I Les échelles du vivant.

L'organisation des différents types cellulaires.

Tableau comparatif de la structure des différents types cellulaires							
	Membrane plasmique	Cytoplasme	Noyau	Chloroplaste	Paroi	Mitochondrie	Vacuole
Cellule animale	+	+	+	-	-	+	-
Cellule végétale chlorophyllienne	+	+	+	+	+	+	+
Cellule végétale non chlorophyllienne	+	+	+	-	+	+	+
Bactérie	+	+	-	-	+	-	-

Tous les organismes sont constitués de cellules. Certains organismes, qualifiés d'unicellulaires, ne sont constitués que d'une seule cellule. C'est le cas notamment de l'ensemble des bactéries, de certains champignons tels que les levures, de certains végétaux (principalement des algues), et de certains animaux (les protozoaires tels que le Plasmodium responsable du paludisme). D'autres organismes, qualifiés de pluricellulaires, sont constitués de plusieurs cellules (de 2 cellules jusqu'à plusieurs milliards). C'est le cas d'un très grand nombre d'espèces, telles que les humains, les cocotiers, et les cafards.

Il existe une très grande diversité de types cellulaires. On peut cependant regrouper les différents types cellulaires en différents groupes:

1 Les cellules (ou organismes) procaryotes:

Ces organismes (toujours unicellulaires) sont constitués de cellules sans noyau et sans organelle. Il s'agit de l'ensemble des bactéries; leurs cellules sont constituées d'une paroi "bactérienne", d'une membrane plasmique délimitant un espace interne: le cytoplasme, renfermant un matériel génétique (ADN) sous forme d'un unique chromosome bactérien et de nombreux plasmides.

2 Les cellules (ou organismes) eucaryotes:

Ces organismes (unicellulaires ou pluricellulaires) sont constitués des cellules possédant un véritable noyau, et des organites.

2.1 Les cellules animales:

L'absence de paroi leur confère une forme irrégulière. Elles possèdent une membrane plasmique délimitant un cytoplasme renfermant un noyau (contenant le matériel génétique constitué d'ADN sous forme d'un nombre variable de chromosomes selon l'espèce considérée), et différents organites (notamment des mitochondries)

2.2 Les cellules végétales:

La présence d'une paroi "végétale" leur confère une forme régulière (géométrique). Elles possèdent une membrane plasmique délimitant un cytoplasme renfermant un noyau (contenant le matériel génétique constitué d'ADN sous forme d'un nombre variable de chromosomes selon l'espèce considérée), parfois des vacuoles, et différents organites (notamment des mitochondries). Elles possèdent parfois une ou plusieurs vacuoles. Ce type de cellules se subdivise lui-même en deux sous types:

- Les cellules végétales chlorophylliennes qui possèdent un organelle qui leur est spécifique: les chloroplastes.
- Les cellules végétales non chlorophylliennes qui ne possèdent pas de chloroplastes.

Malgré cette diversité cellulaire, toutes les cellules de tous les êtres vivants possèdent toujours 2 caractéristiques communes : la présence d'une membrane plasmique délimitant un cytoplasme.

L'organisation des êtres vivants aux différentes échelles.

Chez les organismes unicellulaires (eucaryotes ou procaryotes), toutes les fonctions (nutrition, reproduction, protection...) sont assurées par la seule et unique cellule constituant l'organisme.

Les organismes pluricellulaires sont constitués d'un ensemble d'organes chacun spécialisé dans une fonction donnée : par exemple, un plant de pomme de terre est constitué des organes suivants:

