

Fascicule d'apprentissage

BIOLOGIE

L'anatomie et la physiologie des cellules

BIO-5064-2

Octobre 2004

Introduction

Ce cours de Biologie 5064-2 **L'anatomie et la physiologie des cellules** d'une durée de 50 heures est offert aux élèves de l'éducation aux adultes du Québec. Il constitue l'une des matières à option du second cycle du secondaire dont les unités attribuées peuvent contribuer à l'obtention du diplôme d'études secondaires (DES).

Suite à un remaniement de la version d'avril 1987, réalisée en 2003, il devenait pertinent de regrouper les guides d'apprentissage (GBF 151-152-153) et de les présenter selon l'ordre des objectifs terminaux énoncés permettant aux étudiants de mieux suivre les objectifs de façon continue et ainsi faciliter leur apprentissage.

Ce guide d'apprentissage est donc une adaptation des documents intitulés La cellule, module 1, 2 et 3, fiches d'apprentissage, produit par la direction générale de l'éducation des adultes du Ministère de l'éducation.

Voici l'équipe de production de la version originale :

- Concepteur rédacteur : Marcel Lefebvre
- Graphistes : Luc Robitaille et Nicole Vachon
- Dactylo : Carmen Milot
- Correcteur linguistique : Serge Vallières
- Coordonnateur de l'équipe : André Dumas
- Mise à jour effectuée par : Frédérique Voyer
- Validation des textes : Christine Burgmann

L'adaptation au programme remanié de biologie fut réalisé par :

- Johanne Blanchard
- Céline Robert
Commission Scolaire du Val-des-Cerfs

Les droits d'auteurs de ce guide sont propriétés de la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec. Le droit de reproduction est autorisé aux commissions scolaires du Québec pour fins pédagogiques seulement.

BIO-5064-2 L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE DES CELLULES

OBJECTIF TERMINAL 1

COMPARER LA CELLULE VÉGÉTALE ET LA CELLULE ANIMALE

Objectifs intermédiaires

- 1.1 Nommer les principaux éléments constitutifs de la cellule végétale et ceux de la cellule animale.
- 1.2 Situer, sur un schéma, les principaux éléments constitutifs de la cellule végétale et ceux de la cellule animale.
- 1.3 Décrire brièvement les principaux éléments constitutifs de la cellule végétale et ceux de la cellule animale.
- 1.4 Préciser le rôle des principaux éléments constitutifs de la cellule végétale et ceux de la cellule animale.
- 1.5 Établir un parallèle entre la composition de la cellule végétale et celle de la cellule animale.
- 1.6 Illustrer la diversité de formes des cellules.
- 1.7 Associer à diverses formes de cellules un rôle spécifique.

OBJECTIF TERMINAL 2

DIFFÉRENCIER LES MODES D'ABSORPTION ET D'EXCRÉTION DE LA CELLULE

Objectifs intermédiaires

- 2.1 Décrire la structure de la membrane cellulaire.
- 2.2 Distinguer les mécanismes actifs et les mécanismes passifs d'absorption à travers la membrane cellulaire.
- 2.3 Décrire les mécanismes passifs d'absorption à travers la membrane cellulaire.

- 2.4 Décrire les mécanismes actifs d'absorption à travers la membrane cellulaire.
- 2.5 Illustrer les phénomènes d'osmose et de transport actif.
- 2.6 Décrire les modes d'excrétion à travers la membrane cellulaire

OBJECTIF TERMINAL 3

DISTINGUER LES MODES DE REPRODUCTION CELLULAIRE AINSI QUE LES SÉQUENCES ET LES CARACTÉRISTIQUES PROPRES À CHACUN DE CES MODES

Objectifs intermédiaires

- 3.1 Différencier les modes de division cellulaire suivants : amitose, mitose et méiose.
- 3.2 Décrire les différentes étapes de la division mitotique.
- 3.3 Préciser les caractéristiques inhérentes à chacune des étapes de la division mitotique.
- 3.4 Décrire les différentes étapes de la division cellulaire méiotique.
- 3.5 Préciser les caractéristiques inhérentes à chacune des étapes de la division méiotique.
- 3.6 Établir un parallèle entre les fonctions de la mitose et celles de la méiose.

OBJECTIF TERMINAL 4

ASSOCIER LA RESPIRATION CELLULAIRE À LA LIBÉRATION DE L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE À L'ORGANISME

Objectifs intermédiaires

- 4.1 Définir l'expression « respiration cellulaire ».
- 4.2 Associer l'adénosine triphosphate (ATP) à l'énergie libérée.
- 4.3 Associer le système digestif et le système respiratoire au processus de la respiration cellulaire.
- 4.4 Préciser la nature, le rôle et le mode de fonctionnement d'une enzyme.

IV

- 4.5 Associer la respiration cellulaire à une combustion contrôlée par une enzyme.
- 4.6 Associer la glycolyse, le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire à la respiration cellulaire.
- 4.7 Associer l'énergie libérée par la respiration cellulaire aux activités de la cellule et de l'organisme.

OBJECTIF TERMINAL 5

DISTINGUER L'ACIDE DÉSOXYRIBONUCLÉIQUE (ADN) ET L'ACIDE RIBONUCLÉIQUE (ARN) QUANT À LEUR COMPOSITION CHIMIQUE, À LEUR STRUCTURE ET À LEUR ACTIVITÉ CELLULAIRE

Objectifs intermédiaires

- 5.1 Décrire la structure d'un chromosome comme un agencement de nucléotides, de gènes et d'ADN.
- 5.2 Décrire la structure moléculaire de l'ADN.
- 5.3 Décrire le dédoublement d'une molécule d'ADN.
- 5.4 Associer le dédoublement d'une molécule d'ADN à la reproduction cellulaire.
- 5.5 Décrire la structure moléculaire de l'ARN.
- 5.6 Transcrire le langage codé d'une molécule d'ADN en langage codé d'une molécule d'ARN.
- 5.7 Décrire la synthèse des molécules d'ARN messenger et d'ARN de transfert par l'ADN.
- 5.8 Décrire la synthèse protéique par les deux molécules d'ARN.
- 5.9 Expliquer le code biologique de l'ADN.
- 5.10 Associer la transcription des caractères génétiques à la présence du code biologique.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----------|
| Premières observations de la cellule | 1 |
| Objectif terminal 1 : | |
| Comparer la cellule végétale et la cellule animale..... | 2 |
| La cellule animale | 3 |
| La cellule végétale | 12 |
| Parallèle entre la cellule végétale et la cellule animale | 15 |
| Diversité des cellules | 17 |
| Exercices | 18 |
| Objectif terminal 2 : | |
| Différencier les modes d'absorption et d'excrétion de la cellule | 25 |
| La membrane cellulaire | 25 |
| La diffusion | 27 |
| L'osmose | 28 |
| La phagocytose..... | 31 |
| Le transport actif..... | 32 |
| Exercices..... | 34 |
| Objectif terminal 3 : | |
| Distinguer les modes de reproduction cellulaire ainsi que les séquences et les caractéristiques propres à chacun de ces modes | 37 |
| La reproduction cellulaire par amitose ou division directe | 38 |
| La reproduction cellulaire par mitose ou division équationnelle..... | 41 |
| La reproduction des cellules sexuelles par méiose | 50 |
| Exercices | 62 |

Objectif terminal 4 :

| | |
|---|----|
| Associer la respiration cellulaire à la libération de l'énergie nécessaire à l'organisme | 66 |
| La respiration cellulaire : une combustion contrôlée | 66 |
| Les trois phases de la respiration cellulaire..... | 71 |
| Exercices..... | 79 |

Objectif terminal 5 :

| | |
|--|-----|
| Distinguer l'ADN et l'ARN quant à leur composition chimique, à leur structure et à leur activité cellulaire | 85 |
| La transmission des caractères | 85 |
| La structure moléculaire de l'ADN | 91 |
| Reproduction de la molécule d'ADN : la duplication | 94 |
| Les acides aminés et la synthèse protéique..... | 98 |
| La codification des acides aminés | 99 |
| La description de l'ARN..... | 101 |
| La relation entre le langage codé de l'ADN et celui de l'ARN | 103 |
| La synthèse de l'ARN : la transcription | 105 |
| Exercices..... | 113 |
| Synthèse | 119 |
| Corrigé des exercices | 131 |

PREMIÈRES OBSERVATIONS DE LA CELLULE

Cent cinquante (150) ans ont passé entre la première observation microscopique de la cellule par Robert Hooke et l'énoncé d'une théorie cellulaire. Cette théorie n'est pas l'œuvre d'un scientifique, mais plutôt celle de nombreuses observations faites par un nombre incalculable de chercheurs. Cette théorie établit que :

- tous les organismes vivants sont composés de cellules,
- toutes les cellules proviennent de cellules préexistantes,
- les cellules ont une composition chimique semblable,
- l'activité d'un organisme dépend de l'activité de ses cellules,
- chaque cellule est composée d'un noyau qui coordonne les activités de la cellule.

Le microscope a également permis d'observer les différences entre la composition des cellules animales et végétales. Chacune possède d'abord une enveloppe, la *membrane cytoplasmique*, qui sépare son contenu de son environnement tout en contrôlant l'entrée et la sortie des substances. Tous les organismes vivants sont faits de *cytoplasme*, terme qui se réfère à tout le matériel contenu dans la cellule à l'exception du noyau, et qui ressemble à une sorte de gelée. Situé entre le noyau et la membrane cytoplasmique, le cytoplasme est constitué approximativement de 75% d'eau, de 1% de sels minéraux et les autres constituants sont les trois matières nutritives de base du corps humain :

- les protéines (10 à 20%)
- les lipides (2%)
- les glucides(1%)

Dans le cytoplasme baignent différentes particules en suspension, les *organites cellulaires*, qui ont chacun une forme caractéristique et une fonction spécifique que nous verrons dans ce module. Chaque cellule a un centre de contrôle : le noyau. À la fois complexe et merveilleuse, la cellule est l'unité fondamentale de la vie.

Objectif terminal 1 :

COMPARER LA CELLULE VÉGÉTALE ET LA CELLULE ANIMALE

La cellule végétale diffère cependant un peu de la cellule animale. En effet, la cellule végétale possède une paroi cellulaire qui entoure la cellule. C'est cette paroi cellulaire qui donne forme et support à la cellule végétale. C'est une paroi composée de cellulose, un produit de la cellule et comme c'est un produit de la cellule, elle n'est pas considérée comme une partie vivante de la cellule. Cependant des pores la traversent et permettent les échanges avec l'extérieur.

Certaines cellules végétales possèdent des *chloroplastes*. Ce sont de petites structures vertes que l'on rencontre dans le cytoplasme. Lorsqu'on les observe au microscope, elles apparaissent comme des taches vertes dans la gelée cytoplasmique. Elles contiennent la chlorophylle qui permet à la cellule de fabriquer sa nourriture. Les cellules animales ne produisent pas de paroi cellulaire et ne possèdent pas de chloroplastes synthétisant la nourriture de la cellule.

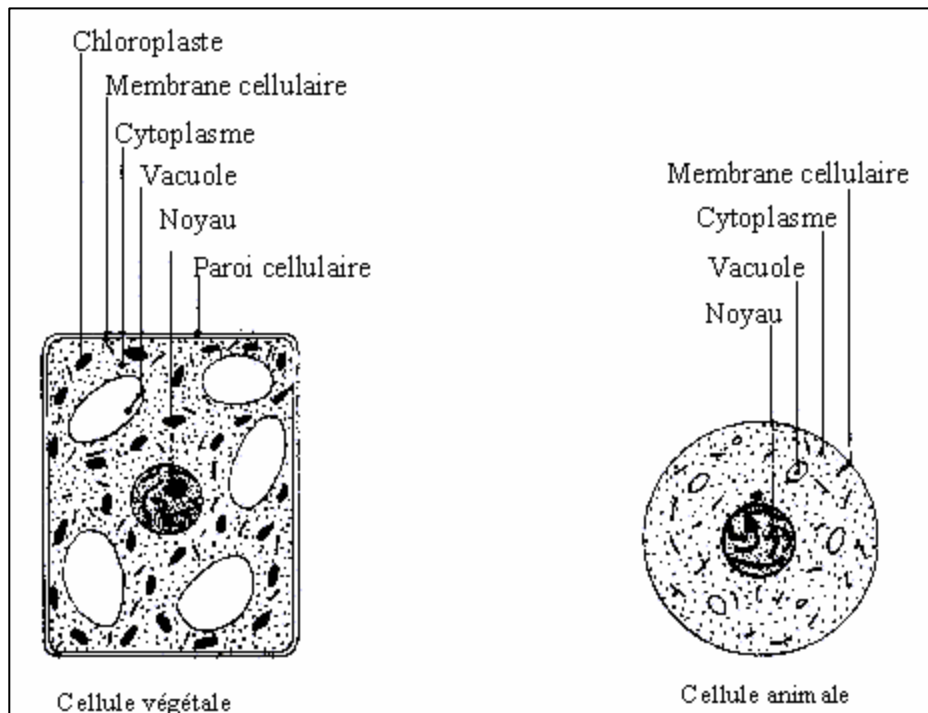


Fig. 1.1 Principales structures d'une cellule végétale et animale

Pourtant, chez les deux (2) types de cellules, on rencontre les principales structures de base. Elles ont en commun un noyau, un cytoplasme cellulaire et une membrane cellulaire, semblables chez les unes et les autres et ayant chacune un rôle particulier nécessaire à la survie cellulaire.

Le *noyau* contrôle les fonctions cellulaires. Il coordonne les activités de la cellule. Il est composé d'un protoplasme dense entouré d'une mince membrane semblable à celle entourant la cellule.

Le *cytoplasme* est cette partie du protoplasme localisée entre la membrane cellulaire et le noyau. Sans couleur, il est transparent comme l'eau. De petites structures comme les vacuoles s'y rencontrent.

La *membrane cellulaire* est cette mince couche entourant la cellule et qui lui donne forme et support. Elle contrôle le passage de la nourriture, des déchets et de l'oxygène de la cellule.

LA CELLULE ANIMALE

Si tu jettes un coup d'œil rapide sur une cellule somatique, c'est-à-dire une cellule du corps, tu découvriras très sommairement un noyau dense baignant dans un fluide clair qu'entoure une membrane cellulaire. Cette description est cependant trop sommaire, car une foule d'organites ont une structure et un rôle actif dans cette cellule. Pour vraiment apprécier la complexité de la cellule, il faut y regarder de plus près et découvrir les autres organites qui, tous, jouent un rôle important à différentes étapes de la vie.

L'illustration de la coupe cellulaire en trois (3) dimensions te permettra de vérifier la complexité de la cellule ainsi que la présence d'une foule d'organites. Pour découvrir un peu

mieux, prépare-toi à faire un petit voyage. Nous allons pénétrer dans la cellule par sa membrane cellulaire.

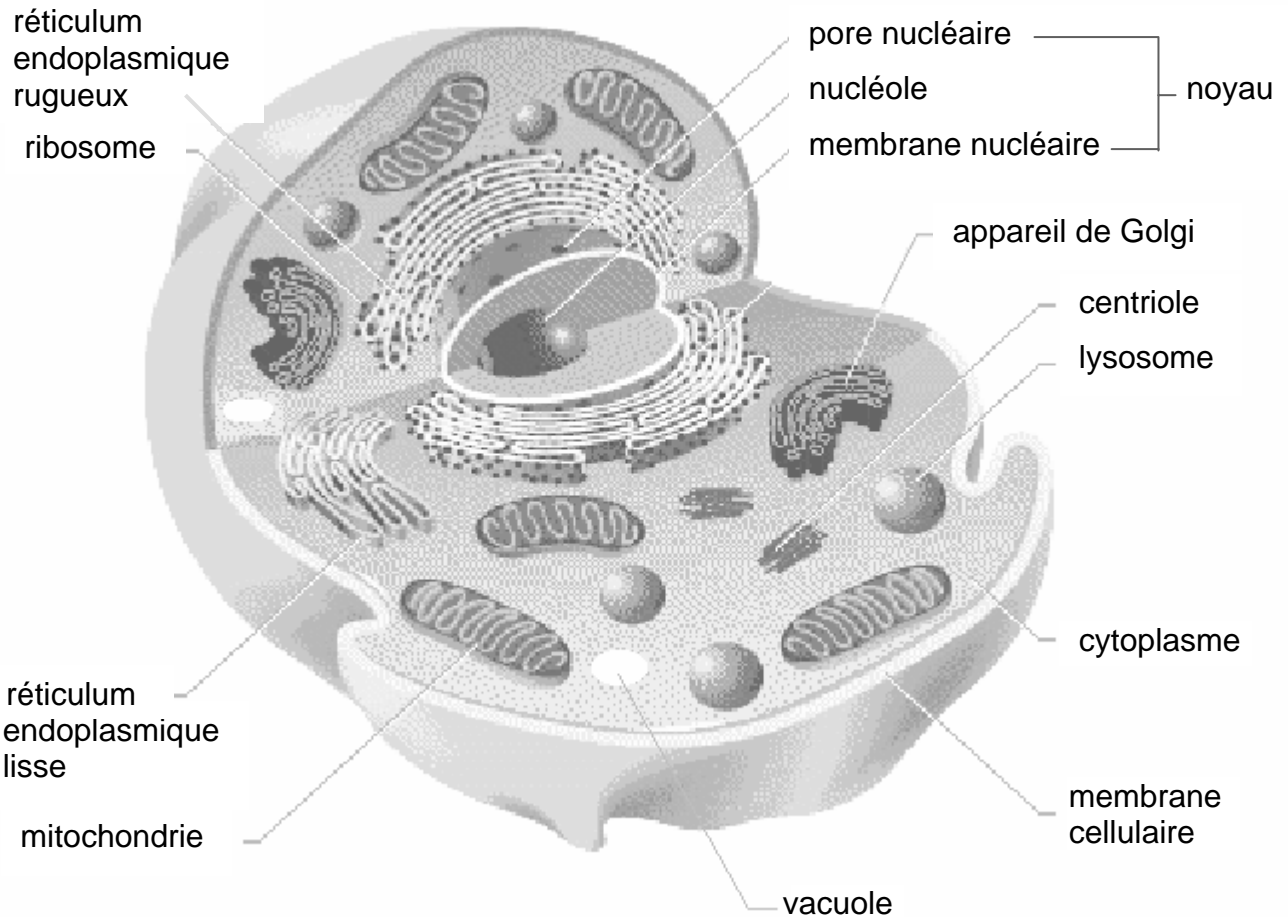


Fig. 1.2 Vue en trois (3) dimensions d'une cellule animale

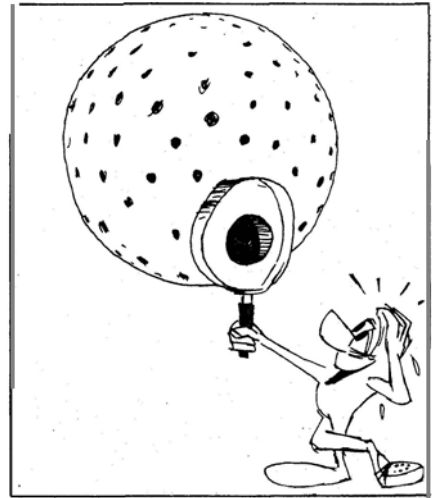
Membrane cellulaire

Chaque cellule est entourée et séparée de ses voisines par une membrane qui n'isole pas seulement la cellule de son environnement, mais crée et maintient aussi le milieu cellulaire intérieur par l'apport actif de substances nutritives.

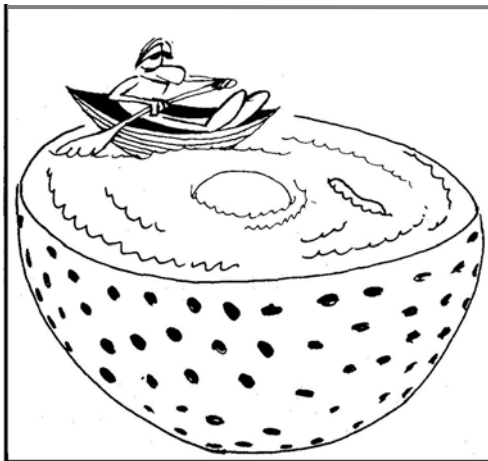
L'entrée des *pores* de la membrane cellulaire est assez étroite mais suffisamment élastique pour laisser passer les particules qui la traversent. C'est le pore de la membrane qui

contrôle la pénétration de la nourriture et l'évacuation des déchets.

La membrane cellulaire est de composition protéique à soixante pour cent (60%) et lipidique à quarante pour cent (40%). Elle forme une barrière dynamique entre le monde extérieur et l'intérieur de la cellule. Elle permet de garder à l'intérieur de la cellule, les proportions nécessaires d'eau, de sels inorganiques et de matières organiques dont la vie cellulaire dépend. Toutes les substances qui entrent dans la cellule ou qui en sortent, doivent traverser la membrane cellulaire par les pores cellulaires qui en sont les ouvertures et ces pores sont très sélectifs !



Cytoplasme



En pénétrant dans le cytoplasme, tu découvres, baignant dans un liquide transparent, ce qui peut être comparé à une gigantesque usine de transformation. Les *organites* cellulaires (constituants structuraux vivants de la cellule) tels que: mitochondries, vacuole, réticulum endoplasmique, ribosome et appareil de Golgi pour en citer quelques-uns, constituent les différentes sections de cette usine. Dans ces différentes sections de l'usine, on rencontre aussi des *enzymes* qui constituent ce qu'on pourrait appeler des machines-outils. Ils servent à couper, lier, transformer et même à briser les matériaux bruts tels que: le glucose, les phospholipides, le cholestérol, les acides gras et les *électrolytes* ou minéraux.

Les électrolytes fournissent à la cellule, les substances inorganiques pour les réactions nécessaires au métabolisme cellulaire. Ceux que l'on rencontre dans le cytoplasme sont

principalement le potassium, le sodium et le magnésium.

Dans son ensemble, le cytoplasme apparaît comme une substance incolore et transparente dont le rôle se limite principalement à emmagasiner tout ce qui est utile au métabolisme cellulaire.

Mitochondries

En approchant d'une mitochondrie, tu verras que c'est un organite allongé, ayant la forme d'une graine de fève dont la paroi externe apparaît lisse et régulière. Quant à la membrane interne, elle ressemble plutôt à un labyrinthe tout en circonvolutions. Ce labyrinthe contient les molécules chimiques nécessaires à la production énergétique. En fait, la mitochondrie ressemble à la vue en coupe d'un transatlantique avec ses nombreux compartiments, cabines et cloisons. Les petits granules sis sur la membrane interne collectent le calcium et le magnésium nécessaire au fonctionnement des mitochondries.



Fig. 1.3 Vue microscopique de la mitochondrie et du réticulum endoplasmique granuleux (Illustration Microsoft Encarta)

L'activité de la mitochondrie est analogue à celle d'une centrale électrique transformant la matière première en énergie. Cette matière première est la nourriture qui a été absorbée par la cellule et partiellement dissociée dans le cytoplasme. Au cours d'une réaction chimique, la centrale cellulaire "brûle" la nourriture, libère de l'énergie et charge une molécule chimique qui joue un peu le rôle d'une batterie rechargeable et qu'on a nommée ATP ou adénosine triphosphate. Cette matière extrêmement précieuse représente de l'énergie brute et constitue pour la cellule, l'équivalent de l'électricité pour les machines dans une usine: elle les actionne. Par exemple : c'est l'ATP qui te fournit l'énergie permettant à ton organisme de découvrir ce qui permet cette production d'énergie. Ouf ! la dernière phrase ! On reprend: c'est l'ATP qui te permet de me lire en te fournissant l'énergie dont tu as besoin pour effectuer ce travail. Ah ! c'était ça alors !!!

Réticulum endoplasmique et ribosomes

La vue du *réticulum endoplasmique* s'étendant dans l'ensemble du cytoplasme te fait sûrement penser à Venise et à son réseau de canaux communiquant entre eux pour le transport des marchandises et des touristes. Dans le réticulum endoplasmique, ce qui est transporté, ce sont justement les protéines nécessaires à la vie cellulaire et les différents réseaux les distribuent selon les besoins. Il existe deux (2) sortes de réticulum endoplasmique: le premier type est celui que tu viens de voir sur le schéma. On le nomme réticulum endoplasmique *granuleux* car il porte des petites billes à sa surface. Le second est le réticulum endoplasmique *lisse* qui ne porte pas de billes à sa surface. La membrane du réticulum endoplasmique est simple et sa face interne est toujours lisse. Il est partiellement relié au noyau cellulaire.

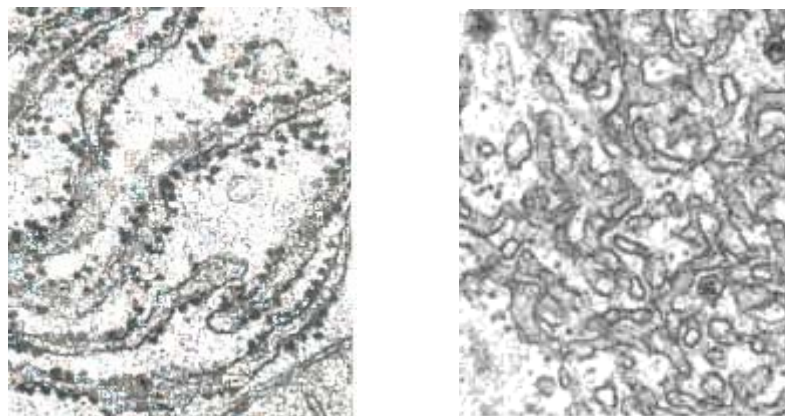


Fig. 1.4 Réticulum endoplasmique granuleux et lisse

À la surface externe du réticulum endoplasmique granuleux, on retrouve des petites billes, ce sont les *ribosomes*, qui représentent les éléments de fabrication des protéines, substances essentielles à la construction de la cellule.

La fonction des ribosomes est très complexe et est régie par le noyau cellulaire. Les ribosomes, de concert avec les médiateurs chimiques venant du noyau cellulaire, synthétisent les protéines nécessaires à la vie cellulaire. Le ribosome peut se comparer à la section d'assemblage d'une usine de fabrication et le réticulum endoplasmique à son réseau de distribution.

Appareil de Golgi

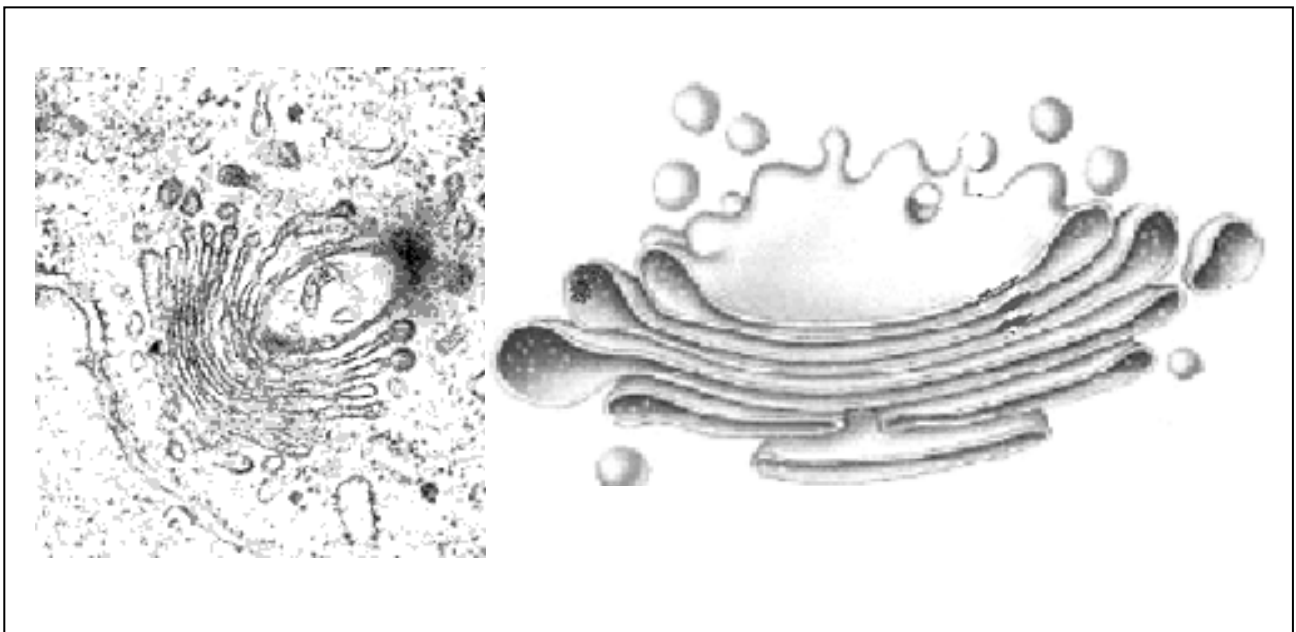


Fig. 1.5 L'appareil de Golgi

Parvenu à l'*appareil de Golgi*, tu arrives à l'entrepôt des produits finis de l'usine. Tu y découvres une série de poches superposées sur leur circonférence et constituées de membranes simples.

Le rôle de l'appareil de Golgi est d'emmagasiner et de conditionner les protéines

exportées par la cellule. Dès qu'une demande est faite de l'extérieur ou de l'intérieur de la cellule, des petits morceaux de l'appareil de Golgi se rompent, se détachent et la protéine emballée est expédiée à destination dans un sac.

Centrioles et centrosome

Le *centrosome* ou centre cellulaire apparaît au microscope optique comme une région claire du cytoplasme où se situe une granulation centrale : les *centrioles*.

La fonction du centrosome n'est pas définie très clairement. Son rôle serait en rapport avec les activités motrices de la cellule.

Au microscope électronique, le centriole se révèle être un cylindre dont la paroi est constituée de neuf paires de tubules. En général, il y a deux centrioles dans le centrosome de la cellule. Les centrioles seraient placés à angle droit l'un par rapport à l'autre.

Le rôle des centrioles commence lorsque la cellule se prépare à se diviser. Le premier évènement important qui annonce la division cellulaire animale est la duplication des centrioles et leur disposition en deux paires qui migrent vers des points opposés du noyau. Pendant cette opération, des rayons fibreux commencent à se développer autour de chaque centriole. Ils formeront le *fuseau mitotique* que tu étudieras lors de la division de la cellule.

Il semble, jusqu'à l'heure actuelle, que les centrioles sont exclusifs à la cellule animale.

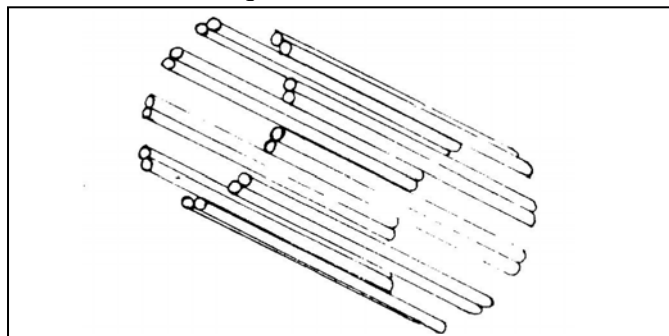


Fig. 1.6 Structure du centriole : 9 paires de tubules assemblés et formant un cylindre.

Vacuoles

Les *vacuoles* sont de petites sphères associées à la membrane cellulaire.

Elles servent de réservoirs de nourriture aux substances nutritives qui ont traversé la membrane cellulaire. Elles participent aussi à l'évacuation de l'eau excédentaire et des déchets.

Lysosomes

Les *lysosomes* sont de petites vésicules entourées d'une membrane lisse constituée d'un seul feuillet rempli d'enzymes. Les lysosomes jouent le rôle de système digestif de la cellule. Les enzymes sont des composés chimiques qui agissent comme catalyseurs c'est-à-dire qu'ils accélèrent la réaction chimique, par leur seule présence, sans subir eux-mêmes de transformation chimique.

Tous les organites cytoplasmiques que nous venons de décrire, sont les constituants structuraux vivants de la cellule :

- la membrane cellulaire
- les mitochondries
- le réticulum endoplasmique et les ribosomes
- l'appareil de Golgi
- les centrioles et le centrosome
- les vacuoles
- les lysosomes.

Mais il existe aussi dans le cytoplasme des inclusions ou enclaves qui sont considérées comme des produits cellulaires inertes. Ces enclaves comprennent des réserves de substances nutritives, telles que les protéines et les hydrates de carbone (glucides) qui, pendant une période de jeûne complet, maintiendront le métabolisme de l'être humain.

Noyau

Le voyage dans la cellule animale se termine par la visite du système de commande situé dans le noyau cellulaire. Pour y accéder, tu traverses la *membrane nucléaire* formée de deux feuillets séparés par un espace clair. Des pores trouent la surface de la membrane et permettent les échanges entre le noyau et le cytoplasme. Cette membrane disparaît lors de la division cellulaire.

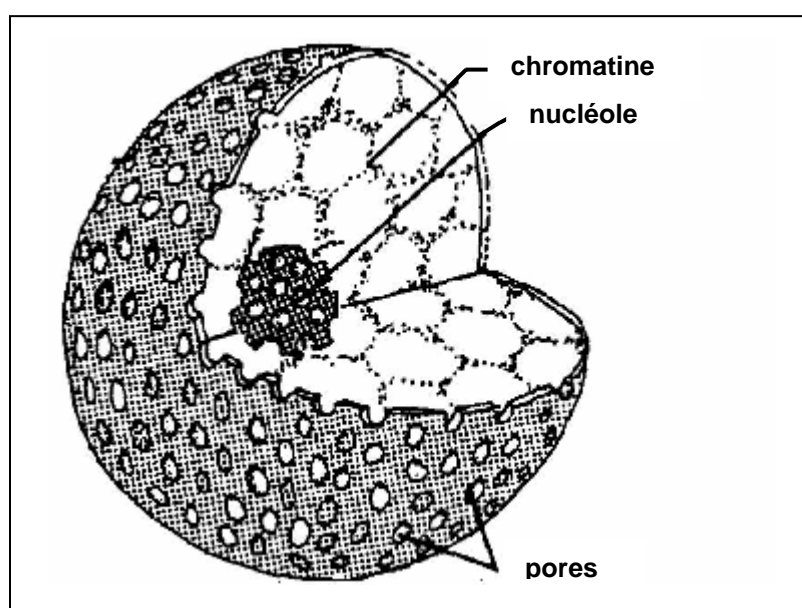


Fig. 1.7 Le cerveau de l'organisation : le noyau cellulaire.

À l'intérieur du noyau, tu retrouves une substance qui ressemble étrangement à du "Jello", c'est le *nucléoplasme* qui remplit tout le noyau; il a l'apparence d'une gelée. Baignant dans ce nucléoplasme, tu rencontres les *nucléoles*, formés de granules très fins composés d'acide ribonucléique ou ARN. Ces organites disparaissent pendant le processus de division cellulaire. Le rôle des nucléoles serait d'élaborer des intermédiaires chimiques qui porteraient des messages entre le noyau et le cytoplasme lors de la croissance cellulaire. La troisième substance qui loge dans le noyau est le réseau de chromatine mieux connu sous le nom de *chromosomes*. Il apparaît comme opaque lorsque vu au microscope électronique et sa distribution s'échelonne dans tout le noyau cellulaire. C'est ce réseau de chromatine qui est l'ordinateur cellulaire. Il dirige l'activité, la croissance, le métabolisme et même la division cellulaire.

C'est ici que se termine ton voyage dans une cellule type d'un organisme pluricellulaire animal. Il est bien évident que tu n'as pas eu réponse à toutes les questions que tu te poses sur la vie cellulaire, mais sache que celle-ci est toujours le sujet d'innombrables études et qu'elle apparaît toujours complexe aux yeux des chercheurs.

LA CELLULE VÉGÉTALE

La cellule végétale diffère très peu de la cellule animale dans sa composition. Les organites que tu as découverts précédemment chez la cellule animale et qui sont communs à la cellule végétale ne seront pas ici l'objet d'apprentissage. Les organites que tu y découvriras sont particuliers à une cellule végétale type et par le fait même feront l'objet d'observations qui compléteront tes apprentissages sur la cellule.

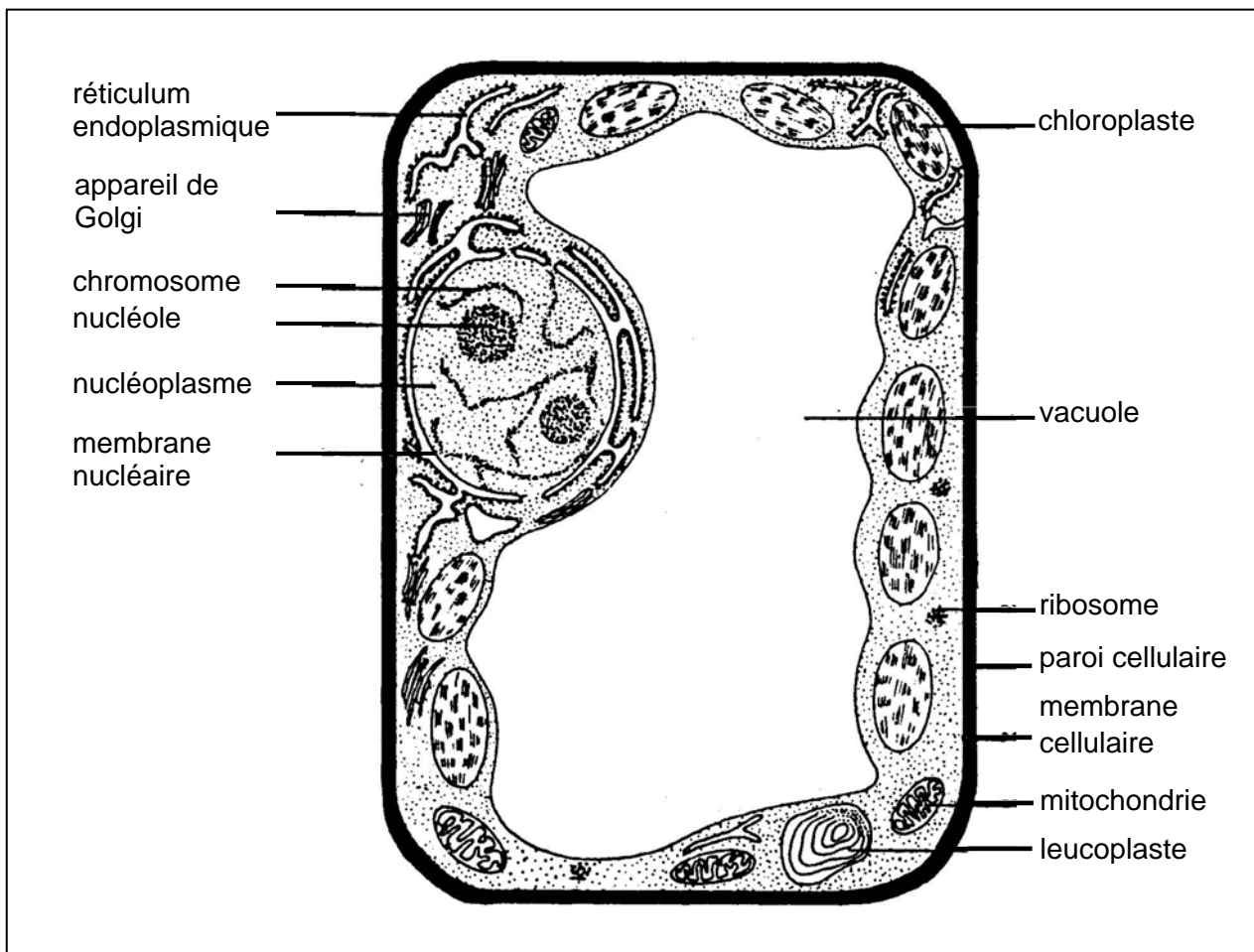


Fig. 1.8 Vue en coupe d'une cellule végétale type

Paroi cellulaire

La paroi cellulaire est une membrane qui entoure la cellule végétale. Elle est composée d'un produit du métabolisme cellulaire : la *cellulose*. Épaisse et rigide, elle sert de support à la cellule tout en formant une couche l'imperméabilisant. Cependant, l'eau, l'air et les matériaux dissous passent librement à travers les pores de la paroi cellulaire. La membrane cellulaire, pour sa part, est aussi présente chez la cellule végétale; elle est située à l'intérieur de la paroi cellulaire et renferme les organites cellulaires.

Plastes

Les *plastes* se rencontrent chez presque toutes les cellules végétales (excepté le fungi : sorte de champignon microscopique) et leur nombre peut varier de quelques-uns à plusieurs centaines selon le type de cellule. En fait, le terme plaste est employé pour désigner des ensembles d'organites cytoplasmiques que l'on nomme respectivement leucoplastes, chloroplastes et chromoplastes. Ce sont en quelque sorte de petits sacs ou contenants.

Les *leucoplastes* regroupent les plastes que l'on rencontre chez les cellules végétales non exposées à la lumière (racines et tiges souterraines). En général, ces structures sont blanches ou incolores. Leur rôle est d'accumuler des réserves alimentaires sous forme d'amidon.

Les *chromoplastes* comprennent tous les plastes renfermant dans leur structure le pigment carotène. C'est ce carotène qui donne sa couleur jaune, rouge ou orange aux fleurs, aux fruits mûrs et aux feuilles à l'automne. Les chromoplastes se rencontrent habituellement chez les cellules végétales exposées à la lumière. Cependant, certaines cellules non exposées à la lumière peuvent aussi contenir du carotène (la carotte dans le sol).

Le groupe des *chloroplastes* est formé de plastes contenant dans leurs structures les pigments carotène et chlorophylle. C'est la chlorophylle contenue dans les chloroplastes qui

donne la couleur verte aux plantes et c'est également elle qui permet aux formes de vie végétale de croître afin d'alimenter les formes de vie animale.

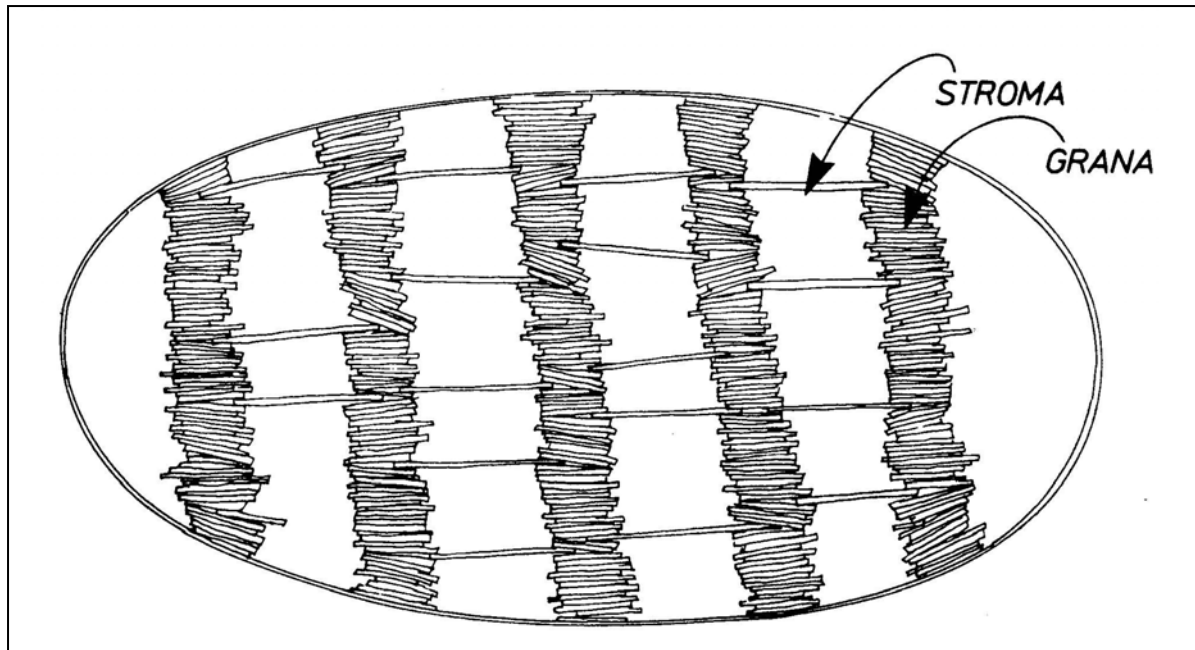
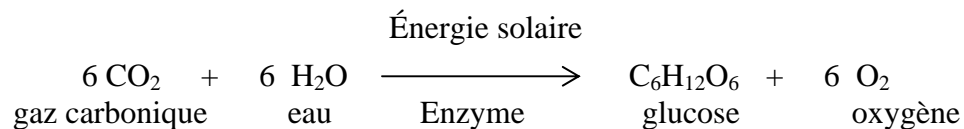


Fig. 1.9 Vue en coupe d'un chloroplaste.

L'observation au microscope électronique nous révèle que le chloroplaste apparaît comme une organisation lamellaire complexe où des zones foncées alternent avec des zones pâles et que le tout est entouré d'une double membrane. Les zones foncées appelées *grana*, ressemblent un peu à des piles de pièces de monnaie. C'est sur les lamelles de ces granas que se trouve la *chlorophylle*. Les zones plus pâles, adjacentes aux granas sont appelées *stroma* et c'est là que sont situés tous les enzymes qui prennent part à la transformation chimique du bioxyde de carbone en glucose.

Le rôle de la chlorophylle dans les granas est de capter l'énergie radiante de la lumière solaire. Cette énergie est ensuite canalisée vers les enzymes qui la transforment en énergie chimique en l'emmagasinant dans une molécule de glucose. Ce processus peut être résumé par une simple équation chimique :



Le bioxyde de carbone (CO₂) pénètre la feuille verte et ensuite la cellule. Il se diffuse

dans le chloroplaste où il est converti en un sucre nommé glucose; l'eau y est décomposée et l'oxygène libéré. Ce processus que l'on nomme *photosynthèse* est responsable de l'équilibre atmosphérique que nous connaissons. Il permet l'élimination continue de millions de tonnes de bioxyde de carbone (CO₂) en le transformant en glucose et dans un deuxième temps, rend possible la production d'une grande quantité d'oxygène.

PARALLÈLE ENTRE LA CELLULE VÉGÉTALE ET LA CELLULE ANIMALE

L'établissement d'un parallèle (voir tableau ci-dessous) entre les organites d'une cellule animale et végétale permet de voir que la composition de base de toute cellule est très semblable.

TABLEAU DES ORGANITES DES CELLULES VÉGÉTALES ET ANIMALES

| Organites | Cellule végétale | Cellule animale |
|-------------------------|------------------|-----------------|
| noyau | P | P |
| nucléole | P | P |
| réseau de chromatine | P | P |
| membrane nucléaire | P | P |
| réticulum endoplasmique | P | P |
| mitochondrie | P | P |
| cytoplasme | P | P |
| centriole | A | P |
| appareil de Golgi | P | P |
| ribosomes | P | P |
| vacuoles | P | P |
| paroi cellulaire | P | A |
| plaste | P | A |
| lysosome | A | P |

P signifie que l'organite est présent dans cette cellule
 A signifie que l'organite est absent dans cette cellule

C'est la présence de deux (2) structures particulières, les plastides et la paroi cellulaire, qui vont conférer à la cellule végétale son rôle de productrice d'énergie ou de biomasse.

En effet, les plastides sont responsables de la production des sucres et/ou de leur entreposage sous forme de sucres simples ou d'amidon chez les végétaux. Les animaux, de leur côté, n'ayant pas de plastides dans leurs cellules ne peuvent fabriquer des sucres mais doivent plutôt consommer ces sucres comme nourriture pour survivre. Les cellules animales doivent donc posséder des structures qui serviront à la digestion de ces sucres puisqu'ils font partie de l'alimentation des animaux.

Le soutien de la plante est assuré par la paroi cellulaire des végétaux. Chez la plupart des animaux, chaque cellule ne requiert pas un tel soutien puisque le squelette joue ce rôle.

Chez la cellule animale, la présence des centrioles et des lysosomes, fait que celle-ci joue plutôt un rôle de consommatrice d'énergie ou de biomasse. Les lysosomes sont les organites responsables de la digestion des sucres grâce aux enzymes qu'ils contiennent. En plus des lysosomes, les centrioles sont présents dans la cellule animale et absents dans la cellule végétale.

La fonction des organites propres à chaque type de cellule (animale ou végétale) détermine le rôle que celle-ci joue au sein des différentes formes de vie. Par exemple, les chloroplastes sont présents seulement chez les producteurs d'énergie, c'est à dire chez les végétaux. Dans une plante, on les retrouve en particulier en grand nombre dans les cellules formant le feuillage puisque c'est au niveau du feuillage que s'effectue la photosynthèse. L'énergie lumineuse étant essentielle au mécanisme de la photosynthèse, on comprend pourquoi les chloroplastes sont absents au niveau des racines.

Le chloroplaste joue ainsi un rôle de producteur d'énergie dans le mécanisme de la photosynthèse chez les plantes.

Il s'établit une interdépendance entre producteurs d'énergie et consommateurs d'énergie. Il faut préserver l'équilibre entre ces deux formes de vie sinon la vie sur notre planète risque de disparaître.

DIVERSITÉ DES CELLULES

Dans notre corps, il y a près de 100 billions (10^{12}) de cellules qu'on peut regrouper approximativement en 200 types différents. Leur taille varie considérablement : il faut un microscope puissant pour voir les plus petites. La plus grosse, l'ovule, est à peine visible à l'œil nu.

La forme des cellules est aussi très variable (Fig. 1.10). On trouve des cellules rondes, ovales, plates, allongées, en forme d'étoile, cylindriques ou discoïdes. La forme de la cellule est liée à sa fonction dans le corps. Par exemple, le spermatozoïde possède une longue queue (flagelle) qu'il utilise pour avancer. La forme discoïde du globule rouge lui confère une grande surface qui augmente sa capacité de transmettre de l'oxygène aux autres cellules. Certaines cellules possèdent des microvillosités qui augmentent considérablement leur surface; c'est le cas des cellules épithéliales qui tapissent l'intestin grêle, où les microvillosités favorisent l'absorption des aliments digérés. Les cellules nerveuses ont des prolongements qui leur permettent de transmettre les influx nerveux sur de grandes distances.