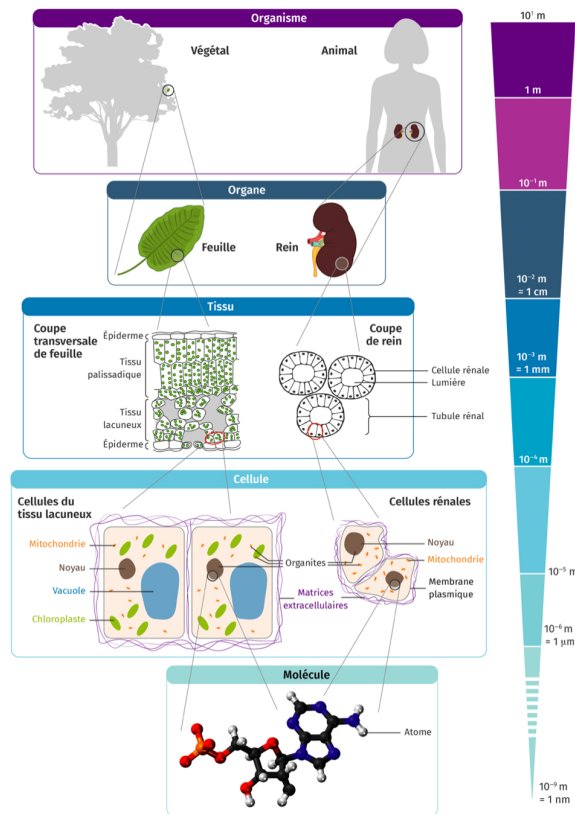
- feuille: organe spécialisé dans la photosynthèse
- racine: organe spécialisé dans l'absorption de l'eau et des sels minéraux
- fleurs et fruits: organes spécialisés dans la reproduction
- tige: organe spécialisé dans la conduction des sèves

Chaque organe est lui même constitué d'un ensemble de tissus chacun spécialisé dans une fonction donnée contribuant à la fonction générale de l'organe : par exemple, une feuille est constituée des tissus suivants:

- parenchyme palissadique spécialisé dans l'absorption de l'énergie lumineuse
- parenchyme lacuneux spécialisé dans les échanges gazeux (notamment ceux de la photosynthèse)

Chaque tissu est un ensemble de cellules spécialisées; les cellules du parenchyme palissadique sont ainsi spécialisées dans l'absorption de l'énergie lumineuse.

Chaque cellule est un ensemble d'organites et de molécules spécialisées : les cellules du parenchyme palissadique renferment de nombreux chloroplastes (organe spécialisé dans la photosynthèse) contenant de la chlorophylle (molécule spécialisée dans l'absorption de l'énergie lumineuse)



II La spécialisation cellulaire.

Chez les organismes unicellulaires, toutes les fonctions de l'organisme (notamment la nutrition, la reproduction, la protection, éventuellement la locomotion..) sont assurées par la seule et unique cellule constituant l'organisme.

Les organismes pluricellulaires sont quant à eux organisés en organes, tissus et cellules spécialisés. Cela nécessite une spécialisation des cellules qui se différencient à partir de cellules indifférenciées (non spécialisées).

Chez les organismes pluricellulaires, toutes les cellules de l'organisme sont issues de la division du zygote ("cellule œuf") et possèdent la même information génétique que le zygote. Le zygote et les premières cellules embryonnaires sont dites totipotentes: elles ont la capacité de se différencier en n'importe quelle

cellule spécialisée.

Après le développement embryonnaire, les organes et tissus des animaux conservent des cellules souches dites multipotentes capables de se différencier dans les différents types cellulaires constituant l'organe ou le tissu. Cela permet à l'organe de renouveler ses cellules.

Chez les végétaux, la différenciation des cellules se fait à partir des cellules méristématiques (cellules indifférenciées) des différents organes. Les végétaux possèdent en plus la capacité de dé-différencier la plupart de leurs cellules qui peuvent donc revenir à un état indifférencié. Toutes les cellules végétales sont donc totipotentes. Cela donne lieu à de nombreuses applications (bouturage, marcottage, culture in vitro...).

La comparaison de cellules indifférenciées et de cellules différenciées met en évidence des différences structurales et fonctionnelles:

- Les cellules indifférenciées ont une forme régulière (le zygote humain est de forme ronde, les cellules méristématiques végétales sont carrées), et possèdent un rapport nucléo-cytoplasmique élevé (le noyau occupe un volume important du cytoplasme).
- Les cellules différenciées présentent souvent une forme particulière en relation avec leur fonction (les neurones possèdent des prolongements cytoplasmiques: les dendrites et l'axone permettant le transport des messages nerveux), ces cellules possèdent aussi généralement un rapport nucléo-cytoplasmique plus faible.
- Certaines cellules différenciées possèdent des organites particuliers (chloroplastes chez les cellules végétales chlorophylliennes), tandis que d'autres éliminent leurs organites (les hématies ou globules rouges ne possèdent pas de noyau ni d'organites).
- Les cellules différenciées perdent généralement leur capacité à se diviser par mitose tandis que les cellules indifférenciées sont capables de se diviser par mitose.