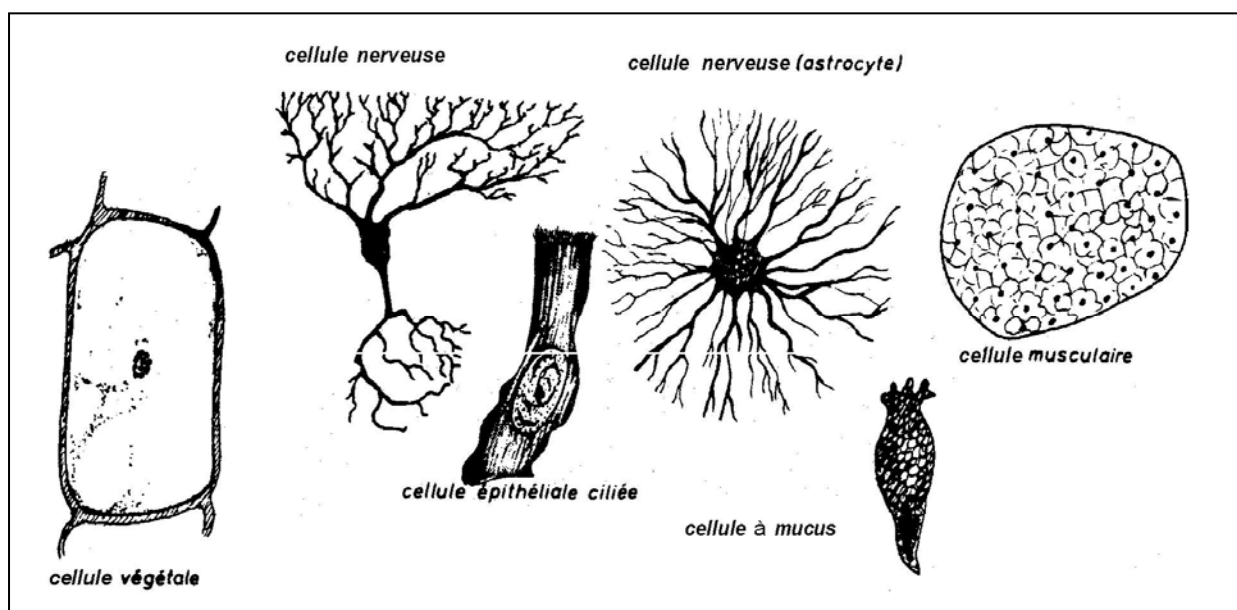


Fig. 1.10 Différentes formes de cellule variant selon leur rôle

Quels que soient sa forme et son comportement, la cellule est l'unité fondamentale de toute matière vivante. Comme telle, elle doit posséder un mécanisme de mobilisation et

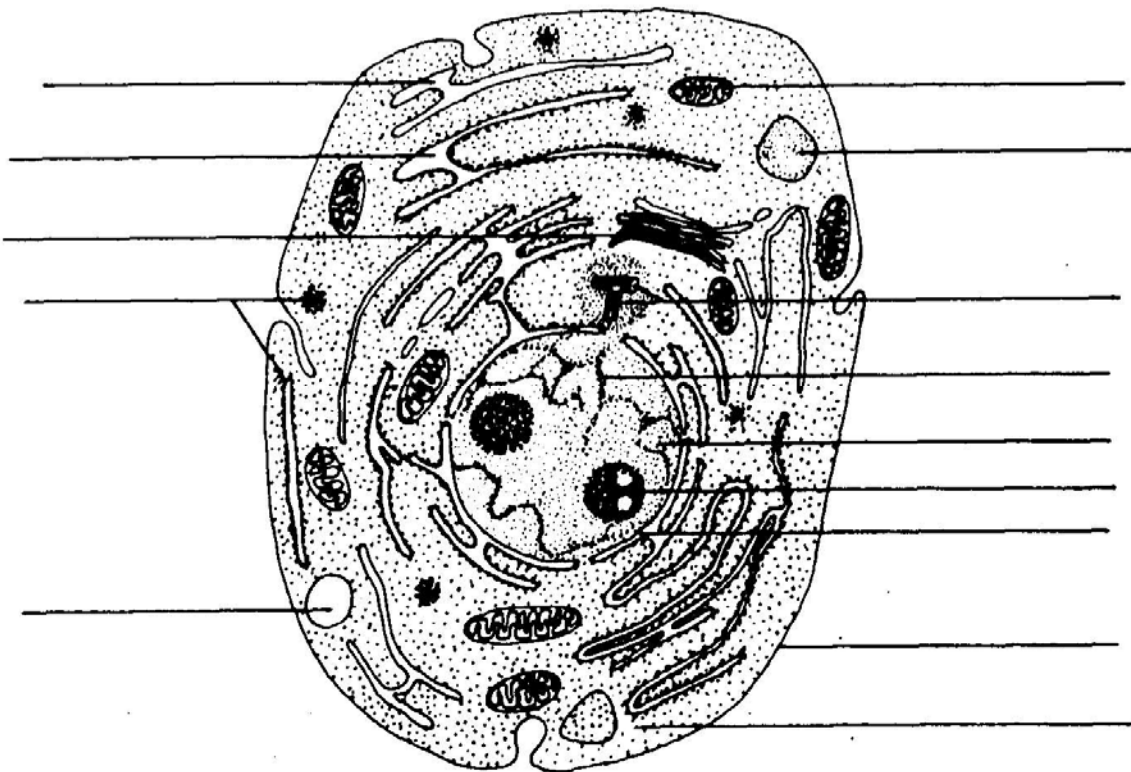
d'utilisation de l'énergie, un autre de reproduction et un autre d'absorption de nourriture et d'élimination des déchets. Et toutes ces fonctions doivent s'accomplir en parfaite harmonie.

EXERCICES

Objectif terminal 1

I a) À chacun des organites de la cellule animale illustrée ci-dessous, associe le nom approprié qui figure dans la liste suivante:

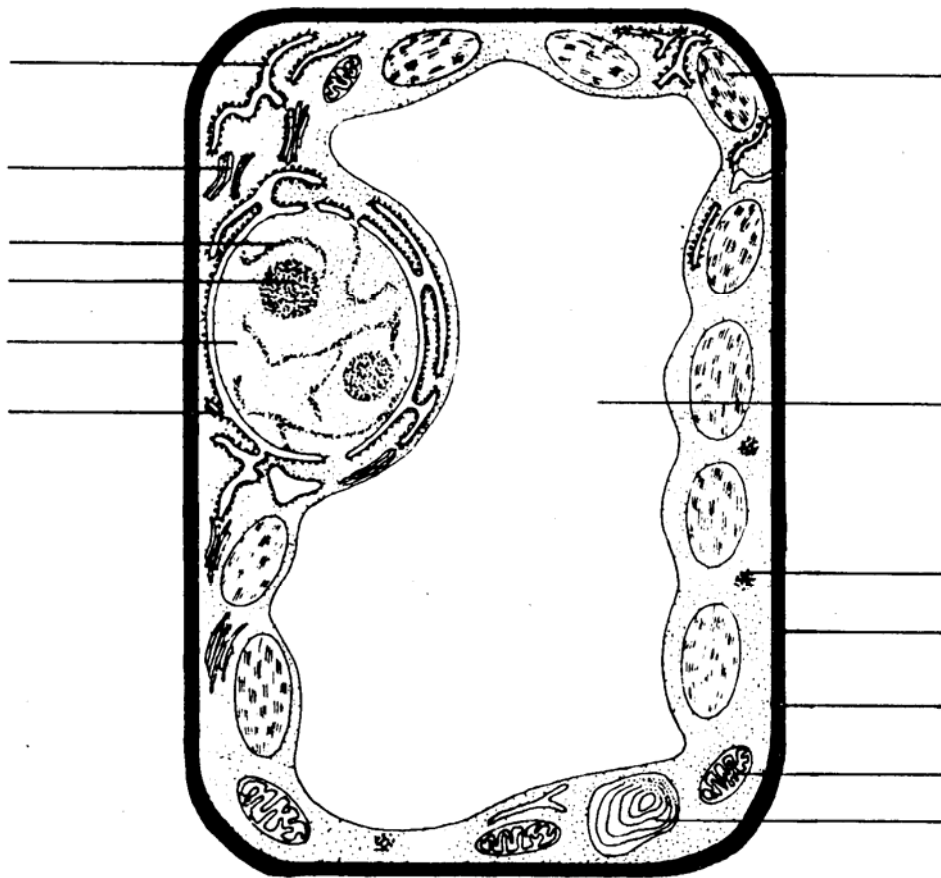
membrane cellulaire - membrane nucléaire - réticulum endoplasmique lisse
- réticulum endoplasmique granuleux - ribosome - appareil de Golgi - vacuole
- cytoplasme - centriole - mitochondrie - noyau - chromosome - nucléole
- lysosome.



Cellule animale

- b) À chacun des organites de la cellule végétale illustrée ci-dessous, associe le nom approprié qui figure dans la liste suivante:

réticulum endoplasmique - appareil de Golgi - chromosome - nucléole
 - nucléoplasme - membrane nucléaire - membrane cellulaire - leucoplaste
 - mitochondrie - paroi cellulaire - vacuole - ribosome - chloroplaste.



Cellule végétale

- c) Complète les phrases suivantes.

1. L'entrée par les _____ de la _____
 est assez étroite mais suffisamment élastique pour laisser passer les particules qui
 la traversent.

2. Le _____ est un liquide clair où baignent les organites cellulaires.
3. Les _____ sont un labyrinthe tout en circonvolution, ressemblant étrangement à une centrale produisant de l'énergie.
4. La série de canaux qui parcourent le _____ permettent de distribuer les protéines à toute la cellule.
5. Les _____ sont situés sur le réticulum endoplasmique.
6. _____ entrepose les produits finis. C'est une série de poches superposées.
7. Les _____ sont au nombre de deux; ils apparaissent chacun comme un cylindre formé de neuf (9) paires de tubules.
8. Les _____ sont de petites sphères associées à la membrane cellulaire.
9. Les _____ sont riches en enzymes digestifs.
10. La _____ entoure le noyau cellulaire.
11. Les _____ sont formés de granules très fins composés d'acide ribonucléique.
12. Le _____ apparaît opaque et est distribué dans tout le noyau.
13. Le _____ et le _____ disparaissent lors de la division cellulaire.
14. La _____ entoure la cellule végétale.

15. Les _____ sont des corpuscules que l'on rencontre chez les cellules végétales; les zones sombres qui me traversent s'appellent _____ et les zones pâles _____.
16. Certains _____ effectuent la photosynthèse et s'appellent _____. Si je suis incolore, on m'appelle _____ et si je suis jaune ou rouge, on m'appelle _____.
17. La _____ est l'unité fondamentale de toute vie animale et végétale.
- d) Dans cet exercice, tu dois associer le nom de l'organite au rôle que remplit celui-ci. Pour ce faire, relie le nombre représentant l'organite à la lettre qui correspond à son rôle.
- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Mitochondrie | A. Je contrôle les échanges entre la cellule et le monde extérieur. |
| 2. Membrane cytoplasmique | B. J'emmagasine ce qui est nécessaire au métabolisme cellulaire. |
| 3. Plaste | C. Je suis le producteur d'énergie. |
| 4. Réticulum endoplasmique | D. Je suis le cerveau cellulaire. |
| 5. Cytoplasme | E. Je produis les sucres. |
| 6. Noyau | F. Je synthétise les protéines. |
| 7. Appareil de Golgi | G. Je distribue les protéines dans la cellule. |

- | | |
|--------------------------|---|
| 8. Ribosome | H. J'entrepose les protéines synthétisées dans la cellule. |
| 9. Vacuole | I. Je forme le fuseau mitotique lors de la division cellulaire. |
| 10. Centriole | J. Je sers de réservoir de substances nutritives et j'évacue les déchets. |
| 11. Réseau de chromatine | K. Je joue un rôle dans la digestion intracellulaire. |
| 12. Lysosome | L. Je contiens toute l'information reliée à l'activité cellulaire |

II a) Identifie l'organite cellulaire que tu peux associer à la description ou au rôle rempli par celui-ci.

1. Ce liquide translucide renferme une foule d'organites qui y baignent.

2. Son rôle est d'agir comme une barrière entre l'environnement et l'intérieur cellulaire.

3. Sa fonction est de transformer la matière première en énergie.

4. Cette structure ressemble à une série de canaux qui achemine les protéines.

5. Cet organite produit l'ATP qui te fournit l'énergie nécessaire à ton métabolisme.

6. Ils participent à la synthèse protéique.

7. Ils entreposent les protéines synthétisées dans la cellule.

8. Un cylindre dont la paroi est constituée de neuf (9) tubules constitue cette composante cellulaire.

9. Ils sont les réservoirs de nourriture de la cellule.

10. Petites vésicules riches en enzymes digestifs situés dans le cytoplasme.

11. C'est le système de commande de la cellule. Il est séparé du cytoplasme par une membrane.

12. Ils sont le siège des acides ribonucléiques ou ARN.

13. Substance qui ressemble à du "Jello" et qui remplit tout le noyau.

14. Sa distribution s'échelonne dans tout le noyau. C'est l'ordinateur de la cellule.

15. Cette structure sert de support à la cellule végétale, elle est composée de cellulose.

16. Ce nom désigne un ensemble d'organites cytoplasmiques qui assurent la croissance des plantes.

17. Plastides que l'on rencontre chez les cellules non exposées à la lumière.

18. Plastides contenant dans leurs structures les pigments carotène et chlorophylle.

19. Plastides comprenant dans leur structure seulement le pigment carotène.

20. Zones foncées ressemblant à une pile de monnaie que l'on retrouve dans le chloroplaste.

b) Quelles sont les structures cellulaires particulières à la cellule végétale ?

c) Quelles sont les structures cellulaires particulières à la cellule animale ?

d) Quelles sont les structures qui sont communes aux cellules animales et végétales ?

Objectif terminal 2 :

DIFFÉRENCIER LES MODES D'ABSORPTION ET D'EXCRÉTION DE LA CELLULE

LA MEMBRANE CELLULAIRE

Toute cellule vivante possède sa vie propre, qu'elle soit unique comme chez les unicellulaires ou qu'elle ne soit qu'une partie d'un être pluricellulaire. Dans ce dernier cas, en plus de pourvoir aux exigences de sa vie personnelle, sa vie dépend aussi de la vie de l'ensemble des cellules qui lui apporte sa nourriture et la débarrasse de ses déchets. Pour pourvoir à ses besoins, la cellule s'est développée une membrane sélectivement perméable ainsi que des mécanismes aptes à répondre à ses exigences. Dans les pages suivantes, on verra comment est constituée la membrane cellulaire ainsi que les principaux modes d'absorption et d'excrétion de la cellule: la diffusion, l'osmose, la phagocytose et le transport actif.

La structure de la membrane cellulaire

La membrane cellulaire se laisse traverser plus facilement par certaines substances que par d'autres; c'est pourquoi on dit qu'elle est sélective. C'est ainsi que l'eau traverse librement la membrane cellulaire et que les petites molécules voyagent plus facilement que les grosses.

Une molécule de glucose (petite molécule) est plus facilement diffuse que le sucrose (grosse molécule). Donc le mouvement de ces molécules suggère que la membrane contient des pores ou des trous qui ne laissent pas passer toutes les molécules.

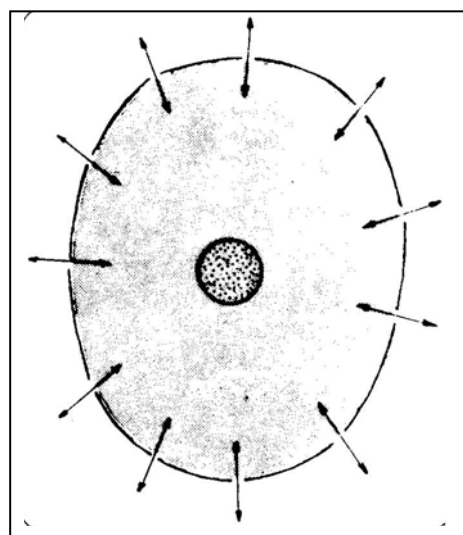


Fig. 2.1 Vue en coupe des entrées ou sorties de la cellule

Ce sont d'autres expériences qui nous indiquent la structure possible de la membrane. Des expériences ont démontré que les molécules neutres, c'est-à-dire ne portant pas de charges électriques, se déplacent plus facilement que les atomes chargés positivement ou négativement. La charge électrique retarde le passage des ions à travers la membrane cellulaire; de plus, les composés solubles dans les graisses traversent plus facilement la membrane.

Les expériences effectuées plus haut donnèrent l'opportunité aux chercheurs de faire des hypothèses sur la structure membraneuse de la cellule. Celle que l'on retient le plus, suggère que la membrane cellulaire serait composée de deux (2) couches internes de lipides et de deux (2) couches de protéines : l'une externe et l'autre interne. Le pore serait tapissé sur sa partie ouverte à l'extérieur, d'une couche de protéines. L'orientation des protéines permettrait la sélectivité du matériel à absorber.

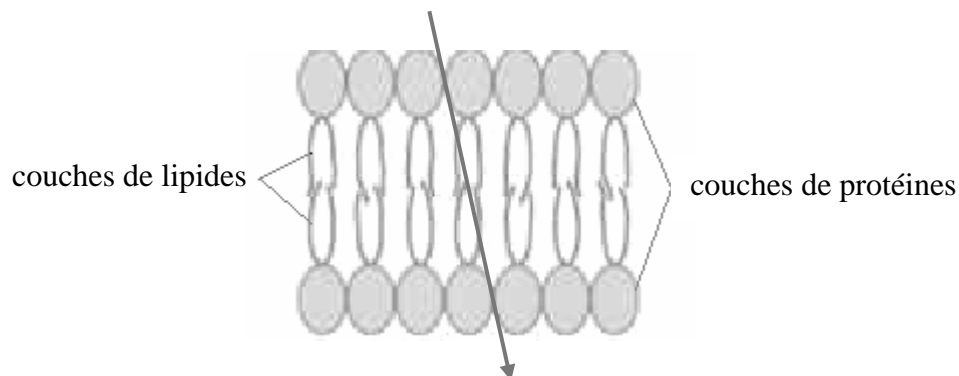


Fig. 2.2 Constitution de la membrane cellulaire

La structure de la membrane cellulaire te suggère que des substances peuvent la traverser, mais ce qu'elle ne te communique pas ce sont les techniques employées. Tu découvriras maintenant différents mécanismes qui servent tous au phénomène d'absorption de substances dissoutes, assimilées ou non par la cellule, au cours de son métabolisme.

On dit qu'un mécanisme d'absorption est actif ou passif selon qu'il a besoin ou non d'énergie pour franchir la membrane cytoplasmique. Voyons d'abord les mécanismes passifs d'absorption : la diffusion et l'osmose.

LA DIFFUSION

La diffusion est un moyen utilisé par certaines substances pour traverser la membrane. Il s'agit d'un phénomène selon lequel les molécules d'une substance donnée (liquide ou gaz) se déplacent dans toutes les directions conséquemment à l'énergie cinétique emmagasinée dans ses particules. La diffusion tend à rendre uniforme la concentration des molécules dans l'espace donné. De fait, si les molécules sont en plus forte concentration dans une partie donnée, elles auront tendance à se déplacer en plus grand nombre vers la partie à plus faible concentration. Ceci amène une concentration uniforme sur tout l'ensemble.

On peut illustrer le phénomène de la diffusion par le comportement d'un grain de colorant dans un récipient d'eau. Tout près du grain, la couleur est intense parce que la concentration du colorant est maximale à cet endroit. À des distances de plus en plus éloignées, la couleur pâlit parce que la concentration diminue. Au bout de quelque temps, à l'état d'équilibre, la couleur de la solution devient uniforme. Sous l'action de la diffusion nette, les molécules de colorant se sont répandues dans la solution en suivant leur gradient de concentration, jusqu'à ce qu'elles aient formé un mélange homogène. Dans l'exemple de la diffusion du colorant, il n'y a pas de membrane. Les substances peuvent aussi diffuser à travers une membrane, si celle-ci leur est perméable.

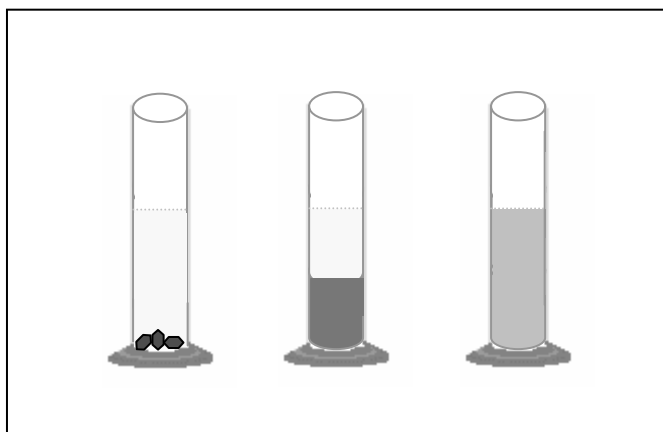


Fig. 2.3 Exemple de diffusion d'un colorant dans l'eau

Une fois ce phénomène de diffusion compris, il est facile de s'imaginer ce qui se passe dans la cellule. À cause du faible diamètre de sa molécule, l'eau peut se diffuser facilement à

travers les pores de la membrane.

Certains ions comme ceux du sodium, du potassium et du chlore peuvent aussi se diffuser à travers les pores mais avec certaines difficultés. Les substances solubles dans les lipides comme l'oxygène, le gaz carbonique et l'alcool, peuvent se diffuser à travers la membrane. On a dit que la membrane était une barrière dynamique, en ce sens qu'elle permettait le passage de certaines substances et refusait l'entrée à d'autres substances. De fait, la membrane, composée de protéines et de lipides, peut s'unir à une molécule dite "passeuse" pour solubiliser une substance qui se présente à la barrière cellulaire et permettre à cette substance de diffuser à l'intérieur. La diffusion permet l'entrée ou la sortie d'une substance à condition qu'il y ait une concentration plus faible du côté vers lequel se dirige la substance.

L'OSMOSE

L'osmose est un second phénomène de transport à travers une membrane cellulaire qui permet à l'eau de pénétrer ou de sortir de la cellule. Il peut causer ainsi le renflement ou *turgescence* et le rétrécissement ou *plasmolyse* de la cellule. La diffusion de toutes les substances se produit de chaque côté de la membrane. L'eau qui se diffuse à travers les pores est composée de molécules d'eau (H_2O) qui viennent frapper les pores pour les traverser. Cependant, si les pores d'un côté de la membrane sont bouchés par des substances qui ne peuvent la franchir, il se produit une inversion du phénomène. Ainsi, l'eau va traverser les pores à partir du côté où la membrane est libre et à la fin, il en résultera une augmentation de l'eau du côté des pores bouchés. Ce sont tous ces transferts que l'on appelle "osmose".

Pour comprendre ce phénomène, suppose deux milieux différents, séparés par une membrane. Le milieu A contient une solution à faible concentration et le milieu B contient une forte concentration de molécules.

- a) Au début, il y a un plus grand nombre de molécules d'eau en contact avec la membrane X sur le côté A (sur le schéma) que sur le côté B puisque moins de

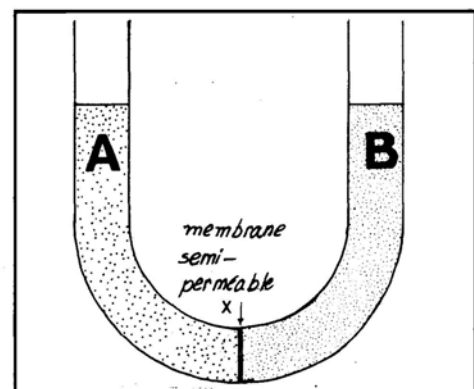


Fig. 2.4 Stade initial

particules solides couvrent la face A de la membrane que la face B.

- b) Il y a donc en moyenne plus de molécules d'eau qui passent à travers la membrane de A vers B que de B vers A.
- c) Dès lors, le volume d'eau diminue en A et augmente en B. Les particules du milieu A s'entassent dans un volume de plus en plus petit et couvrent une surface de la membrane de plus en plus grande. Dans le milieu B, l'augmentation du contenu en eau permet la dispersion des particules dans un volume de plus en plus grand, ce qui a pour effet de réduire la concentration des particules sur la surface B de la membrane.
- d) A un certain moment, s'établit un équilibre dynamique où les concentrations de chaque côté de la membrane sont identiques. À ce moment, les échanges de chaque côté de la membrane sont identiques.

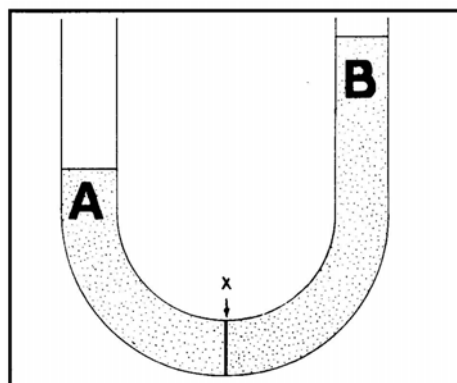


Fig. 2.5 Stade final

L'osmose est alors le mouvement de l'eau à travers la membrane semi-perméable. La solution qui perd de l'eau dans l'osmose est qualifiée d'hypotonique, celle qui gagne de l'eau est dite hypertonique. Lorsqu'il n'y a ni gain, ni perte d'eau d'un côté ou de l'autre de la membrane, c'est à dire, lorsque les deux solutions contiennent une concentration égale de particules, elles sont isotoniques, en équilibre osmotique.

Ainsi, quand on place une cellule vivante dans une solution contenant plus de sel que la cellule elle-même, la concentration de l'eau est plus grande à l'intérieur de celle-ci qu'à l'extérieur. Autrement dit, il y a moins de molécules d'eau par unité de surface à l'extérieur de la cellule parce que l'espace est occupé pour une bonne part par le sel. Dans ces conditions, l'eau se déplace de l'intérieur de la cellule vers l'extérieur de la cellule. La cellule, lorsque vue au microscope électronique, semble s'affaisser au fur et à mesure qu'elle perd de l'eau.

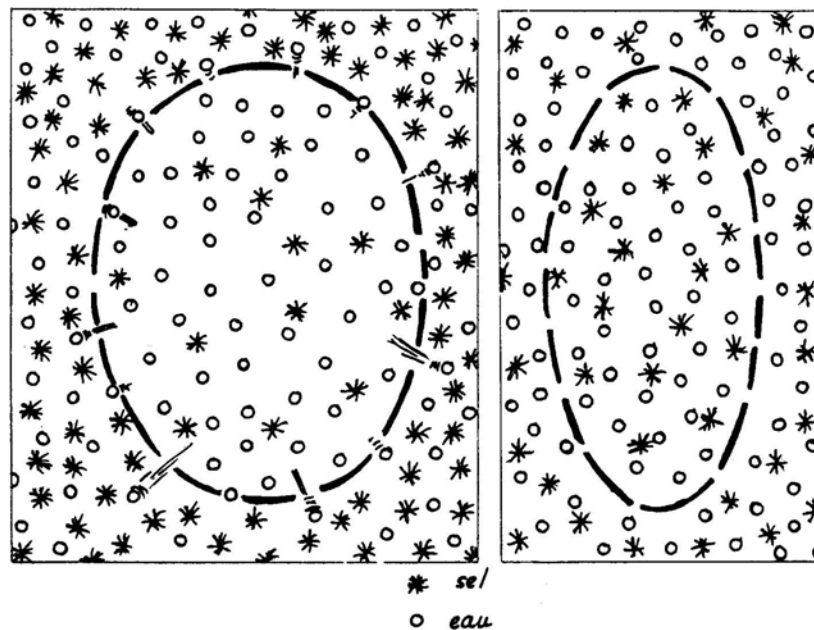


Fig. 2.6 Cas d'osmose où l'eau passe de la cellule au milieu ambiant

Par contre, si la concentration des molécules d'eau à l'extérieur de la cellule est trop grande, l'eau se déplace par osmose vers l'intérieur de celle-ci. Il en résulte un accroissement de la pression sur la paroi interne de la membrane cellulaire.