La comparaison de cellules indifférenciées et de cellules différenciées met en évidence des différences biochimiques: les cellules différenciées possèdent des molécules qui leur sont spécifiques et qu'on ne retrouve pas dans les cellules indifférenciées (hémoglobine dans les hématies, chlorophylle dans les cellules végétales chlorophylliennes).

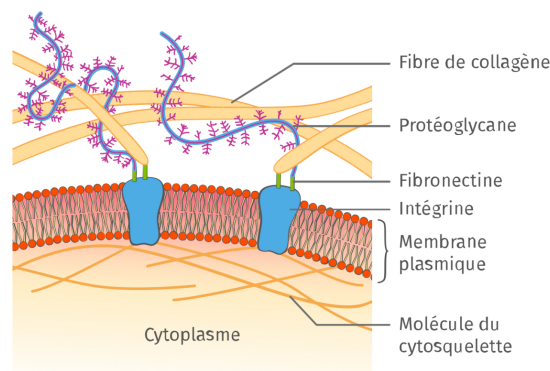
La différenciation des cellules implique donc une modification de la forme et du contenu (organites et molécules) en relation avec leurs fonctions.

III Les matrices extra-cellulaires.

Dans un organisme pluricellulaire, les cellules sont regroupées en tissus qui forment à leur tour des organes. Les cellules d'un même tissu adhèrent souvent entre elles par une matrice extracellulaire.

La matrice extra-cellulaire des cellules animales.

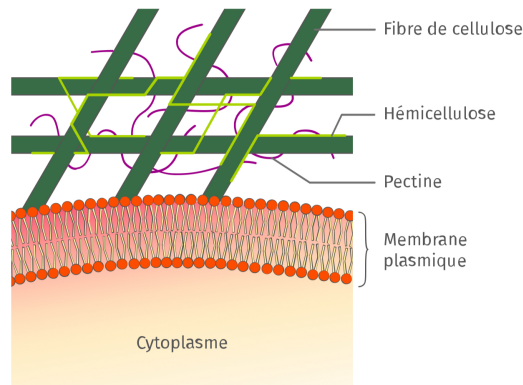
La matrice extra-cellulaire des cellules animales est composée majoritairement de longues fibres de collagène (protéines fibrillaires), reliées entre elles par un réseau de protéines associées à des glucides. L'ensemble est relié à la membrane de la cellule grâce à des protéines membranaires : les fibronectines et les intégrines. Ce réseau permet l'adhérence des cellules entre elles, mais il permet aussi la communication et la protection des cellules.



Le sang (tissu sanguin) est un tissu dont la matrice extra cellulaire (le plasma) est liquide du fait de l'absence de collagène.

La matrice extra-cellulaire des cellules végétales ou paroi végétale.

La paroi végétale est composée majoritairement de longues fibres glucidiques de cellulose (polymère de glucose), reliées entre elles par d'autres glucides (hémicellulose, pectine). Ce réseau permet l'adhérence des cellules entre elles, mais aussi la protection des cellules contre les stress mécaniques ou hydriques. L'ensemble des parois donne au végétal sa rigidité, jouant le rôle de « squelette ».



IV L'ADN , support de l'information génétique.

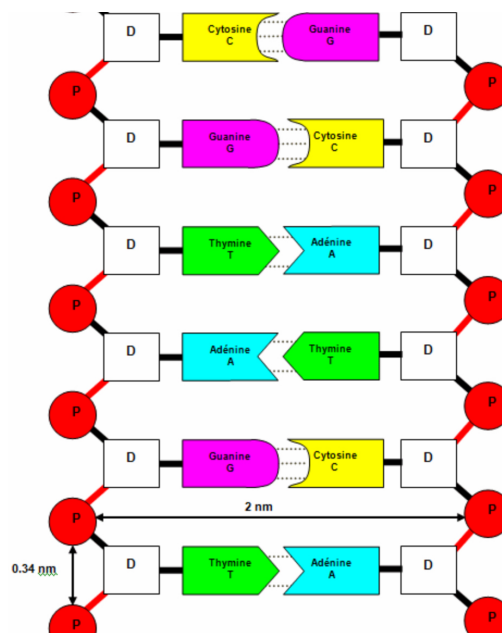
L'ADN ou acide désoxyribonucléique est une macro-molécule informative qui contient les informations nécessaires au fonctionnement de la cellule. Présent dans le noyau des cellules eucaryotes, l'ADN se condense et devient visible sous forme de chromosomes dans le cytoplasme des cellules en division. Chez les procaryotes l'ADN est toujours présent sous forme d'un chromosome bactérien dans le cytoplasme.