Si cette pression augmente trop, la membrane cellulaire éclatera. Ceci peut facilement être démontré en plaçant une goutte de sang dans de l'eau distillée et en l'examinant au microscope. Les globules rouges contiennent une faible quantité de sel et l'eau distillée pas du tout. Donc, elle pénètre la cellule et la fait éclater.

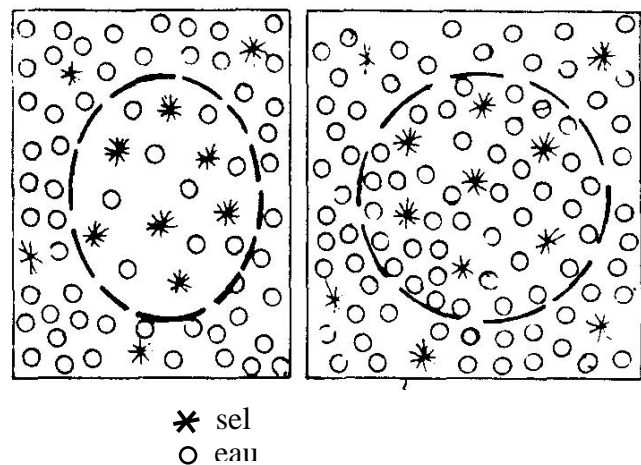


Fig. 2.7 Cas d'osmose où l'eau passe du milieu ambiant dans la cellule

L'effet premier de l'osmose consiste donc à pousser l'eau vers la région à plus forte concentration, à partir du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique et ce processus se poursuit jusqu'à atteinte de l'équilibre. L'osmose joue un rôle important dans la matière

vivante. C'est une opération par laquelle l'eau est distribuée et redistribuée à travers les membranes cellulaires.

Prenons l'exemple d'un individu qui change ses habitudes alimentaires et se met à manger des aliments très salés. Il se produira donc des changements dans son organisme car du sel se distribuera complètement dans tout l'organisme et entraînera un appel d'eau à l'intérieur des cellules pour équilibrer les milieux internes et externes des cellules mêmes. Conséquence : l'individu gagnera donc du poids pour rétablir l'équilibre cellulaire. Attention au sel !!!

Voyons maintenant les mécanismes actifs d'absorption à travers la membrane cellulaire : la phagocytose et le transport actif.

LA PHAGOCYTOSE

Il existe chez la cellule un troisième mode de nutrition : la phagocytose. Ce mécanisme actif permet d'ingérer de grosses particules solides comme les bactéries ou des virus entiers. Ce mode nutritionnel se rencontre chez certaines cellules dont les protozoaires et les globules blancs du sang. Chaque globule blanc du sang a au moins un noyau et parfois deux; la fonction principale de ces cellules est de protéger le corps contre l'infection et la maladie. Le globule blanc du sang ingère les bactéries en les enveloppant d'une partie de sa membrane; il en fait une vacuole qui sera digérée par les enzymes de la cellule.

En cas d'infection, comme une pneumonie par exemple, le nombre de globules blancs du sang augmente; ils détruisent les bactéries qui sont responsables de la maladie. La phagocytose constitue donc un mécanisme de défense essentiel qui contribue à protéger l'organisme contre la maladie.

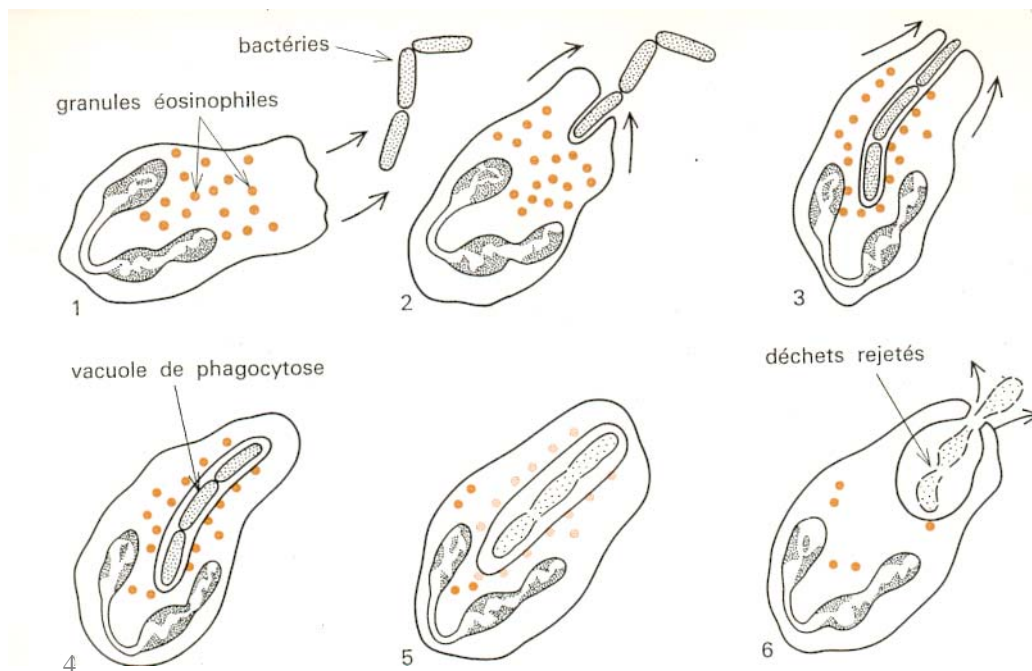


Fig. 2.8 Exemple du phénomène de la phagocytose : ingestion d'une bactérie par un globule blanc

LE TRANSPORT ACTIF

Le mouvement des substances à travers les membranes cellulaires se complique du fait que la membrane se laisse traverser, non seulement par l'eau, mais aussi par les corps dissous. Les molécules de ces corps se déplacent à travers une membrane vers la région de faible niveau de concentration. Toutefois, dans plusieurs cas, ces corps dissous semblent se diriger dans la mauvaise direction, c'est-à-dire vers une région de niveau plus élevé de concentration. Une certaine quantité d'énergie est alors nécessaire pour permettre le déplacement des molécules dans une direction opposée à celle où, normalement, elles tendraient à se mouvoir. Chaque fois que le passage d'une substance à travers une membrane exige, de la part de la cellule une dépense d'énergie, on parle de transport actif. Autrement dit, la substance, dans ce cas, ne se déplace pas d'elle-même, mais elle est déplacée à travers la membrane à l'aide d'un transporteur protéique qui aide à traverser la membrane contre le gradient de concentration. Tu connaîtras bientôt davantage cette énergie qu'est l'ATP.

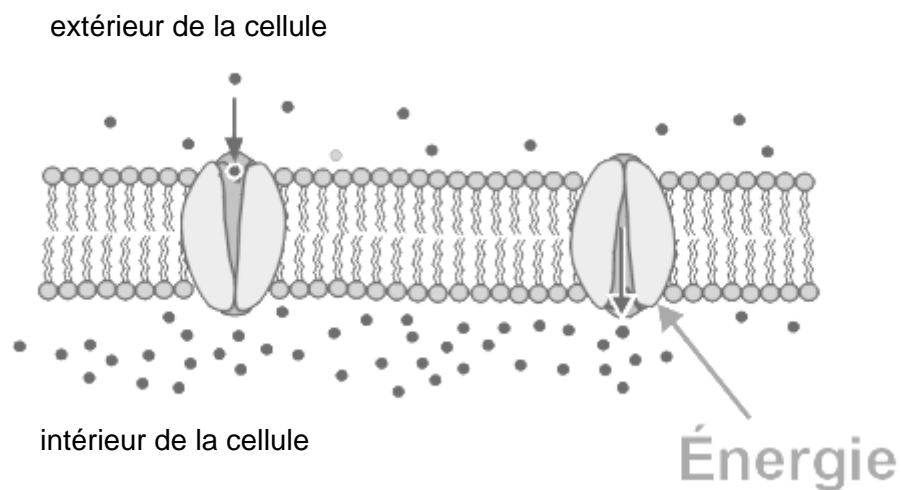


Fig. 2.9 Phénomène du transport actif

La liste des substances transportées activement comprend de nombreux ions tels que : sodium (Na^+), potassium (K^+), calcium (Ca^{++}), iode (I) et chlore (Cl), des acides aminés et des monosaccharides (sucres simples).

Aussi, le mécanisme de transfert actif le plus répandu est la pompe à sodium. Celle-ci maintient une faible concentration d'ions sodium (Na^+) dans le cytoplasme qui les pompe à l'extérieur contre le gradient de concentration et déplace aussi de la même façon les ions potassium (K^+) vers les cellules. La pompe à sodium doit continuellement fonctionner, car K^+ et Na^+ fuient lentement dans la membrane plasmique à travers les pores.

Tu viens de découvrir les principaux modes nutritionnels de la cellule. Les modes d'excrétion des déchets cellulaires sont identiques aux modes d'absorption et ce sont les phénomènes contraires qui se produisent. Plutôt que de pénétrer la membrane cellulaire, les substances sortent de la cellule.

| |
|-----------|
| EXERCICES |
|-----------|

Objectif terminal 2

a) Quelle est la structure de la membrane cellulaire ?

b) Définis le mot diffusion.

c) Quelles sont les substances qui diffusent facilement dans la cellule ?

d) Schématise par un exemple le phénomène de diffusion.

e) Définis le terme osmose.

f) À l'aide de schémas, démontre le phénomène d'osmose à travers une membrane.

g) Vrai ou Faux

1. La solution qui perd de l'eau dans l'osmose est qualifiée d'hypertonique. _____
2. La solution qui gagne de l'eau dans l'osmose est qualifiée d'isotonique. _____
3. La solution qui ne perd ni ne gagne d'eau est qualifiée d'hypotonique. _____
4. L'hypertonie peut faire éclater la cellule. _____
5. L'hypotonie peut amener l'assèchement de la cellule. _____

h) Définis le phénomène de phagocytose.

i) Quels sont les éléments responsables de la digestion des bactéries et virus par phagocytose dans notre organisme ?

j) Comment appelle-t-on le mode d'absorption qui permet d'ingérer des substances solubles à partir d'un milieu moins concentré vers un milieu à plus haute concentration ?

k) Quels sont, pour les cellules, le ou les mode(s) d'excrétion des déchets ?

Objectif terminal 3 :

**DISTINGUER LES MODES DE REPRODUCTION CELLULAIRE AINSI QUE
LES SÉQUENCES ET LES CARACTÉRISTIQUES PROPRES À CHACUN DE
CES MODES**

Dans le monde vivant, on distingue deux (2) grandes catégories d'organismes. Les *organismes inférieurs* sont moins complexes dans leur structure cellulaire et se distinguent des *organismes supérieurs par un génome (matériel génétique) simple et peu étendu*. Ces organismes inférieurs sont soit *acellulaires* ou *unicellulaires*. Les virus sont des êtres vivants acellulaires, c'est à dire qu'ils ne sont pas faits de cellules proprement dites avec tout ce que cela comporte comme membrane cytoplasmique, organites cellulaires et noyau. Les virus typiques sont essentiellement constitués d'une tête, d'un génome et d'une queue. Ils représentent à eux seuls une classe bien à part puisqu'ils sont incapables de se reproduire seuls. En effet, les virus nécessitent la présence d'un autre type d'organisme vivant pour se reproduire.

Parmi les organismes inférieurs, on retrouve aussi les organismes unicellulaires qui sont constitués d'une seule cellule. Les *bactéries*, les *algues inférieures*, les *levures* et les *protozoaires* font partie de cette catégorie. Certains d'entre eux ont un génome très simple c'est à dire qu'ils sont constitués d'un seul chromosome circulaire. D'autres ont plus d'un noyau, identiques entre eux et contenant plusieurs chromosomes. Les organismes acellulaires et unicellulaires sont des *microorganismes* à cause de leur petite taille et sont souvent appelés à tort *microbes*. En effet, de nombreux microorganismes sont nécessaires et même essentiels à notre survie.

Pour leur part, les organismes supérieurs sont beaucoup plus complexes dans leur organisation cellulaire et sont constitués de nombreuses cellules, c'est pourquoi on les appelle *organismes pluricellulaires*. Les êtres vivants qui constituent ce groupe sont les *champignons*, les *plantes* et les *animaux*.

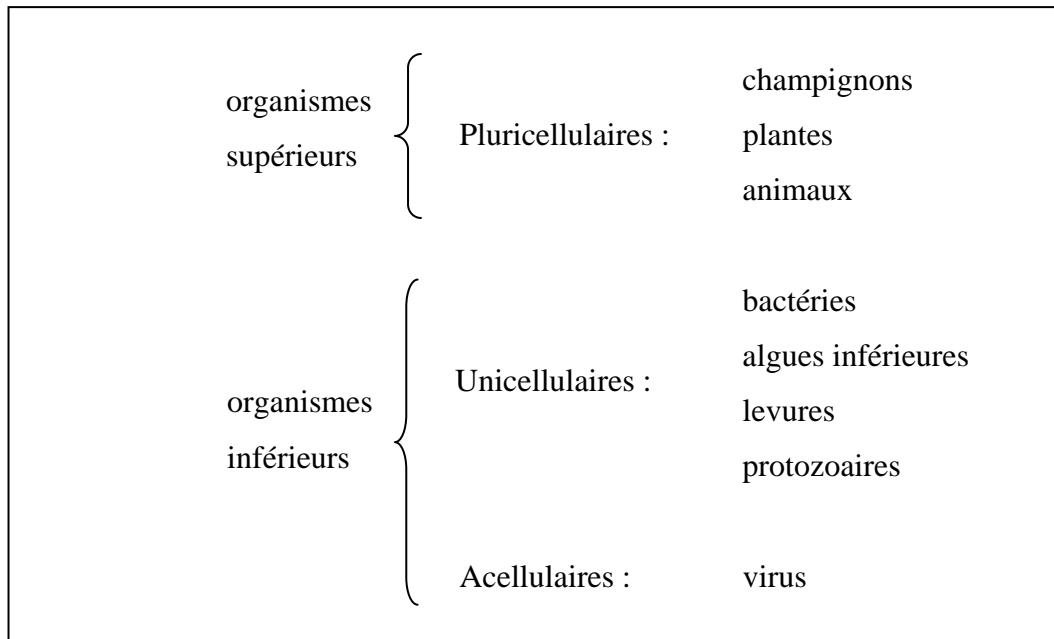


Fig. 3.1 Classification des organismes vivants.

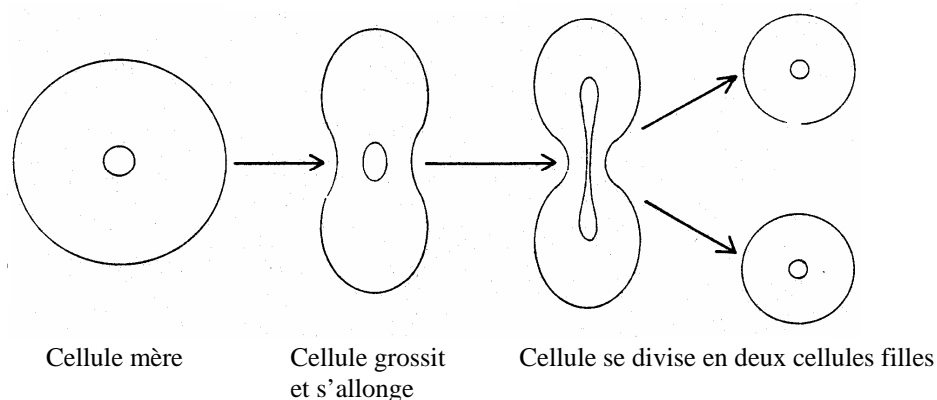
Tout être vivant provient d'un autre être vivant semblable à lui-même. "Toute cellule provient d'une cellule", cette simple phrase, révolutionnaire en 1850 est devenue aujourd'hui un lieu commun dont la portée est cependant considérable. Le mécanisme par lequel la vie passe d'un être à un autre, se nomme la reproduction. La reproduction est en définitive un problème de duplication cellulaire et la production de nouvelles cellules est en somme, ce qui permet aux organismes de croître et de se multiplier. Nous pouvons distinguer trois modes de reproduction cellulaire : amitose, mitose et méiose.

LA REPRODUCTION CELLULAIRE PAR AMITOSE OU DIVISION DIRECTE

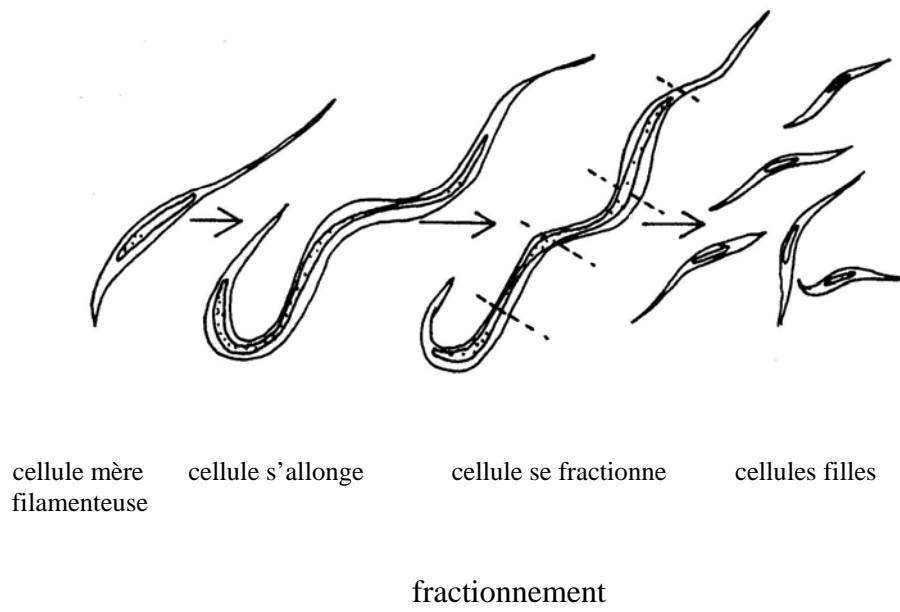
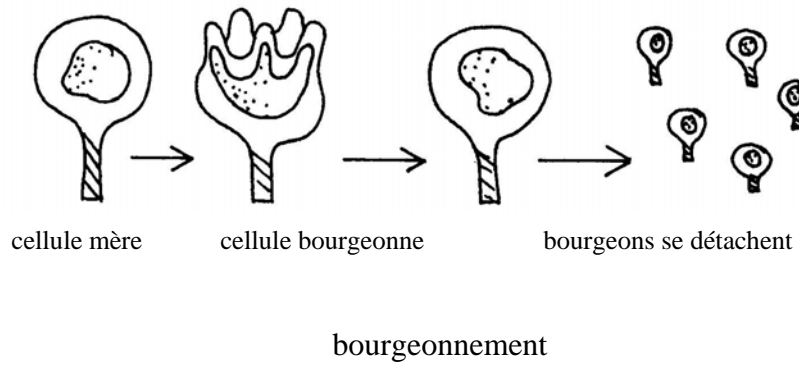
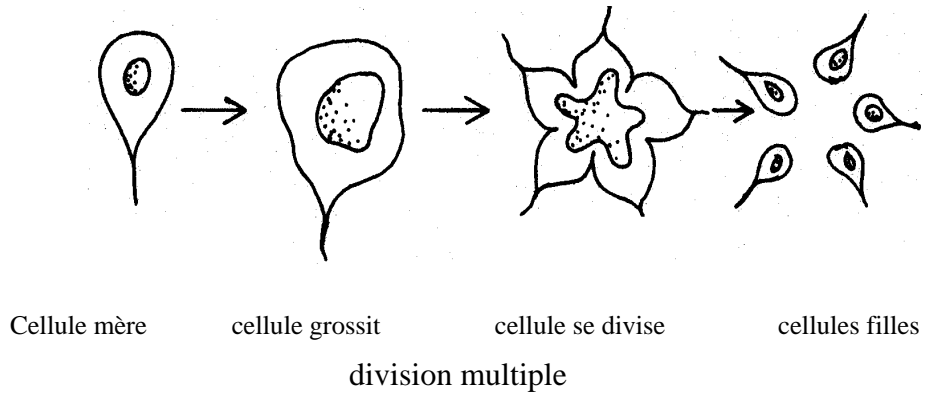
Le premier cas de division cellulaire est en fait le plus simple, c'est la division directe ou amitose. Elle se rencontre chez certains protozoaires, champignons, algues inférieures et aussi dans les globules blancs du sang des vertébrés dont l'humain fait partie.

Le processus de division directe se fait comme suit: la cellule entière, avant de se diviser, grossit considérablement c'est à dire que tous ses constituants cellulaires (cytoplasme, organites et génome) augmentent de volume. Puis la cellule s'étire, s'allonge, s'étrangle et se sépare en deux (2) cellules semblables, plus petites que la cellule originale. Chacune contient la moitié des constituants de la cellule mère.

Suite à la division cellulaire, les constituants du cytoplasme augmentent, ce qui permet à chaque nouvelle cellule de devenir semblable à la cellule mère. La maturation des cellules filles leur permet à leur tour de se multiplier. Ce mode de division directe peut se faire de différentes façons selon les organismes vivants. Chez plusieurs protozoaires telles que les amibes, la division est *binaire* c'est-à-dire que la cellule mère donne naissance à deux (2) cellules filles ou deux (2) nouvelles amibes. Chez d'autres espèces de protozoaires, l'amitose est dite *multiple* puisque la cellule mère donne naissance à plus de deux (2) cellules filles. Enfin, d'autres protozoaires se reproduisent par *bourgeoisement*: la cellule mère forme de petites excroissances ou *bourgeons* qui se détachent et augmentent de volume pour atteindre la taille de la cellule originale. Pour leur part, certaines bactéries filamenteuses se reproduisent par *fractionnement* de la cellule mère. En effet, la cellule se sectionne en plusieurs points et donne naissance à de nombreuses cellules bactériennes filamenteuses. Les figures suivantes schématisent les quatre (4) modes de division directe.



amitose : la division directe binaire



LA REPRODUCTION CELLULAIRE PAR MITOSE OU DIVISION ÉQUATIONNELLE

Ce mode de division cellulaire est le plus fréquent. Toutes les cellules qui composent les plantes et les animaux en sont issues. Il existe des différences entre la mitose chez les plantes et la mitose chez les animaux. Ces différences étant mineures, tu n'étudieras que la mitose se rapportant aux cellules animales et plus spécifiquement, celle concernant les cellules humaines.

Ton corps est composé de cellules somatiques et de cellules sexuelles. Les *cellules somatiques*, qui forment tous les tissus de ton corps (peau, yeux, cheveux, parois de l'estomac et des intestins, cœur ...) *contiennent 46 chromosomes qui se présentent en paires (23 paires)*. Les *cellules sexuelles* (spermatozoïdes et ovules) *ne contiennent que 23 chromosomes*, soit la moitié moins.

Mais qu'est-ce au juste un chromosome ? Les chromosomes ont généralement l'aspect de bâtonnets de 0,2 à 50 micromètres de long sur 0,2 à 2 micromètres de diamètre. (1 micromètre, symbolisé par μm , équivaut à un millionième de mètre soit 0,000001 m). Un chromosome présente toujours une zone plus ou moins distincte qui le partage en deux bras (Fig. 3.2). Le serrement le long du chromosome correspond au *centromère*.

La position du centromère permet de distinguer plusieurs types de chromosomes. Le nombre et la forme des chromosomes sont caractéristiques de l'espèce. Voici quelques exemples :

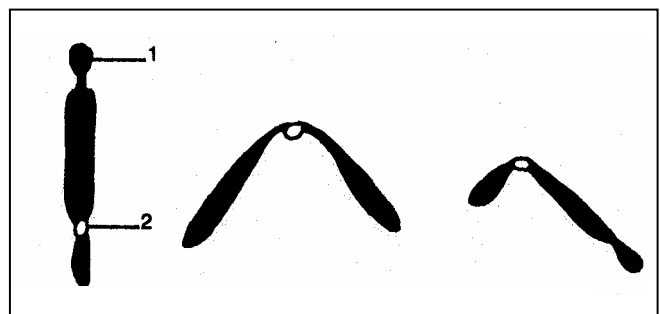


Fig. 3.2 Diverses formes de chromosomes.
1. Satellite 2. Centromère

| <u>Règne animal</u> | | <u>Règne végétal</u> | |
|---------------------|----|----------------------|----|
| grenouille: | 26 | oignon: | 16 |
| chat: | 38 | sapin: | 24 |
| cheval: | 66 | blé: | 42 |
| chien: | 78 | tabac: | 48 |

Remarque que les chiffres ci-dessus sont toujours des nombres pairs. De plus, il existe dans le noyau de chaque cellule *deux (2) exemplaires identiques* de chaque chromosome. Les chromosomes se répartissent donc par paires et ceux d'une même paire sont appelés *chromosomes homologues*.

Chaque chromosome est constitué de *nucléotides*, une combinaison d'ADN, d'ARN et de protéines complexes. La constitution plus détaillée te sera expliquée à l'objectif terminal 5.

Voyons d'abord la division des cellules somatiques obtenues par mitose. La mitose est caractérisée par la duplication de tous les éléments constitutifs de la cellule (cytoplasme, organites, noyau et chromosomes) qui seront répartis dans deux (2) cellules filles, absolument identiques à la cellule mère; c'est par là que l'homme s'accroît et maintient dans ses cellules, le même nombre de chromosomes (46).

La mitose se subdivise en plusieurs étapes consécutives. Au microscope, il est parfois difficile de distinguer ces différentes étapes. Ces stades sont :

- la prophase
- la métaphase
- l'anaphase
- la télophase

Par le processus de la mitose, deux (2) cellules sont produites à partir d'une seule. Entre deux (2) mitoses consécutives, il existe un temps de réorganisation du contenu cellulaire. Ce

stade se nomme l'interphase. Tu vas maintenant suivre les étapes d'une cellule de ton corps qui se reproduit par mitose...

I- L'interphase

C'est l'état dans lequel on retrouve une cellule quand elle ne se reproduit pas. Cette partie du cycle est appelée interphase.

L'interphase correspond à la période entre deux (2) divisions cellulaires consécutives. Durant l'interphase, le noyau est très bien délimité par la membrane nucléaire; il contient un nucléole et de la chromatine. La chromatine apparaît comme une masse granulaire distribuée ici et là dans le noyau. (Fig. 3.3) On appelle cette substance chromatine parce qu'elle possède la propriété de fixer certains colorants comme la fuchsine, un colorant rouge. Durant l'interphase, cette masse granulaire de chromatine se transforme en plusieurs filaments.

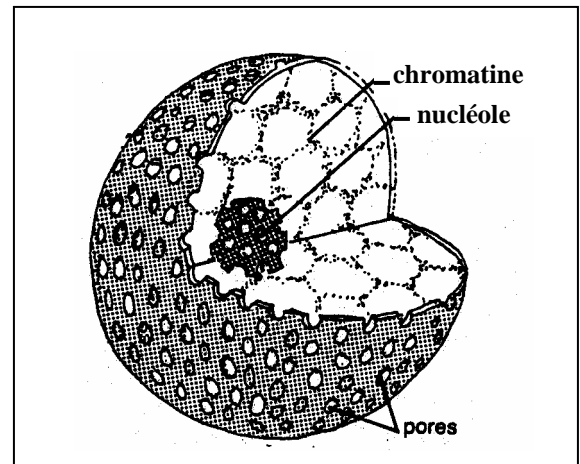


Fig. 3.3 Vue à trois dimensions du noyau d'une cellule

Chacun de ces filaments est appelé *chromosome*. À ce stade-ci, les chromosomes n'apparaissent pas comme des entités distinctes parce qu'ils sont longs, minces et entrelacés. Chaque chromosome est constitué d'une molécule d'ADN (Fig. 3.4). Le long du chromosome se trouve une sorte de granule appelée *centromère* (Fig. 3.2). Pour un chromosome donné, le centromère a une

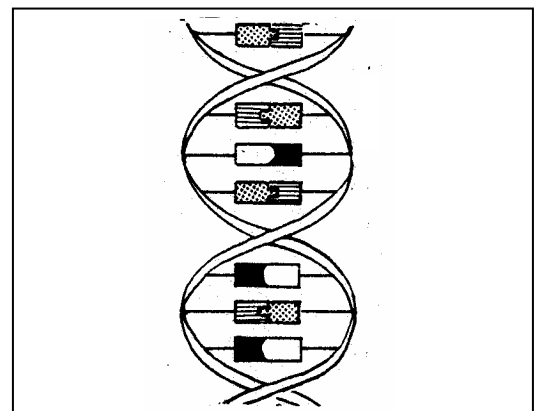


Fig. 3.4 Molécule d'ADN, on l'appelle double hélice. Elle ressemble à une échelle tordue.

localisation bien déterminée; elle varie selon les chromosomes.

Des tests chimiques ont démontré que la cellule est très active avant qu'elle ne se divise. En effet chaque chromosome se fabrique une réplique avant que la mitose débute. En interphase, ce dédoublement n'est pas visible (Fig. 3.5 et 3.6). Ce processus de dédoublement est fort important puisque chaque chromosome est porteur de codes permettant ainsi à la cellule de fonctionner normalement. Chaque nouvelle cellule doit donc posséder une copie exacte du code.

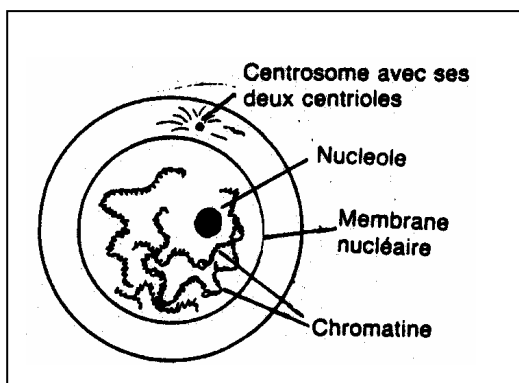


Fig. 3.5 La chromatine apparaît granulaire; même si chaque chromosome est visible, chacun atteint sa pleine longueur et son minimum d'épaisseur; le dédoublement du chromosome n'est pas visible.

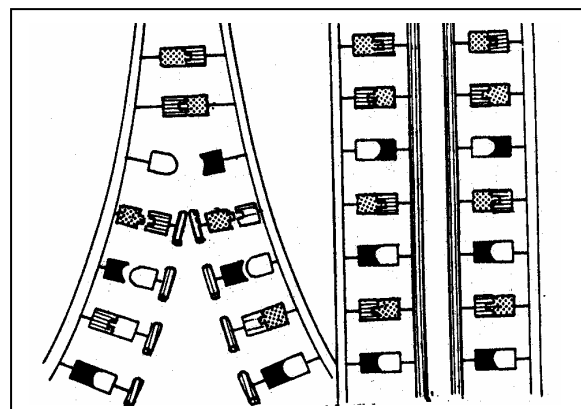


Fig. 3.6 Dédoublement d'une molécule d'ADN. La molécule se divise en deux brins : l'addition de nouveaux nucléotides rendent les deux molécules identiques; chacune d'elles est une copie exacte de la première.

II- La mitose proprement dite et ses différentes phases

La division cellulaire est caractérisée par une série d'évènements que l'on subdivise en quatre (4) phases soit : la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase. Si tu le désires, imagine chaque phase comme étant une simple image d'un film : le dédoublement du noyau et de la cellule s'effectuant en même temps.

Toutefois quand on décrit le processus de mitose, on s'intéresse plutôt au dédoublement du noyau.

a) La prophase (début)

Un peu avant la prophase (à l'interphase), chaque chromosome s'est dédoublé, s'est fabriqué une réplique exacte de lui-même. Chaque chromosome est constitué de deux (2) chromatides. Ces chromatides jumelles sont disposées en parallèle et très rapprochées et sont réunies les unes aux autres en un seul point appelé centromère (Fig. 3.7).

Il y a toujours 46 chromosomes mais 92 chromatides. Chaque chromatide est constituée d'une molécule d'ADN. Le dédoublement du chromosome n'est pas encore visible. Le centrosome, constitué de deux (2) cylindres ou centrioles, se divise en deux (2). Puis chaque centriole se dédouble. C'est le premier évènement important qui annonce la division cellulaire. Les centrioles disposées par paire se dirigent vers les pôles opposés du noyau.

Pendant cette opération, des fibres commencent à se développer autour de chaque paire de centriole, formant ainsi un *aster*. Les fibres qui relient les centrioles forment ce qu'on appelle le *fuseau mitotique*. Ces fibres sont des tubes et non pas des filaments.

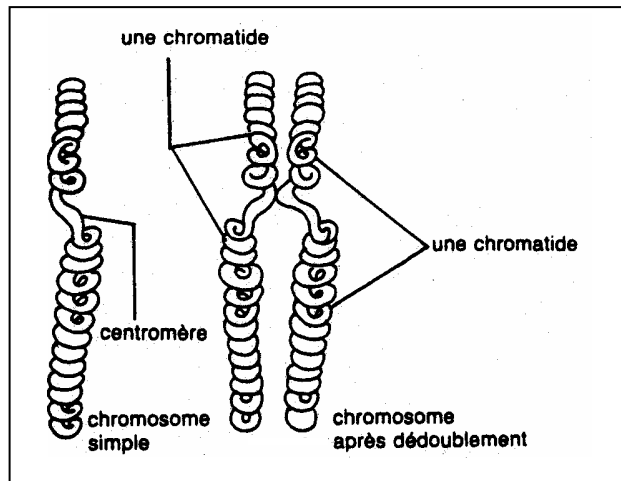


Fig. 3.7 Au début de la prophase, chaque long chromosome est composé de chromatides attachées au centromère. À ce stade, le dédoublement du chromosome n'est pas visible.

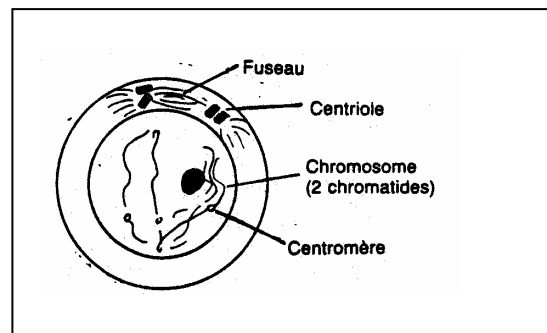


Fig. 3.8 Chaque « long » chromosome est composé de 2 chromatides attachées par un centromère. Le dédoublement du chromosome n'est pas encore apparent. Le centrosome se divise en deux centrioles et le fuseau mitotique se développe.

b) La prophase (milieu)

Au milieu de la prophase, on peut observer le chromosome en double. Chaque chromatide s'est épaissie et raccourcie. La membrane nucléaire commence à se désagréger ainsi que le nucléole.

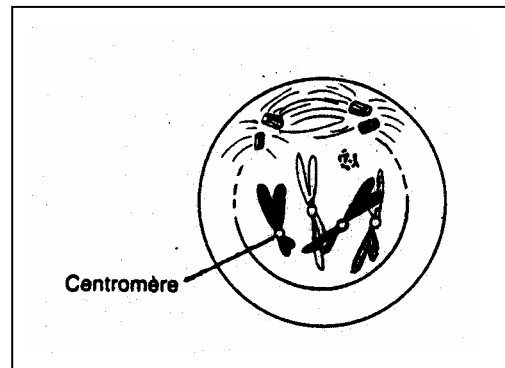


Fig. 3.9 Au milieu de la prophase, chaque chromosome est visible et double, chaque chromatide se condense et s'épaissit.

c) La prophase (fin)

A la fin de la prophase, les deux (2) centrioles sont rendus aux extrémités opposées de la cellule et les fibres du fuseau sont maintenant organisées en une sorte de réseau qui traverse la cellule de part en part.

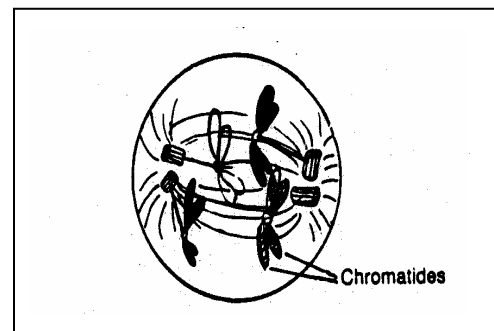


Fig. 3.10 Fin de la prophase. Les chromosomes se répartissent dans le plan équatorial

La membrane nucléaire disparaît complètement de même que les nucléoles. Petit à petit, les chromosomes se dirigent vers l'équateur de la cellule, à mi-chemin entre les deux (2) centrioles.

d) La métaphase

C'est durant cette période que chaque chromosome (à deux (2) chromatides) s'attache, grâce à son centromère, aux fibres du fuseau mitotique. Tous les centromères s'alignent l'un à la suite de l'autre, à l'équateur de la cellule et forment ainsi la plaque équatoriale. (Fig. 3.11)

À la fin de la métaphase, les centromères sont sur le point de se scinder en deux (2) et les deux (2) chromatides formant chaque chromosome sont sur le point de se séparer.

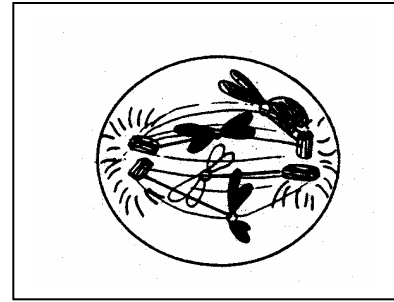


Fig. 3.11 Les chromosomes se répartissent sur la plaque équatoriale.

e) L'anaphase (début)

Au début de l'anaphase, le centromère de chaque chromosome se scinde en deux (2) et chaque chromatide identique se dirige vers des extrémités opposées de la cellule. Ce sont deux (2) lots égaux de chromosomes qui migrent vers les pôles. Chaque chromatide possède maintenant son propre centromère, lequel est fixé à une fibre du fuseau mitotique. Chaque chromatide se déplace le long d'une fibre du fuseau.

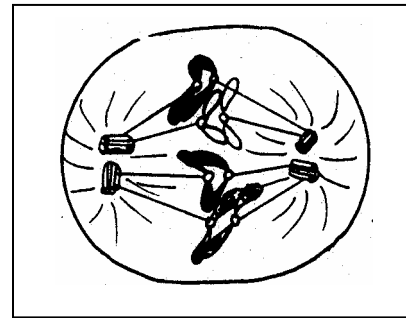


Fig. 3.12 Début de l'anaphase. Le centromère se scinde en deux et chaque chromatide glisse le long d'une fibre du fuseau.

Observe également que la membrane cellulaire commence à s'étirer, annonçant la division prochaine de la cellule.

f) L'anaphase (fin)

Les chromatides sont maintenant réparties en nombre égal à chaque extrémité de la cellule.

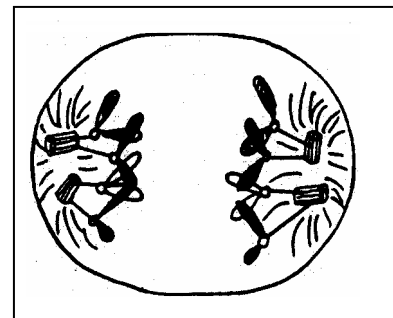
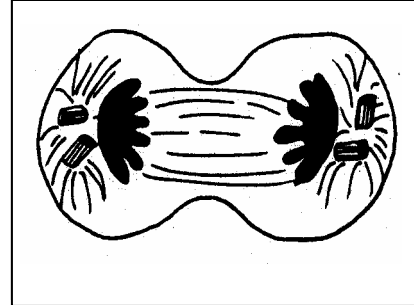


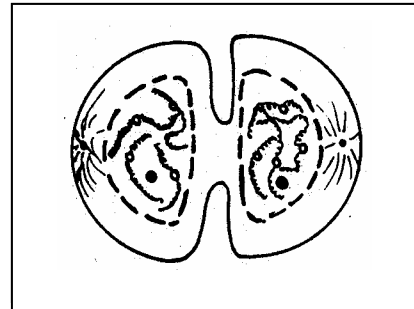
Fig. 3.13 Fin de l'anaphase

g) Télophase (début)

Les chromosomes, arrivés aux pôles de la cellule, se tassent et perdent rapidement leur silhouette distincte par désspiralisation des chromatides. Ils sont bientôt entourés d'une membrane nucléaire qui s'est reformée. La formation de deux (2) nouveaux noyaux débute.

h) Télophase (fin)

Les chromosomes s'allongent et s'amincissent. La membrane nucléaire et le nucléole réapparaissent et le fuseau mitotique disparaît.



Le cytoplasme de la cellule mère au niveau de l'ancienne plaque équatoriale se condense et se scinde en deux (2) masses à peu près égales, en même temps qu'apparaît une nouvelle membrane cytoplasmique. Ainsi se sont formées deux (2) cellules filles dans lesquelles se trouvent le même nombre de chromosomes et d'inclusions cytoplasmiques qui se sont répartis à égalité dans les deux (2) cellules. Chacune de ces deux (2) cellules filles se retrouve une fois de plus dans la période d'interphase. Si le besoin s'en fait sentir, elles entreront à nouveau en période de prophase et chacune des cellules filles "donnera naissance" à deux (2) autres cellules.

CONCLUSION

Les deux (2) cellules filles possèdent chacune le même nombre de chromosomes, la même forme et constituées par la même quantité d'ADN que la cellule mère d'où le nom de mitose équationnelle qu'on lui donne.

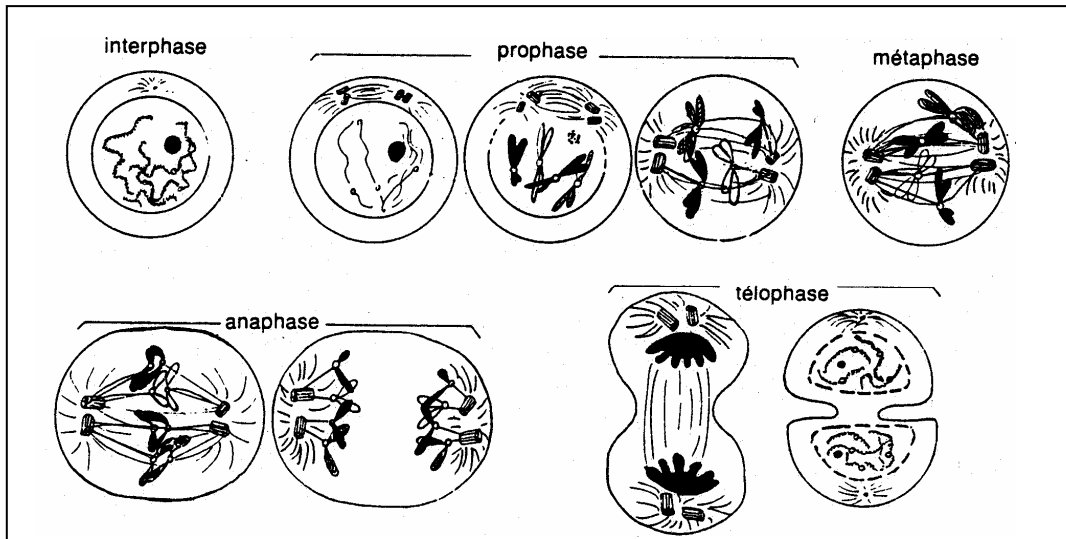


Fig. 3.16 Résumé du déroulement de la mitose

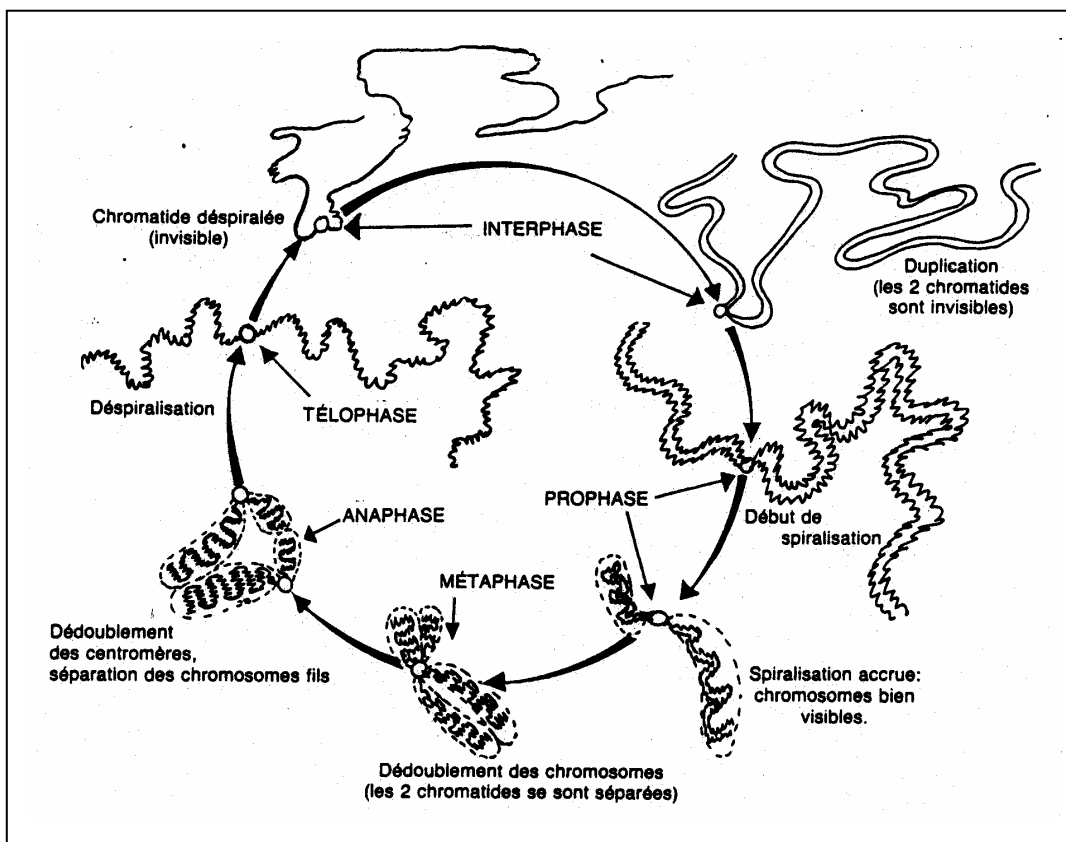


Fig. 3.17 Cycle d'un chromosome au cours de la mitose

Toutes les cellules somatiques de ton organisme se multiplient de cette façon. Quand tu attrapes un coup de soleil et que tu pèles, ton épiderme se régénère de cette manière. Tes cheveux allongent grâce à ce processus, tes os s'accroissent ainsi que tes ongles et tes muscles.

Cependant, les cellules à caractère sexuel ne sont pas fabriquées par mitose mais plutôt par méiose. À la prochaine lecture, tu apprendras comment la production de spermatozoïdes et d'ovule est possible.

LA REPRODUCTION DES CELLULES SEXUELLES PAR MÉIOSE

La méiose est le type de division observée dans les testicules et les ovaires qui *mène à la production des cellules sexuelles*, c'est-à-dire des *gamètes mâles* (les spermatozoïdes) et des *gamètes femelles* (les ovules). Les plantes comme les animaux subissent la méiose. L'union d'un gamète mâle et d'un gamète femelle constituera la fécondation. Cette union donne naissance à un oeuf ou zygote, point de départ d'un nouvel individu.

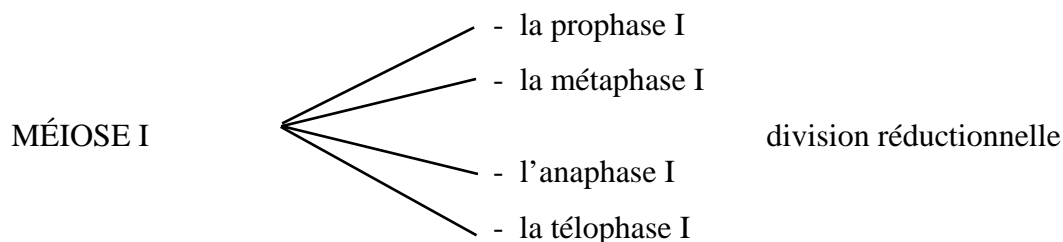
Tu sais déjà que toutes les cellules somatiques de ton corps possèdent 46 chromosomes se présentant en 23 paires de chromosomes homologues. Ce que tu ne sais peut-être pas, c'est que 23 de ces chromosomes proviennent de ton père et les 23 autres de ta mère. En effet, c'est l'union du spermatozoïde, qui possède 23 chromosomes, et de l'ovule, qui en possède aussi 23, qui permet d'engendrer la vie...

A propos des chromosomes homologues, il te faut savoir ceci. Chez les animaux comme chez l'homme, chaque chromosome existe en deux (2) exemplaires : les chromosomes homologues. C'est ce qu'on appelle l'état diploïde. Chaque chromosome homologue porte la même information pour le même trait héréditaire. Par exemple, une paire de chromosomes homologues porte un message codé pour la coloration de l'iris des yeux. Un chromosome peut coder la couleur brune et l'autre bleue. C'est la combinaison de chaque code qui donnera la

couleur caractéristique de l'iris de la progéniture. À ce propos, il ne faut pas oublier que chaque paire de chromosomes homologues sont porteurs d'information d'une multitude de traits héréditaires mais de traits héréditaires identiques.

Les spermatozoïdes et les ovules contiennent seulement un exemplaire de chaque chromosome; c'est l'état haploïde. La réunion du spermatozoïde et de l'ovule au cours de la fécondation engendre "l'oeuf" dont chaque paire de chromosome provient pour une moitié du parent mâle et pour l'autre du parent femelle. Ainsi la structure diploïde se trouve reconstituée. Si le spermatozoïde et l'ovule possédait chacun le même nombre de chromosomes que dans les cellules somatiques soit 46, le nombre de chromosomes doublerait dans chaque cellule d'une génération à l'autre. Pour empêcher cette situation de se produire, les cellules sexuelles ont développé un autre mode de division cellulaire qu'on appelle méiose, mode par lequel le nombre de chromosomes est réduit de moitié.

Comment une cellule qui possède originellement 46 chromosomes peut-elle se diviser et donner 4 cellules filles qui n'en auront que 23 ? Le processus de la méiose répond à cette question. La première division est dite "réductionnelle" parce que la cellule mère diploïde ($2n$) ayant 46 chromosomes se divise en deux (2) cellules haploïdes (n) n'ayant que 23 chromosomes; pendant cette phase, il y a redistribution de gènes semblables d'origine maternelle et paternelle. La deuxième division dite "équationnelle" aboutit à la formation de quatre (4) cellules filles haploïdes (n) qui deviennent quatre (4) spermatozoïdes chez l'homme, ou chez la femme: un ovule (les trois (3) autres cellules haploïdes dégénèrent spontanément).



Entre deux (2) "méioses" consécutives, la cellule prend le temps de se réorganiser: c'est l'interphase.