1: La structure de la molécule d'ADN

L'ADN ou acide désoxyribonucléique est une macro-molécule constituée de deux brins (ou deux chaînes). Chaque brin est constitué d'une succession de nucléotides.

Chaque nucléotide est constitué d'un groupement phosphate (P), d'un sucre: le désoxyribose (D) et d'une base azotée parmi les 4 bases existantes (Adénine , Thymine , Guanine , Cytosine). Les nucléotides successifs d'une même chaîne sont liés les uns aux autres par leurs groupements phosphates.

Les deux chaînes sont complémentaires et liées l'une à l'autre par des liaisons hydrogènes établies entre bases azotées complémentaires se faisant face sur les deux brins: l'Adénine est complémentaire de la Thymine, la Guanine est complémentaire de la Cytosine.



2: Localisation de l'ADN

L'ADN est toujours présent dans les cellules, mais il présente des états de condensation variables et des localisations différentes selon les stades du cycle cellulaire:

En dehors des divisions cellulaires, l'ADN est présent sous une forme peu condensée (invisible en microscopie photonique sans coloration spécifique) dans le noyau des cellules eucaryotes, Pendant les divisions cellulaires, l'ADN est présent sous une forme fortement condensée: les chromosomes (observables au microscope photonique) dans le cytoplasme des cellules eucaryotes.

Dans les cellules procaryotes (qui ne possèdent pas de noyau), l'ADN est présent sous la forme d'un unique chromosome bactérien (circulaire) dans le cytoplasme de la cellule, ainsi que de nombreux plasmides (petits morceaux d'ADN circulaires portant notamment des gènes de résistances aux antibiotiques).

3: L'ADN est un support de l'information génétique

La transgénèse est l'action d'introduire un gène étranger (appelé gène d'intérêt ou transgène) dans un organisme receveur et de le faire fonctionner. L'organisme receveur exprime alors un ou plusieurs caractères de l'organisme donneur du gène.

La transgénèse connaît aujourd'hui de nombreuses applications:

Médicales: exemple de l'introduction du gène humain contenant l'information nécessaire à la synthèse de l'insuline dans le génome de chèvres qui produisent alors de l'insuline "humaine" dans leur lait, qui peut être purifiée et produite en grande quantité pour les diabétiques insulino-dépendants.

Agroalimentaires: exemple de l'introduction du gène bactérien contenant l'information nécessaire à la synthèse d'une molécule toxique pour la pyrale (papillon parasite du maïs) dans le génome de plants de maïs qui produisent alors cette molécule et sont résistants à la pyrale.

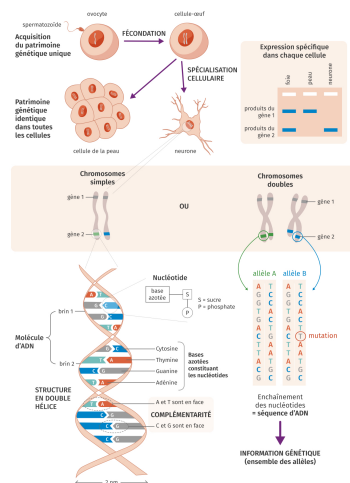
Recherche scientifique: la transgénèse permet notamment de sur-exprimer ou sous-exprimer un gène dont on peut alors déduire le rôle par l'observation des conséquences sur l'organisme génétiquement modifié.

Le fait que cette technique de génie génétique puisse être réalisée entre des organismes très divers, montre que les gènes (et l'ADN qui les constitue) contiennent une information permettant la réalisation des caractères et pouvant fonctionner de la même façon chez toutes les espèces.

Un gène peut donc se définir comme étant une portion de la molécule d'ADN contenant l'information nécessaire à la réalisation d'un caractère héréditaire.