I. L'interphase

Tout comme c'était le cas dans la mitose, *l'interphase est la période durant laquelle la cellule double son bagage génétique*. Les molécules d'ADN se dédoublent: c'est la duplication. Le nombre de chromatides passe de 23 paires à 46 paires.

On peut dire que la chromatine, contenue dans le noyau, est à ce moment à "double épaisseur". Cette chromatine est dispersée uniformément dans le noyau, la membrane nucléaire et les nucléoles sont bien visibles.

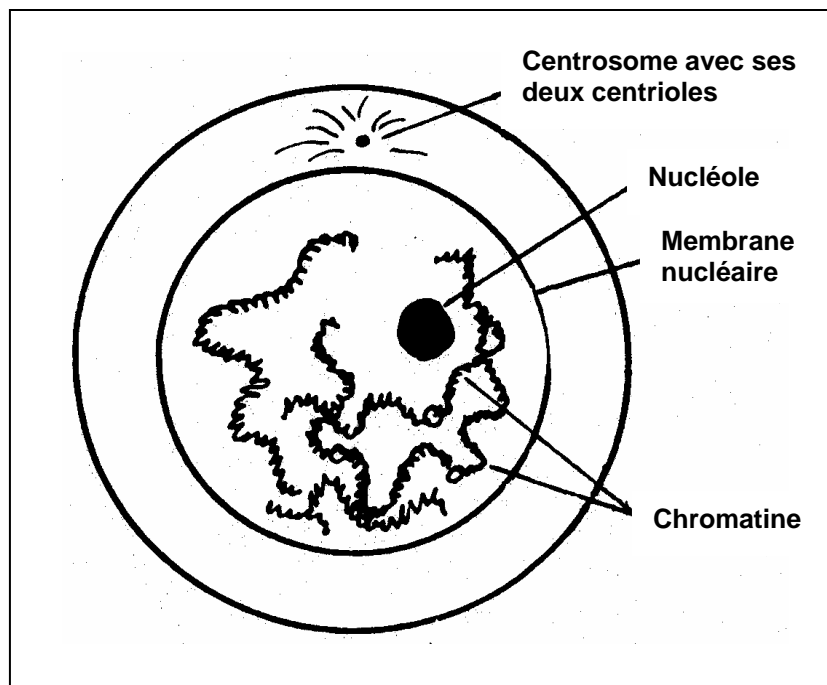


Fig. 3.18 Cellule à l'interphase

II. La méiose proprement dite et ses phases

a) La prophase I

Les filaments formant le réseau de chromatine commencent à se contracter et à s'enrouler. Les chromosomes sont maintenant bien organisés et formés chacun des deux (2) chromatides (deux (2) molécules d'ADN identiques) reliés par un centromère (Voir Fig. 3.7).

Les nucléoles et la membrane nucléaire disparaissent progressivement. Comme tu peux le constater, la prophase I de la méiose ressemble à la prophase de la mitose.

Au milieu de la prophase I, les chromosomes homologues s'approchent l'un de l'autre, s'accouplent et s'épaississent. Ce processus ne se produit pas lors de la mitose. Ce procédé d'appariement s'appelle "*synapse*". Les parties identiques de chaque chromosome sont maintenant l'une à côté de l'autre.

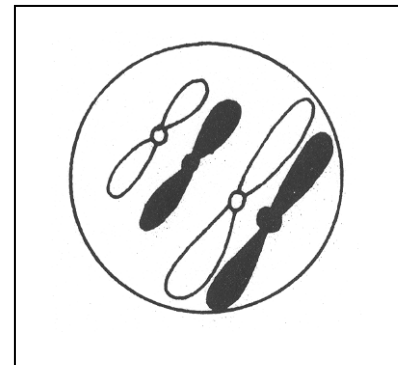


Fig. 3.19 Au milieu de la prophase I, les chromosomes homologues s'apparient.

Finalement, à la fin de la prophase I, chaque chromosome est visiblement double; en d'autres mots, les deux (2) chromatides sont visibles. Chaque paire de chromosome homologue forme une tétrade (tétra: du grec signifiant quatre (4)).

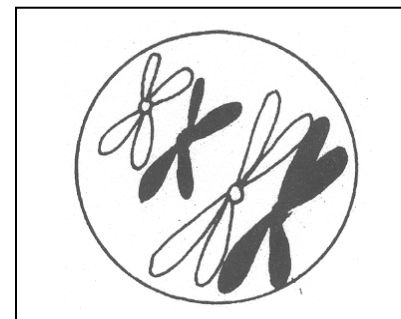


Fig. 3.20 À la fin de la prophase I, chaque chromosome est visiblement double. Chaque paire de chromosomes homologues forme une tétrade.

Une tétrade est composée de quatre (4) chromatides. Les centromères ne se sont pas encore dédoublés. Les paires de chromosomes homologues (chacun constitué de deux (2) chromatides) entrent en contact et forment ainsi des *tétrades*. C'est à ce moment que s'effectue le "crossing over" ou l'enjambement (Fig. 3.21). Ce phénomène permet l'échange de bouts de chromatides entre deux (2) chromosomes homologues. Ceci a pour effet de produire un grand nombre de nouvelles combinaisons génétiques qui seront transmises aux descendants.

À la fin de la prophase I, la membrane nucléaire, les nucléoles ont complètement disparu et les chromosomes homologues se sont appariés et ont échangé des segments de chromatides.

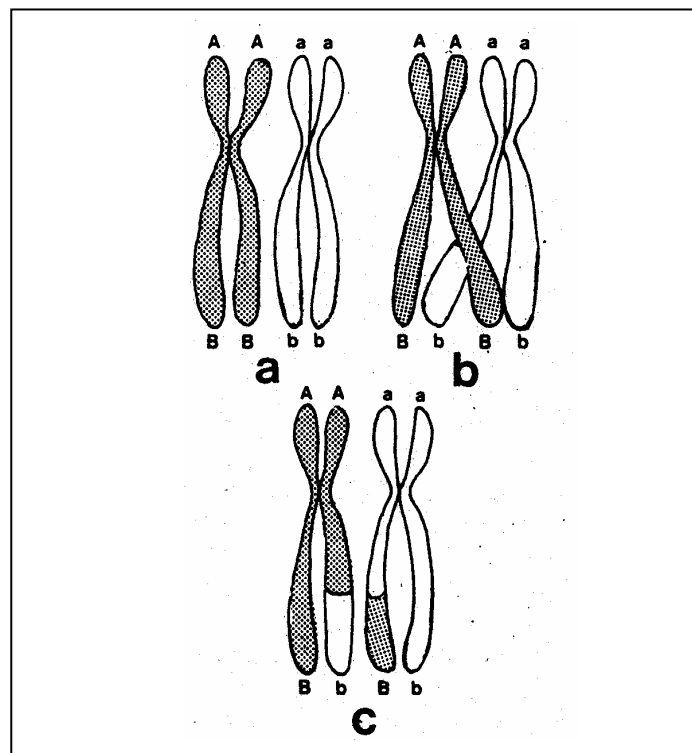


Fig. 3.21 Représentation schématique de l'enjambement entre deux chromosomes homologues

b) Métaphase I

Cette phase débute lorsque la membrane nucléaire disparaît et que le fuseau mitotique se forme. Chaque chromosome homologue possède son propre centromère et chaque tétrade s'aligne sur le fuseau de chaque côté du plan équatorial.

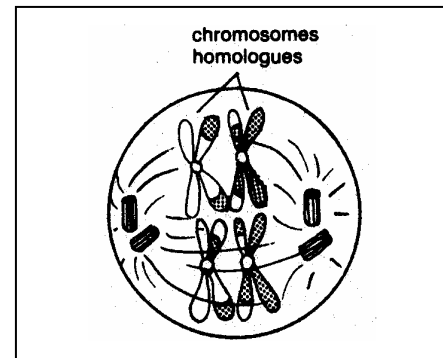


Fig. 3.22 Les chromosomes homologues s'alignent sur le plan équatorial de la cellule

Le centromère de chaque chromosome homologue pointe dans des directions opposées. Sur le schéma de la Fig. 3.22, la position des chromosomes homologues d'une même paire aurait pu être inversée. Ce qui démontre que la méiose est un processus qui favorise l'information génétique causant ainsi de la variété chez les descendants.

Cette étape ressemble beaucoup à la métaphase de la mitose sauf qu'ici, les centromères ne se brisent pas. Les chromatides ne peuvent donc pas migrer de part et d'autre de la cellule.

c) L'anaphase I

Durant cette phase, ce sont les tétrades qui se séparent. Les chromosomes homologues s'écartent l'un de l'autre en direction des pôles sans qu'il y ait eu pour chacun d'eux, division du centromère.

Ainsi, les paires de chromosomes homologues sont divisées: 23 chromosomes iront d'un côté de la cellule et les 23 autres

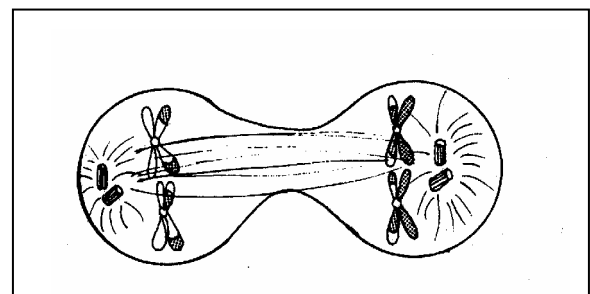


Fig. 3.23 Les chromosomes homologues se dirigent dans des directions opposées. Chaque chromosome possède encore deux chromatides

iront de l'autre côté. Il est à noter qu'ici chaque chromosome possède encore deux (2) chromatides.

La cellule s'allonge et s'étrangle en son centre; c'est le début de la division de la cellule.

d) La télophase I

La division cellulaire se poursuit. Les membranes nucléaires des deux (2) nouvelles cellules se forment. Le fuseau achromatique disparaît. Les deux (2) cellules formées sont dites haploïdes parce qu'elles ne contiennent plus que 23 chromosomes à deux (2) chromatides chacun.

C'est pourquoi on qualifie cette première division de *réductionnelle*. D'une cellule possédant 23 paires de chromosomes homologues on passe à deux (2) cellules qui ne contiennent que 23 chromosomes chacune.

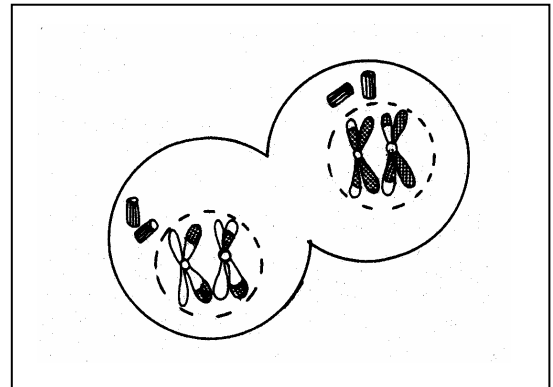


Fig. 3.24 Cellules en télophase

e) L'intercynèse

Cette phase est de courte durée. Les chromosomes à deux chromatides se désorganisent mais *il n'y a pas de duplication de l'ADN*. Le contenu du noyau est donc à

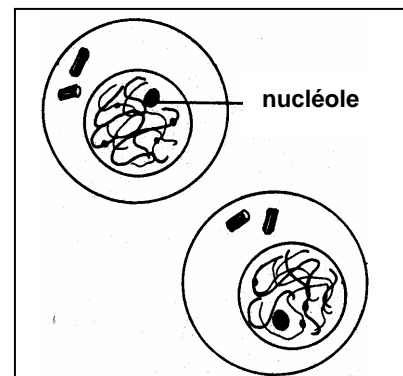
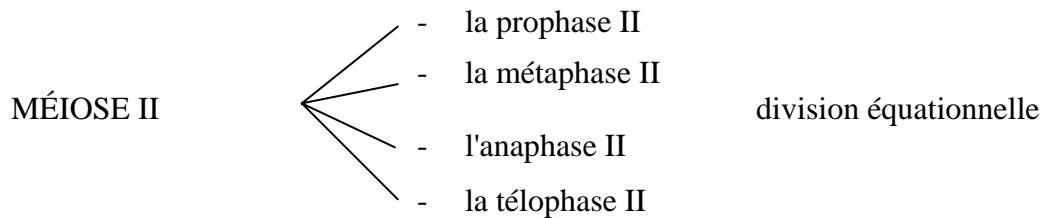


Fig. 3.25 Cellules durant l'intercynèse

nouveau sous forme de chromatine et les nucléoles sont visibles.

La méiose II suit immédiatement la méiose I. C'est une division identique à la mitose. Chaque nouvelle cellule de la méiose I subira une mitose.



f) La prophase II

La prophase II marque le début de la seconde division méiotique.

La chromatine se réorganise et il en résulte la formation de 23 chromosomes à deux (2) chromatides ayant subi des enjambements. Le fuseau mitotique se reconstruit. Petit à petit, la membrane nucléaire et les nucléoles disparaissent.

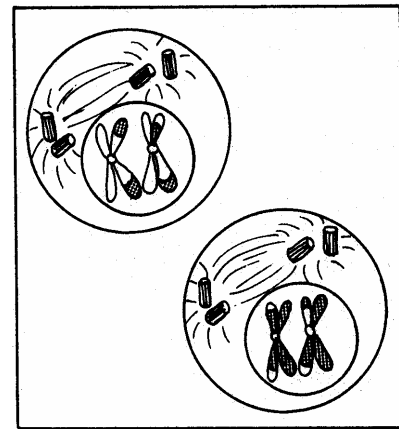


Fig. 3.26 Cellules en prophase II

g) La métaphase II

Les chromosomes migrent vers l'équateur et se disposent à la queue leu leu. *Il n'y a pas de crossing over.* Les centromères sont sur le point de se scinder en deux (2). La

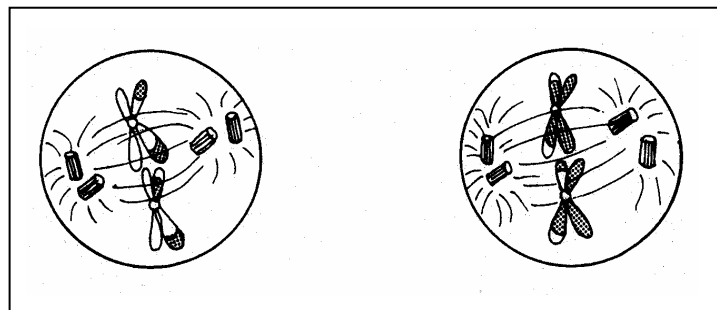


Fig. 3.27 Cellules en métaphase II

membrane nucléaire a complètement disparue.

h) L'anaphase II

La membrane cytoplasmique se divise en deux (2) de même que les centromères. Les deux (2) chromatides de chaque chromosome se dirigent vers les pôles opposés de la cellule. (N'oublie pas que ces chromatides avaient échangé des segments par enjambement). La cellule s'étrangle au centre et se prépare à se scinder .

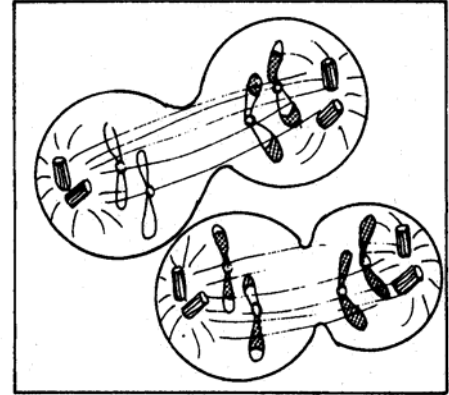


Fig. 3.28 Cellules en anaphase II

i) La télophase II

À partir des deux (2) cellules résultantes de la première division méiotique (méiose I), on obtient quatre (4) cellules contenant chacune 23 chromosomes. Les chromatides se nomment alors chromosomes. Observe que maintenant chaque cellule est haploïde. La membrane nucléaire se reforme et le noyau réapparaît graduellement. Au même moment, le fuseau mitotique dégénère. Les chromosomes deviendront peu à peu moins visibles.

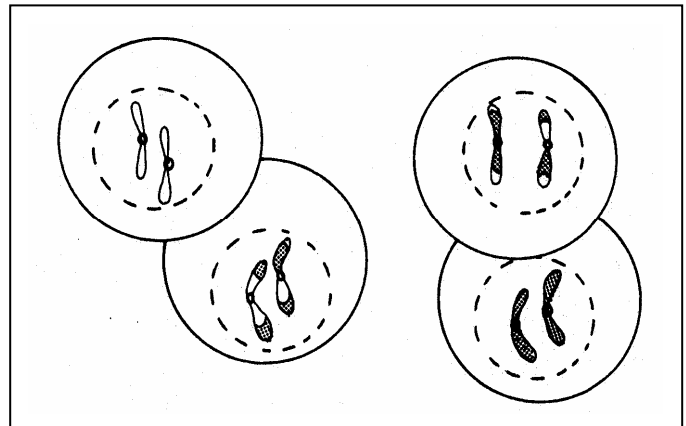


Fig. 3.29 Cellules en télophase II

Les quatre (4) cellules filles résultantes se retrouvent maintenant à nouveau en période d'interphase. Les cellules produites ont donc 23 chromosomes chacune et chaque chromosome est constitué d'une seule chromatide. Il existe cependant une très grande différence entre la production des cellules sexuelles mâles et femelles. En effet, la méiose aboutissant à la synthèse des spermatozoïdes est continue à partir de l'adolescence du jeune homme. Par contre, la méiose menant à la production d'ovules chez la jeune fille est cyclique; un seul ovule est produit à tous les 28 jours (en général).

L'union de deux (2) cellules sexuelles, mâle et femelle produit de nouveau une cellule à 46 chromosomes dont chacun est constitué d'une seule chromatide. À partir de cette cellule, par mitoses successives, un nouvel être vivant est formé. Il portera les caractères génétiques des deux parents puisque la moitié de son bagage génétique vient du père et l'autre moitié de la mère.

On peut résumer ainsi les processus de division cellulaire mitotique et méiotique : la mitose est un processus de division cellulaire qui s'applique aux cellules somatiques. Lors de ce processus, la cellule mère comme les deux (2) cellules filles formées possèdent le nombre de chromosomes de l'espèce (46 chez l'humain). Lors de la méiose, la cellule mère possède le nombre de chromosomes typique de l'espèce mais les cellules filles ne possèdent que la moitié de ces chromosomes. C'est ainsi que quatre (4) cellules filles sont formées. On désigne par $2N$ le nombre de chromosomes d'une espèce (diploïde) donnée et par N le nombre de chromosomes dans les cellules (haploïdes) reproductrices. La Fig. 3.30 résume ce que tu viens d'apprendre. Un parallèle entre la mitose et la méiose est montré à la Fig. 3.31.

Pendant la prophase de la première division de la méiose, les chromosomes homologues s'enjambent (phénomène "crossing over") : il peut se produire des échanges de segments chromosomiques qui modifient leur structure. Sachant que les chromosomes sont porteurs du patrimoine héréditaire représenté par les gènes, on peut dire que la méiose assure une distribution nouvelle des gènes: une recombinaison génétique.

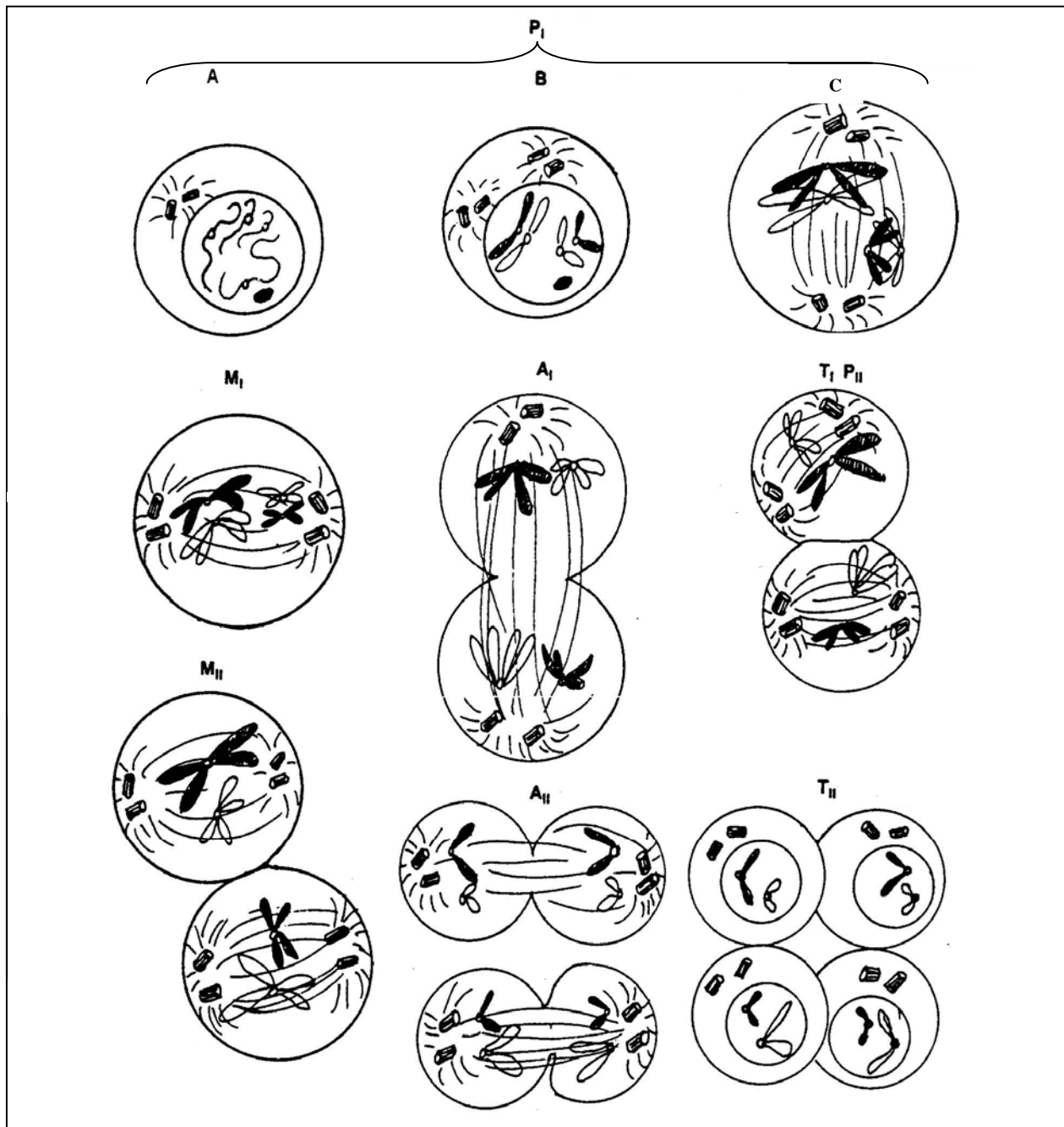
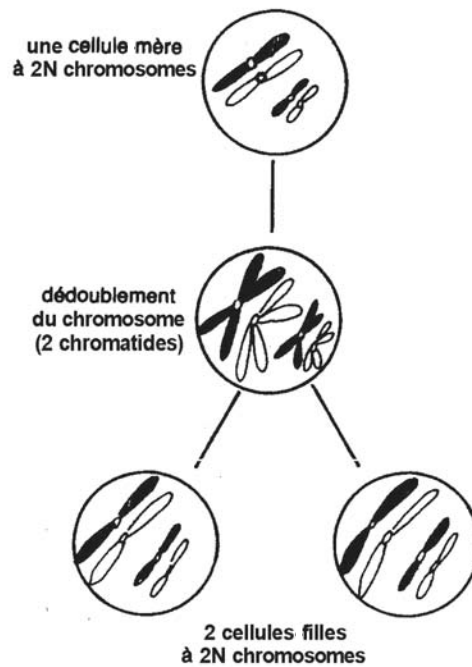


Fig. 3.30 Étapes de la méiose. (P_I) Prophase de la première division: A. Formation de l'aster et apparition des chromosomes B. Dédoublement des centrioles et accouplement des chromosomes homologues C. Disparition de la membrane nucléaire, apparition du fuseau mitotique; les chromosomes se raccourcissent et forment des tétrades. (M_I) Métaphase: chromosomes à l'équateur de la cellule. (A_I) Anaphase: Les chromosomes se dirigent vers les pôles. (T_I) Télaphase de la première division et prophase (P_{II}) de la seconde division. (M_{II}) et (A_{II}) Métaphase et anaphase de la seconde division. A la fin de l'anaphase, il y a "n" chromosomes à chaque pôle. (T_{II}) Télaphase de la seconde division.