Différents gènes (ou différents allèles d'un même gène) porteurs d'informations différentes, présentent la même structure (c'est de l'ADN !), mais n'ont pas les mêmes séquences nucléotidiques (ordre d'enchaînement des nucléotides). L'information génétique réside donc dans l'ordre d'enchaînement des nucléotides.

Le génome de l'espèce humaine comporte environ 35 000 gènes. Ces 35 000 gènes sont présents dans toutes nos cellules, mais un gène donné ne s'exprime (= est utilisé pour gouverner la réalisation d'un caractère) que dans certains types cellulaires. La spécialisation cellulaire est le résultat de l'expression des gènes dans les cellules.



V Le métabolisme des cellules.

Les cellules structurent nos organismes, elles en assurent aussi leur fonctionnement. Le métabolisme est l'ensemble des réactions chimiques se déroulant dans une cellule. Ces réactions impliquent des échanges de matières et d'énergie entre la cellule et son environnement.

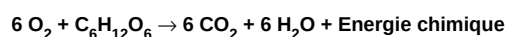
Les cellules chlorophylliennes ont un métabolisme autotrophe.

Les cellules chlorophylliennes exposées à la lumière réalisent la photosynthèse:



La photosynthèse se déroule dans des organites spécialisés: les chloroplastes, grâce à la chlorophylle qu'ils contiennent.

Les cellules chlorophylliennes réalisent en permanence (à la lumière comme à l'obscurité) la respiration:



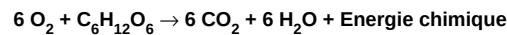
La respiration se déroule dans des organites spécialisés: les mitochondries.

Les cellules chlorophylliennes sont autotrophes au carbone: elles sont capables de produire leur propre matière organique (le glucose $C_6H_{12}O_6$ constituant l'amidon) en utilisant uniquement des matières minérales (CO_2 , H_2O , sels minéraux) lors de la photosynthèse. La matière organique produite constitue une forme d'énergie chimique de réserve, il y a donc lors de la photosynthèse conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique de réserve (le glucose: $C_6H_{12}O_6$ constituant l'amidon).

Une partie de la matière organique produite lors de la photosynthèse est utilisée par la cellule pour produire ses constituants. L'autre partie est utilisée par la cellule pour réaliser la respiration qui permet de produire l'énergie nécessaire au fonctionnement de la cellule. Il y a lors de la respiration conversion de l'énergie chimique de réserve (le glucose $C_6H_{12}O_6$ constituant l'amidon) en énergie "utilisable" (l'ATP).

Les cellules non chlorophylliennes ont un métabolisme hétérotrophe.

Les cellules non chlorophylliennes réalisent en permanence (à la lumière comme à l'obscurité) la respiration au sein de leurs mitochondries:



Ces cellules sont hétérotrophes au carbone: étant incapables de produire leur matière organique en utilisant uniquement des matières minérales, elles doivent prélever de la matière organique (glucose $C_6H_{12}O_6$) dans leur environnement pour d'une part produire leurs constituants, et d'autre part réaliser la respiration qui leur permet de produire l'énergie nécessaire à leur fonctionnement en convertissant l'énergie chimique de réserve du glucose en énergie chimique "utilisable" (l'ATP).

La complémentarité des métabolismes autotrophes et hétérotrophes aux échelles des organes et des organismes.

Les plantes vertes chlorophylliennes sont des organismes autotrophes au carbone. Elles sont capables de produire leur propre matière organique en utilisant uniquement des matières minérales et de l'énergie lumineuse grâce à la photosynthèse. Ces organismes sont constitués d'organes autotrophes (les feuilles) et d'organes hétérotrophes (les racines, les fleurs, les fruits). Le métabolisme autotrophe des feuilles permet de produire la matière organique nécessaire au métabolisme hétérotrophe des racines; il y a complémentarité des métabolismes entre les organes autotrophes et hétérotrophes au sein des organismes autotrophes.

Les organismes hétérotrophes (exemples: les humains et les moutons) consomment directement ou indirectement la matière organique élaborée par les organismes autotrophes (les plantes vertes chlorophylliennes); il y a donc aussi une complémentarité des métabolismes entre les organismes autotrophes et hétérotrophes au sein des écosystèmes.