Mitose



Méiose

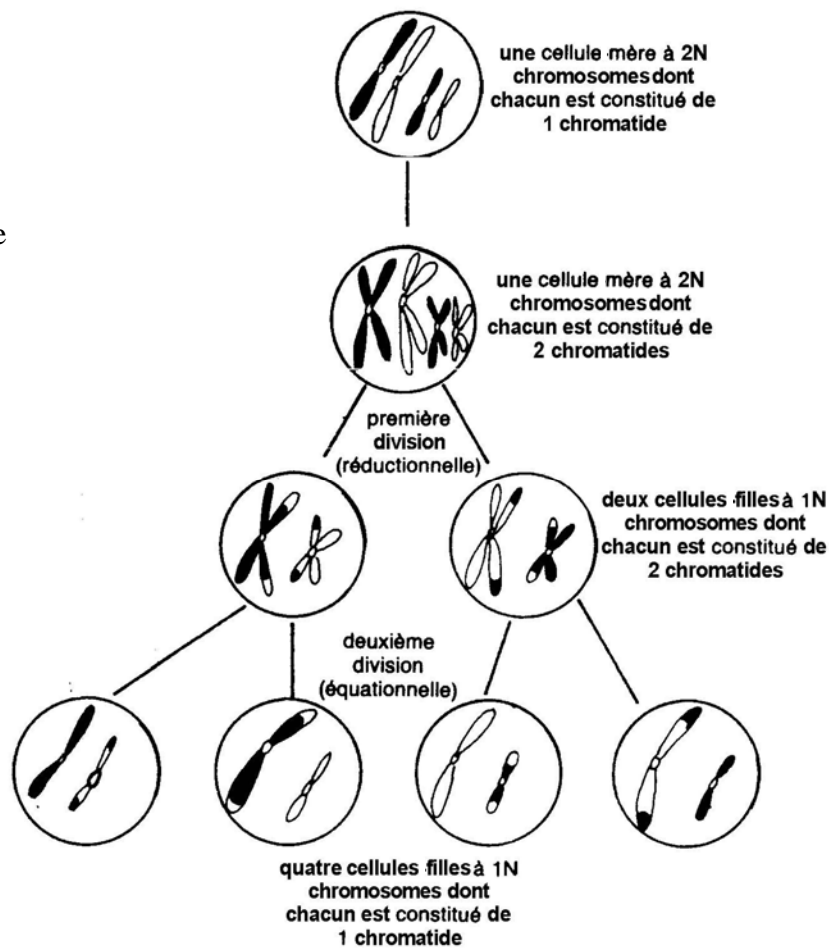


Fig. 3.31 Parallèle entre la mitose et la méiose

| |
|-----------|
| EXERCICES |
|-----------|

Objectif terminal 3

a) Quels sont les trois (3) modes de reproduction cellulaire ?

b) Décris le processus de division cellulaire par amitose.

c) Quels sont les organismes qui se reproduisent par reproduction amitotique ?

d) Vrai ou faux

1. La mitose est à la base de l'élaboration et de la construction des plantes et des animaux. _____

2. On rencontre le processus de division cellulaire mitotique chez les cellules somatiques composant les individus. _____

3. On rencontre le processus de division cellulaire méiotique chez les cellules somatiques composant les individus. _____

4. Lors de la division mitotique, il y a reproduction de deux (2) cellules filles portant chacune vingt-trois (23) paires de chromosomes. _____
5. Lors de la division méiotique, il y a production de deux (2) cellules filles portant vingt-trois (23) chromosomes. _____
- e) La division mitotique est un processus de reproduction cellulaire s'effectuant en cinq (5) étapes. Quelles sont ces étapes ?
- _____
- _____
- _____
- f) Vrai ou faux
1. Durant l'interphase de la reproduction mitotique, il y a passage de la cellule fille en cellule adulte et dédoublement des chromosomes. _____
2. Durant la prophase de la reproduction mitotique, chaque chromatide s'est épaissie et raccourcie. _____
3. La métaphase de la reproduction mitotique se caractérise par la division cellulaire de la cellule mère. _____
4. La migration des chromatides vers les pôles respectifs et l'étranglement du cytoplasme servent à identifier l'anaphase de la reproduction mitotique. _____
5. La télophase sert à identifier la duplication des chromosomes lors de la reproduction mitotique. _____

6. L'ameiose est un processus de reproduction continue. _____
7. A chacune des étapes de la reproduction mitotique, la cellule mère qui se divise fait une pause. _____
- g) Quelle est la raison majeure qui t'incite à conclure que lors de la méiose, il y a réduction des chromosomes de moitié ?

- h) Quel est le nombre de chromosomes que l'on retrouve chez les cellules filles lors de la reproduction mitotique pour l'espèce humaine ?

- i) Quel est le nombre de chromosomes que l'on retrouve chez les cellules filles (gamètes) lors de la reproduction méiotique pour l'espèce humaine ?

- j) Vrai ou faux
1. Au cours de la méiose, il y a formation des tétrades de chromosomes au cours de l'étape qui précède la prophase. _____
 2. Au cours de la méiose, lors de la prophase I, il y a échange de bouts de chromatides entre deux (2) chromosomes homologues. _____
 3. Au cours de la méiose, l'anaphase I se caractérise par l'apparition de deux (2) cellules filles semblables à la cellule mère. _____

4. La télophase I s'identifie par l'attachement des chromosomes au fuseau mitotique. _____
 5. Entre les deux (2) divisions de la reproduction méiotique, il y a une phase qui implique la reproduction du matériel chromosomique. _____
 6. Lors de la prophase II, de la métaphase II et de l'anaphase II, il se produit une réplique de la division mitotique à peu de choses près. _____
 7. Au cours de la télophase II, les cellules filles entraînent avec elles des chromosomes différents non appariés. _____
 8. A la fin de la seconde division cellulaire de la méiose, on retrouve quatre (4) cellules filles (gamètes) ressemblant à la cellule mère. _____
 9. C'est l'union des gamètes mâles et femelles qui permet de former une nouvelle cellule ayant quarante-six (46) chromosomes. _____
- k) À l'aide d'un schéma, établis un parallèle entre les modes de reproduction cellulaire mitose et méiose.

Objectif terminal 4 :

ASSOCIER LA RESPIRATION CELLULAIRE À LA LIBÉRATION DE L'ÉNERGIE NÉCESSAIRE À L'ORGANISME

LA RESPIRATION CELLULAIRE: UNE COMBUSTION CONTROLÉE

Est-ce que tu savais que la température interne de ton corps demeure stable à trente-sept degrés Celsius (37°C), sauf en cas de maladie et que cette stabilité calorifique est indépendante de la température externe ?

Eh oui, l'ensemble de tes cellules, par le processus que l'on appelle *respiration cellulaire*, dégrade les aliments que tu consommes pour les transformer en énergie qui stabilise ton milieu de vie.

Les aliments sont en fait de l'énergie chimique emmagasinée dans des molécules organiques que tes cellules transforment en une énergie métaboliquement utilisable à l'intérieur de ton organisme.

Ton organisme ne fait que transformer une forme d'énergie en une autre forme qui elle-même provenait d'une autre. Concrètement, cela signifie que l'énergie métabolisée par tes cellules est de l'énergie solaire entreposée sous forme de molécules organiques dans des aliments qui ont poussé sous son action. En un sens, les liaisons chimiques dans les molécules organiques des tomates, du blé ou des arbres incorporent de l'énergie solaire.

Donc, si dans des conditions appropriées, ces liaisons sont brisées, l'énergie qui y était enfermée devient alors disponible en vue de produire un travail métabolique.

Un processus analogue à la respiration cellulaire nous est démontré par la combustion du bois dans un poêle. Le bois qui est une substance organique contient de l'énergie solaire sous forme de liaisons chimiques et c'est la rupture de ces liaisons chimiques qui libère l'énergie emmagasinée dans le bois. Le principe mis en œuvre est précisément le même que dans la fonction de respiration, et de fait, la respiration peut être considérée comme une combustion.

La différence entre ces deux (2) formes de combustion réside dans le fait que la combustion du bois dans le poêle est une combustion non contrôlée où tous les liens chimiques sont brisés en un temps infiniment court, tandis que lors de la combustion à l'intérieur de la cellule, les liens chimiques sont brisés un par un et la libération énergétique se produit très lentement; d'où le nom de combustion contrôlée.

La combustion contrôlée libère autant d'énergie que si elle était instantanée (explosion) ou non-contrôlée (feu), mais par contre, cette lente diffusion énergétique garde la température interne du corps stable, contrairement à la combustion rapide où les variations de température sont très grandes.

La respiration cellulaire est donc une combustion contrôlée qui garde la température du corps stable. Le contrôle de cette combustion est exercé par les *enzymes* contenus dans les cellules. La respiration cellulaire est une série de réactions enzymatiques et la combustion biologique ne peut se produire plus rapidement que ne le permettent les *enzymes* qui la contrôlent.

Qu'est-ce qu'une *enzyme* ? L'enzyme est une substance chimique qui agit sur d'autres molécules organiques en un endroit précis et permet l'amorce de la réaction sans en être affectée. De plus, elle accélère la réaction chimique. Il en existe un grand nombre dans la matière vivante. En général, ce sont des protéines et chacune a sa spécificité. Les milliers de réactions qui entretiennent la vie de notre corps ne pourraient pas se produire à une température ordinaire et à un rythme suffisant sans l'apport des enzymes.

Voyons par l'exemple suivant (Fig. 4.1) comment les enzymes fonctionnent.

Elles agissent en se combinant de façon temporaire aux composés A et B qui sont mis en réaction. Elles permettent un rapprochement qui assure des collisions efficaces entre les deux composés, de sorte que la réaction s'accélère. En quelque sorte, l'enzyme maintient en place les substances réagissantes A et B jusqu'à ce qu'elles deviennent un autre composé chimique qui ensuite sera libéré.

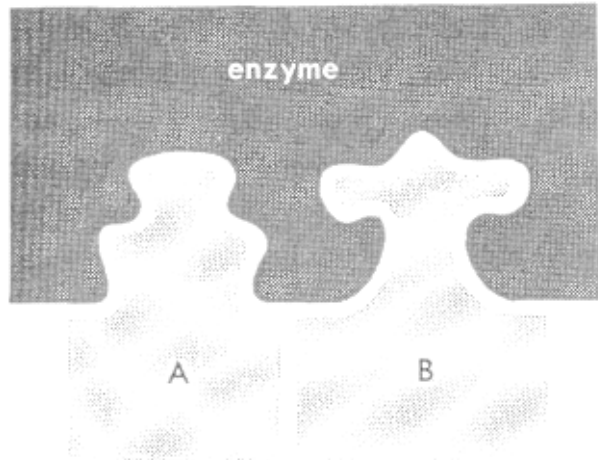


Fig. 4.1 Schématisation du rôle d'un enzyme
Source : Éléments de biologie Mc Graw- Hill

La spécificité des enzymes vient de leur configuration de surface. Ainsi une partie de la surface de la molécule A s'insère dans une partie précise de l'enzyme et la molécule B fait de même. Le contact entre les surfaces se fait de manière très précise et non au hasard. Au cours de la réaction, l'enzyme ne subit aucun changement mais il a fait apparaître une ou des substances chimiques différentes de A et B.

Les enzymes jouent un rôle très important chez les êtres vivants parce qu'elles rendent possibles des réactions qui ne se produiraient pas autrement. Dans le cas de la respiration cellulaire, elles donnent lieu à des réactions biochimiques et cela, à des températures modérées. Elles diminuent la quantité *d'énergie d'activation* nécessaire à la réaction, tout en facilitant cette réaction et en augmentant ainsi la vitesse d'exécution.

En d'autres mots, la respiration cellulaire est une combustion contrôlée par des enzymes qui amorcent les réactions chimiques qui brisent les liens organiques des molécules composant les aliments et qui permet au corps de conserver une température stable.

Dans certains cas cependant, l'énergie d'activation nécessaire à la réaction est trop grande pour qu'une seule enzyme suffise à la déclencher. Lorsque les liaisons entre les atomes de certaines molécules sont très solides et qu'il faut beaucoup d'énergie pour les briser, l'organisme fait appel à une autre méthode pour déclencher ces réactions : celle de l'addition d'un ou de plusieurs *groupements phosphates* à ces molécules.

Prenons le cas du glucose, une substance qui ne réagit pas facilement, chez qui on constate que sans l'addition de groupes phosphates, aucune réaction ne se produit. Alors, si préalablement le glucose s'ajoute aux groupes phosphates, il possède l'énergie nécessaire pour effectuer plusieurs réactions et si une enzyme intervient pour abaisser davantage cette énergie contenue dans le phosphate de glucose, des réactions supplémentaires peuvent alors se produire.

Examinons maintenant de plus près ce qui se passe au sein de la cellule. Dans les organismes, l'addition de phosphate P au glucose ou à d'autres composés similaires nécessite de l'énergie et c'est le *triphosphate d'adénosine*, ou symboliquement ATP, qui en est le pourvoyeur. En fait, l'ATP renferme trois (3) molécules organiques différentes : la base adénine, le sucre ribose et finalement trois (3) groupes phosphates.

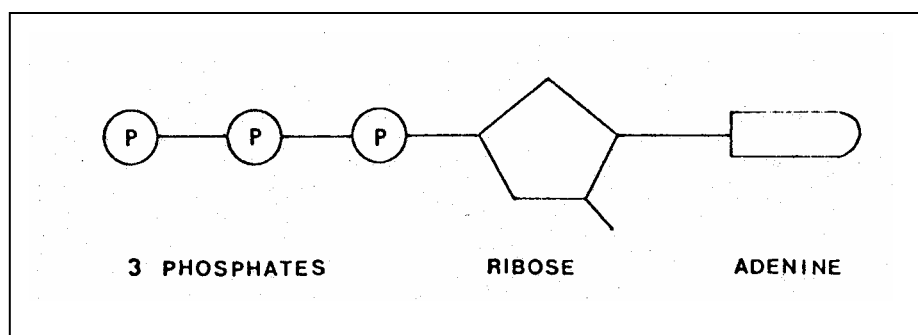


Fig. 4.2 Représentation schématique de l'ATP

Lorsque chacune de ces petites molécules est liée à une autre par un lien chimique, il y a formation de l'ATP. L'ATP est une substance exceptionnelle surtout à cause de son pouvoir de

transférer ses groupements phosphates et de fournir elle-même l'énergie nécessaire à ce changement.

La dernière liaison unissant les deux (2) groupes phosphates dans les molécules d'ATP peut facilement se disloquer et libère de l'énergie dans ce processus. Cette quantité d'énergie est considérable et on l'appelle : liaison phosphate à haute teneur énergétique. Ainsi, chaque fois que l'ATP perd un de ses trois (3) groupes phosphates, elle fournit beaucoup d'énergie à la molécule, à l'aide d'une enzyme spéciale qui capte ce groupe phosphate et du même coup, rend possible sa dégradation. Mais en cédant un groupe phosphate à la molécule à disloquer, l'ATP subit une modification, car il ne se compose plus que du groupe adénine, du sucre ribose et de deux (2) groupes phosphates plutôt que trois (3). Il forme alors ce que l'on appelle le *diphosphate d'adénosine* ou *ADP*, beaucoup moins riche en énergie.

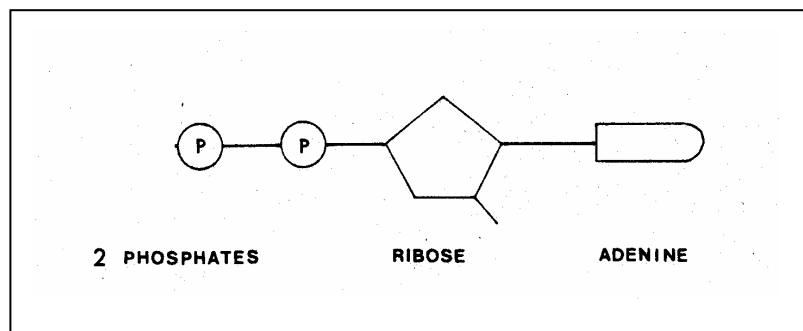


Fig. 4.3 Représentation schématique de l'ADP

Contrairement à l'ATP, l'ADP est incapable de transférer de l'énergie à une molécule à dégrader. Alors, afin que les réactions chimiques se produisent de façon continue dans les organismes, il doit se former continuellement de l'ATP. Cette formation de l'ATP s'effectue dans la centrale énergétique de la cellule : la mitochondrie. Auparavant, il est nécessaire que tu connaisses les substances qui alimentent les centrales énergétiques de la cellule.

Ces substances porte le nom général d'hydrates de carbone parce qu'elles contiennent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Parmi les hydrates de carbone, ce sont les sucres qui

servent généralement de sources d'énergie pour les organismes et le plus utilisé est la molécule de glucose contenant six (6) atomes de carbone, douze (12) atomes d'hydrogène et six (6) atomes d'oxygène reliés par des liens chimiques ($C_6H_{12}O_6$). Mais si des sucres ne sont pas présents dans la cellule, les graisses, les protéines et même des composantes cellulaires peuvent servir de carburant à la production énergétique.

LES TROIS PHASES DE LA RESPIRATION CELLULAIRE

Tu sais à présent que la respiration cellulaire est une combustion biologique contrôlée, exigeant un apport de carburant (graisse, sucre, protéine), des enzymes comme médiateur chimique et de l'énergie, fournie sous forme d'ATP, pour amorcer la réaction. La respiration cellulaire est en fait un processus continu de production énergétique sous forme d'ATP et exige une partie de cette énergie pour se renouveler. La formation de nouvelles molécules d'ATP, à partir d'ADP et de phosphate inorganique est en fait ce que l'on appelle : la respiration cellulaire. C'est une série de réactions chimiques qui se produisent dans la cellule et qui peuvent se diviser systématiquement en trois (3) parties : *glycolyse* ou *fermentation*, *cycle de Krebs* et *chaîne respiratoire*. Ces trois (3) processus sont intimement liés et interdépendants.

Glycolyse ou fermentation

La glycolyse ou la fermentation est la série de réactions chimiques qui s'effectuent dans le cytoplasme de la cellule mais à l'extérieur de la mitochondrie. C'est un processus de dégradation biologique du glucose qui ne fait pas intervenir d'oxygène pour libérer l'énergie des molécules organiques, d'où le nom de processus *anaérobie*. Il est caractérisé par sa faible production énergétique et par la dégradation incomplète de l'hydrate de carbone qui lui sert de carburant.

Comme exemple, étudions la dégradation de la molécule de glucose qui vient de laisser le vaisseau sanguin et qui pénètre la cellule.

Cette suite de réactions chimiques complexes te semblera peut-être abstraite et elle l'est effectivement. Le but de leur description n'est pas de te les faire mémoriser, mais plutôt de te sensibiliser aux différentes transformations des molécules nutritionnelles qui te fournissent ton énergie. Concrètement, les réactions de dégradation du glucose pourraient être comparées à une maison en planche que tu débâtirais planche par planche, pour construire quelque chose qui te serait plus utile.

Sur le schéma ci-dessous, tu peux vraiment observer que la respiration cellulaire est contrôlée

par les enzymes, puisque les dix réactions chimiques successives représentées par les flèches font appel à des enzymes différentes pour se réaliser. La dégradation partielle du glucose, molécule à six atomes de carbone, a exigé dix réactions contrôlées par les enzymes pour se transformer en deux molécules de trois atomes de carbone (acide pyruvique).

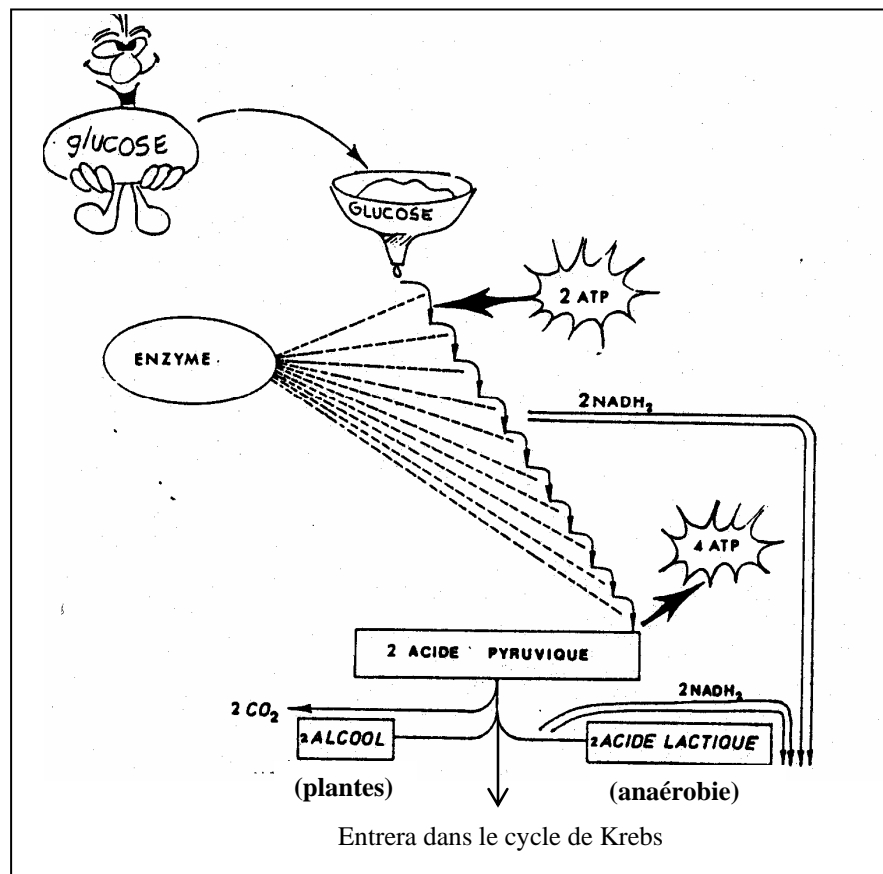


Fig. 4.4 Représentation schématique de la glycolyse ou de la fermentation

Toutes ces réactions se produisent dans un ordre logique et ne sont pas le fruit du hasard. Note bien le résultat final : production brute de quatre (4) molécules d'ATP, formées à partir d'ADP et de phosphate inorganique. Puisqu'au départ, il y a eu apport de deux (2) molécules d'ATP, il y a donc un gain net de deux molécules d'ATP.

Le NAD qui devient du NADH_2 lorsqu'il capte deux ions hydrogène est une substance nommée coenzyme ou cofacteur. Son rôle est essentiel à la respiration cellulaire car s'il n'est pas présent, il n'y a pas de respiration cellulaire. Le rôle de l'enzyme est de catalyser une réaction, celui du cofacteur de ramasser certains produits de cette réaction et de les canaliser vers une autre structure où ils seront employés. Ces deux fonctions sont interdépendantes. La cellule va produire plus ou moins d'ATP en fonction de ton besoin personnel. Ainsi, si tu es plus actif, tu consommes plus d'énergie qu'au repos.

Le processus que tu viens de découvrir se nomme chez les plantes *fermentation* et conduit à un produit final qui est de l'*alcool*. Chez les humains et les animaux, il se nomme *glycolyse* et le résultat final deviendra de l'*acide lactique* si l'oxygène est rare (voie anaérobie). C'est cet acide lactique qui s'accumule dans tes muscles lors d'une dure journée de travail et te fait souffrir lorsque la fin de la journée approche; car tu as dû fournir trop d'énergie sans apport suffisant d'oxygène pour permettre la transformation de cet acide lactique. En présence d'oxygène, l'acide pyruvique suivra la voie aérobie vers le cycle de Krebs. Avant de poursuivre la respiration cellulaire en pénétrant dans le cycle de Krebs, la formation d'acétylcoenzyme A est une étape de transition qui prépare l'acide pyruvique pour son entrée dans le cycle de Krebs.

Cycle de Krebs

Cette étape de la respiration cellulaire appelée cycle de Krebs peut être comparée à une motocyclette qui se déplace sans arrêt. Elle est dépendante de l'apport de carburant qui doit se renouveler continuellement pour produire l'énergie nécessaire à ses déplacements.

Suite à la glycolyse qui a permis au glucose de se dégrader en acide pyruvique, celui-ci libère du CO_2 pour former l'acétylcoenzyme A nécessaire à son entrée dans le cycle de Krebs. Ces deux molécules d'acétylcoenzyme A pénètrent dans la mitochondrie, centrale énergétique de la cellule, pour être finalement dégradées. Le cycle de Krebs est un processus aérobie : il nécessite de l'oxygène pour se produire.

En entrant dans le cycle de Krebs, l'acétylcoenzyme A se combine avec une molécule de quatre atomes de carbone (4C dans la Fig. 4.5) pour former une molécule à six atomes de carbone (6C) appelé *acide citrique*.

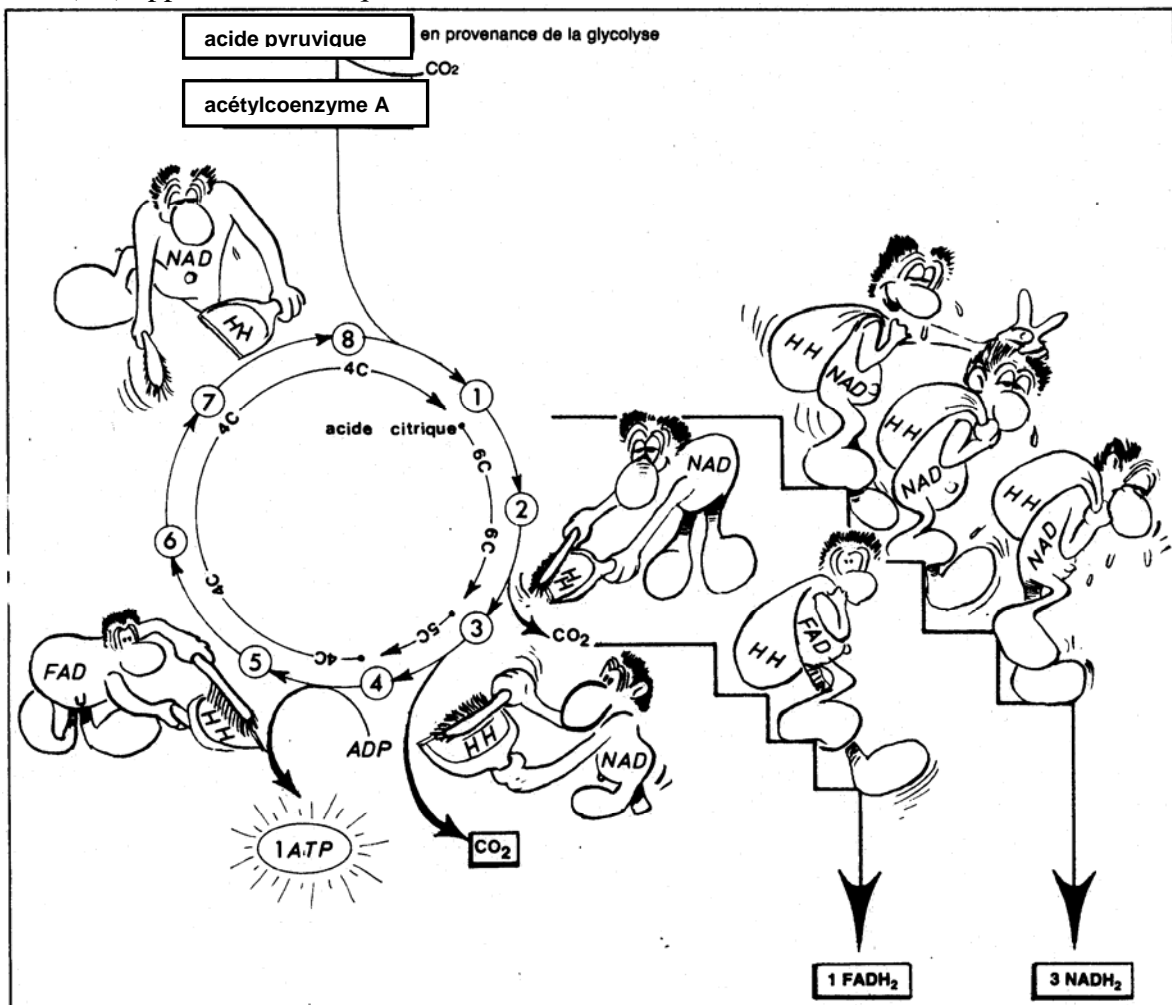


Fig. 4.5 Représentation schématique du cycle de Krebs. Étapes 1 à 8 du cycle et nombre de carbone

L'acide citrique passe à son tour par une série de huit réactions au cours desquelles il se transforme en une molécule de cinq atomes (5C) de carbone puis finalement en une molécule de quatre atomes de carbone (4C), de nouveau prête à s'accaparer d'une molécule d'acétylcoenzyme A et de recommencer le cycle.

Observons la Fig. 4.5. Le cycle de Krebs libère deux (2) molécules de gaz carbonique (CO_2) qui seront évacués par les vaisseaux sanguins et huit (8) atomes d'hydrogène qui seront captés par les coenzymes NAD et FAD pour devenir des molécules de NADH_2 et FADH_2 . Ces dernières seront récupérées dans la chaîne respiratoire. Aussi, une seule molécule d'ATP est libérée dans le cycle de Krebs.

Mais comme le cycle que l'on vient de décrire s'applique à une seule molécule d'acide pyruvique, il suffit de multiplier par deux pour obtenir les produits du cycle de Krebs : il y aura donc une production nette de deux (2) molécules d'ATP.

N'oublie pas que ce cycle se produit de façon continue dans tes mitochondries !

Chaîne respiratoire

La chaîne respiratoire est le siège de la grosse production énergétique. Elle est située dans les mitochondries et finalise la production énergétique amorcée lors de la glycolyse et poursuivie au cours du cycle de Krebs. C'est un processus aérobie.

La chaîne respiratoire est composée d'une suite de transporteurs d'électrons (les cytochromes, par exemple) qui entraîneront la production des molécules énergétiques d'ATP. C'est dans la chaîne respiratoire que les coenzymes NADH_2 et FADH_2 viennent véhiculer les ions hydrogène qu'ils avaient captés lors de la glycolyse et du cycle de Krebs (Fig. 4.6).

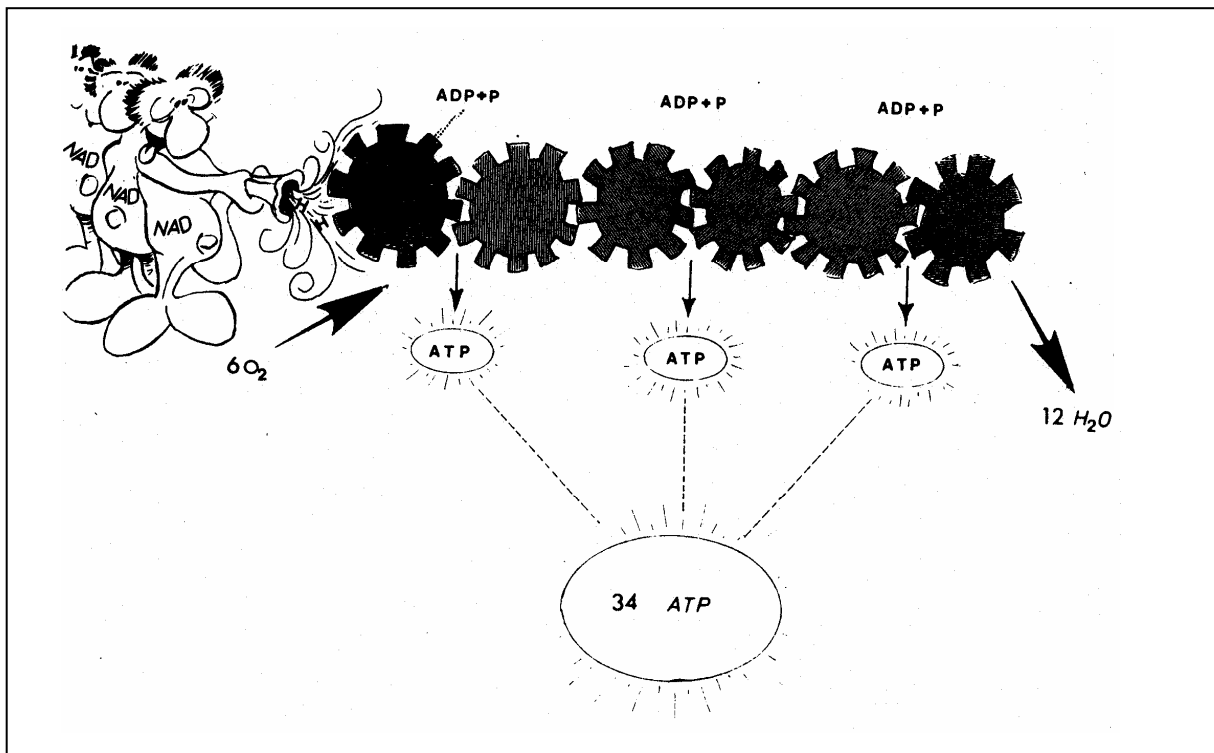


Fig.4.6 Représentation schématique de la chaîne respiratoire

Durant le cycle final de la respiration cellulaire, les ions hydrogène se détachent des NADH_2 en même temps que les électrons à haute teneur d'énergie. Les ions d'hydrogène, ainsi que les électrons, sont alors transportés vers des atomes d'oxygène. C'est pendant ce transport que les électrons, par étapes successives, perdent de l'énergie et que cette énergie est mobilisée pour la synthèse des ATP à partir de molécules d'ADP et de phosphate inorganique. L'oxygène, en acceptant ensuite ces électrons à basse teneur énergétique et en s'additionnant aux ions hydrogène, forme de l'eau. Les transformations que subit le glucose, au cours de la respiration, sont en grande partie des transformations à l'inverse de celles qui se produisent lors de la photosynthèse où l'eau est la source d'électrons et d'ions hydrogène.

La production énergétique par la chaîne des transporteurs d'électrons est phénoménale car il y a production de 34 molécules d'ATP.

Rendement énergétique

Si on évalue la proportion d'énergie potentielle du glucose qui se transforme en énergie utile au cours de la respiration, on découvre un rendement fantastique. Les plus récents travaux font état d'un rendement dépassant les cinquante pour cent (50%) de l'énergie chimique du glucose qui serait transférée aux molécules d'ATP. Si on compare ce rendement avec celui d'une locomotive, c'est un rendement environ six fois supérieur.

Calculons maintenant le rendement énergétique *net* de la dégradation complète d'une molécule de glucose par la respiration cellulaire. La glycolyse fournit 2 molécules d'ATP, le cycle de Krebs en fournit également 2 (puisque 2 molécules d'acide pyruvique sont entrées dans le cycle de Krebs) et la chaîne de transport des électrons (cytochromes) en fournit 34. Nous obtenons donc une production nette de 38 ATP.

Une partie de l'énergie transférée à l'ATP est mobilisée par les mitochondries, mais la majeure partie des ATP produits passe des mitochondries au cytoplasme de la cellule, pour y fournir l'énergie nécessaire aux activités cellulaires.

Afin d'avoir une idée de l'ampleur de la production totale du flot énergétique, disons que chaque mitochondrie contient 15000 chaînes respiratoires, que chaque cellule contient de 50 à 1 000 mitochondries et que le corps humain est un ensemble composé de plusieurs milliards de cellules!

Avec l'acquisition de ces connaissances sur la respiration cellulaire, tu comprends maintenant mieux la route poursuivie par les molécules de glucose absorbées dans l'alimentation et qui se transforment en énergie essentielle à ton bon fonctionnement. Le schéma de la Fig. 4.7 te résume l'ensemble des étapes de la respiration cellulaire.

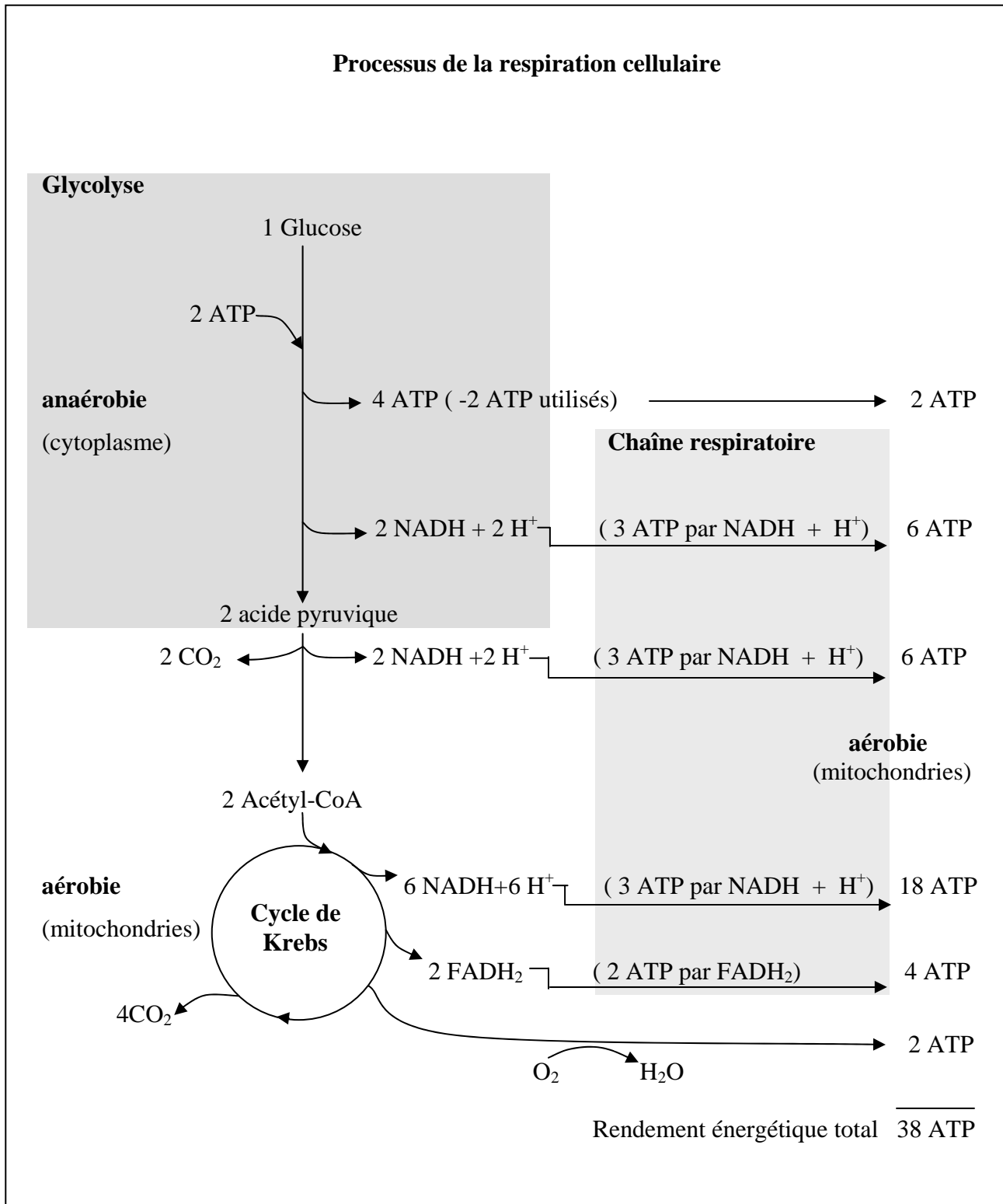


Fig. 4.7 Représentation schématique de la respiration cellulaire et de sa production d'énergie

| |
|-----------|
| EXERCICES |
|-----------|

Objectif terminal 4

a) Donne une courte définition de "respiration cellulaire".

b) Qu'entend-on par combustion instantanée ?

c) Qu'entend-on par combustion non contrôlée ?

d) Qu'entend-on par combustion contrôlée ?

e) Est-ce que les trois (3) formes de combustion produisent la même quantité d'énergie ?
(Oui ou non) ? _____

Justifie ta réponse. _____

f) Qu'est-ce qu'un enzyme ?

g) Quelles sont les molécules qui contribuent à la formation de la molécule ATP ?

h) Pour disloquer la molécule de glucose, il est nécessaire de fournir de l'énergie au glucose. De quelle façon se fait ce transfert d'énergie et quelle est la molécule qui fournit cette énergie ?

i) Quelle modification subit l'ATP en cédant un groupe phosphate ?

j) Quelles sont les substances qui alimentent la cellule ?

k) Quelles sont les trois (3) séries de réactions chimiques qui forment le processus de respiration cellulaire ?

l) Complète les phrases suivantes.

1. La glycolyse ou _____ est une série de réactions _____ qui s'effectuent à l'intérieur de la cellule mais à l'extérieur de la _____.

2. Un processus aérobie requiert de _____ et c'est ce même processus qui caractérise le _____.

3. Les _____ contrôlent les différentes étapes de la chaîne respiratoire.

m) Quel est le bilan énergétique résultant de la dégradation d'une molécule de glucose lors de la glycolyse ?

n) Qu'est-ce qu'un cofacteur ou un coenzyme ?

o) Quels sont les produits obtenus lors d'une glycolyse par la voie anaérobie ? lors d'une fermentation ?

p) Dans quelle partie de la cellule se complète la dégradation finale de la molécule de glucose ?

q) Qu'est-ce qui distingue la glycolyse du cycle de Krebs ?

r) Quel est le bilan énergétique au cours du cycle de Krebs ? Explique.

s) Qu'est-ce que la chaîne respiratoire et quelle est sa fonction ?

t) Quel est le bilan énergétique de la chaîne respiratoire ?

u) Vrai ou faux

1. Au cours de la dégradation complète d'une molécule de glucose par la respiration cellulaire, il y a production de quarante (40) molécules d'ATP.

2. Le bilan énergétique net de la dégradation d'une molécule de glucose est de trente-huit (38) molécules d'ATP.

3. Le rendement d'énergie utile résultant de la dégradation du glucose produit lors de la respiration cellulaire atteint à peine 5%.

4. Le rôle des cofacteurs NAD et FAD est de transporter les atomes d'hydrogène vers la chaîne respiratoire.

Objectif terminal 5 :

DISTINGUER L'ACIDE DÉSOXYRIBONUCLÉIQUE (ADN) ET L'ACIDE RIBONUCLÉIQUE (ARN) QUANT À LEUR COMPOSITION CHIMIQUE, À LEUR STRUCTURE ET À LEUR ACTIVITÉ CELLULAIRE

LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES

Vous savez déjà que la cellule est l'unité fondamentale de toute vie et que c'est le noyau cellulaire qui gère toutes les activités de la cellule, y compris la duplication et la synthèse des matériaux nécessaires à son métabolisme.

Maintenant, tu dois te demander comment s'effectuent ces contrôles et ces mécanismes inhérents aux activités cellulaires ?

Tu soupçonnes certainement que les processus gérant cette partie de l'activité cellulaire sont très complexes. Eh oui ! les premières découvertes commencent à peine à nous dévoiler les secrets héréditaires chez la cellule et les nombreux mystères renfermés dans le noyau cellulaire nous sont livrés très lentement.

On sait cependant aujourd'hui, que chacune des espèces animales et végétales compte un nombre caractéristique de *chromosomes*, particulier pour chaque espèce. On en dénombre quarante-six (46) chez l'homme, quarante-deux (42) chez le rat, quatorze (14) chez les pois, etc..

La chromatine se retrouve dans un mélange diffus dans le noyau cellulaire.

Alors, comment les humains, les animaux et les plantes, quels qu'ils soient et si simples soient-ils, en possédant un nombre très limité de chromosomes, peuvent-ils transmettre des milliers de caractères héréditaires à leurs descendants ?

Comment se fait-il que l'être humain transmette des milliers de caractéristiques telles que: un nez aquilin, des fossettes profondes, un angle particulier à l'arcade sourcilière, des yeux bleus, des taches de rousseur, des pommettes rosées, des cheveux roux, un teint pâle, etc... si l'on pense qu'il possède seulement quarante-six (46) chromosomes ?

Eh bien, si la transmission de milliers de caractères héréditaires de génération en génération est nécessaire à la reproduction d'un être semblable, il faut nécessairement que chacun des chromosomes porte des centaines ou des milliers d'informations héréditaires. Effectivement, lorsque le microscope électronique nous révèle la structure chromosomique, on découvre une structure granuleuse ressemblant à un très long collier de perles. Dans un seul chromosome humain, on a dénombré mille deux cent cinquante (1 250) de ces perles nommées *gènes*. Ils sont les porteurs des messages qui se transmettent de cellule en cellule et de génération en génération.

L'identification, faite par le microscope électronique, montrant que le gène est l'unité fondamentale de l'hérédité c'est à dire de la transmission d'un caractère, ne divulgue cependant pas la façon dont l'information génétique est emmagasinée et communiquée d'un gène à l'autre.

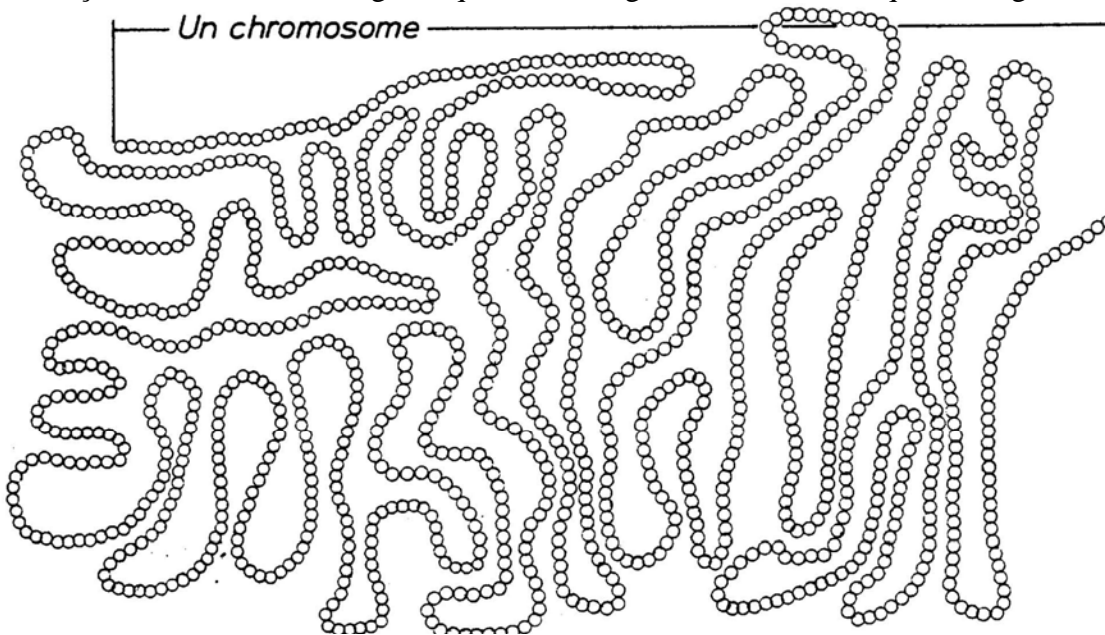


Fig. 5.1 Un chromosome humain composé de 1250 gènes

C'est l'analyse chimique de noyaux cellulaires qui nous permet de résoudre ce problème, en nous dévoilant que les noyaux cellulaires contiennent surtout deux (2) sortes de molécules importantes : des *protéines* constituant le nucléoplasme et des *acides nucléiques*. Les acides nucléiques sont de grosses molécules peu compliquées faites à partir de quelques espèces de molécules plus petites, chimiquement combinées entre elles. Les deux (2) types d'acides nucléiques, très peu différents l'un de l'autre, forment ce que l'on appelle l'acide désoxyribonucléique ou ADN et l'acide ribonucléique ou ARN.

En premier, nous nous occuperons de l'ADN (qui est le cerveau de la cellule) et de ses composantes :

- la formation
- la structure moléculaire
- la reproduction (ou duplication).

Plus tard, nous parlerons de l'ARN (ou transmetteur d'information de l'ADN) et de sa synthèse.

L'acide désoxyribonucléique ou ADN comprend un groupe phosphate : *acide phosphorique*, un sucre: le *désoxyribose* qui donne son nom à la molécule d'ADN et enfin des composés azotés ou *bases*, au nombre de quatre (4) : l'*adénine*, la *thymine*, la *cytosine* et la *guanine* ou en abrégé : A, T, C et G.

L'adénine et la guanine forment ce que l'on appelle les *bases puriques* appelées *purines* tandis que les bases cytosine et thymine forment ce que l'on appelle les *bases pyrimidiques* appelées *pyrimidines*.

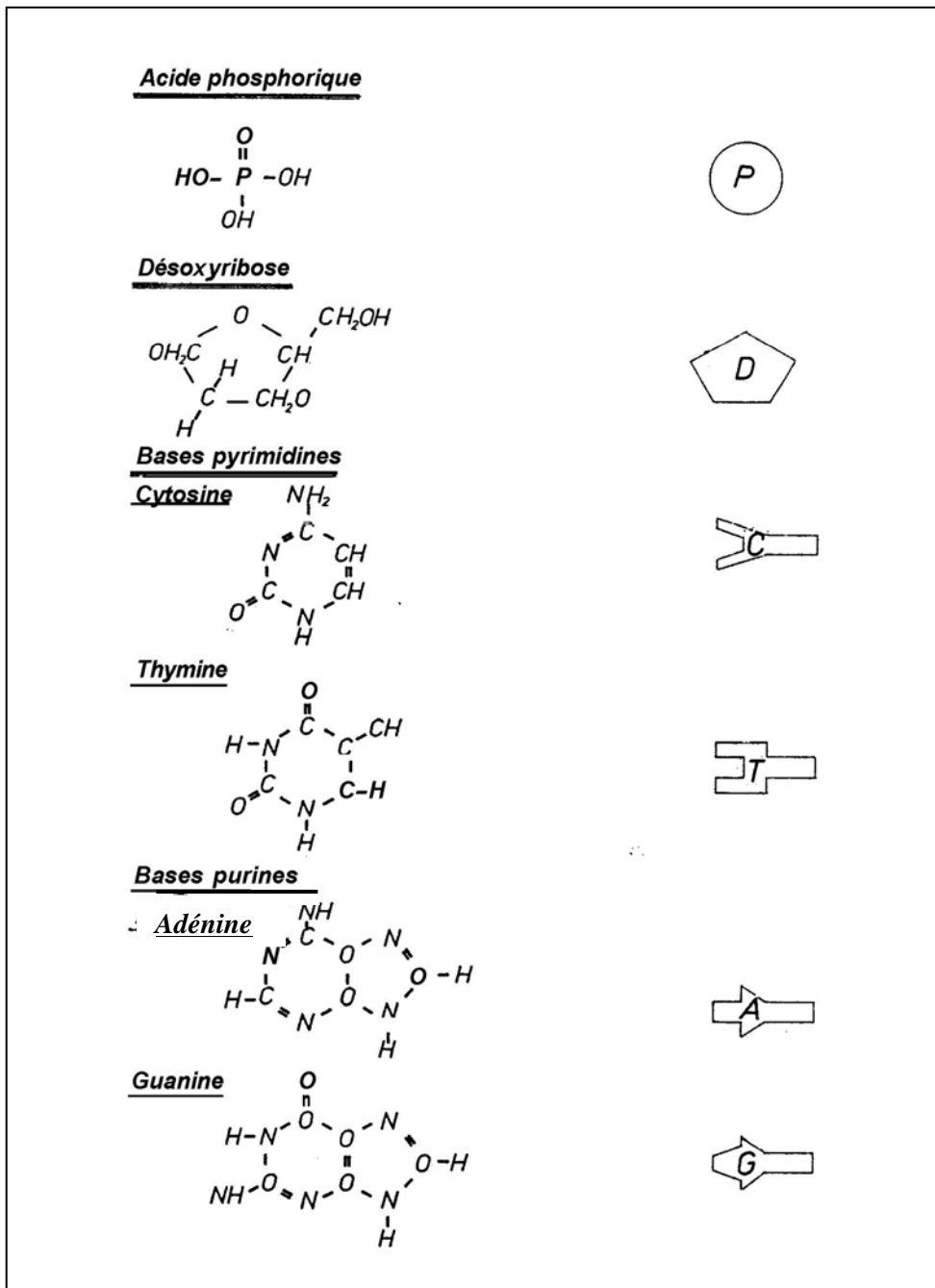


Fig. 5.2 Représentation chimique et symbolique des molécules du sucre, du groupe phosphore et des quatre (4) bases que l'on retrouve dans la molécule d'ADN

La représentation chimique de ces molécules (Fig. 5.2) n'est pas à mémoriser. Elle est plutôt représentée pour satisfaire ta curiosité. C'est surtout avec la représentation schématique que l'on découvrira l'activité de l'ADN.

Si on combine le sucre désoxyribose avec l'acide phosphorique et avec chacune des bases, on découvre que quatre (4) molécules peuvent se former, ces quatre (4) molécules d'acides nucléiques représentées à la Fig. 5.3 forment ce que l'on appelle les quatre (4) *nucléotides* de la molécule d'ADN.

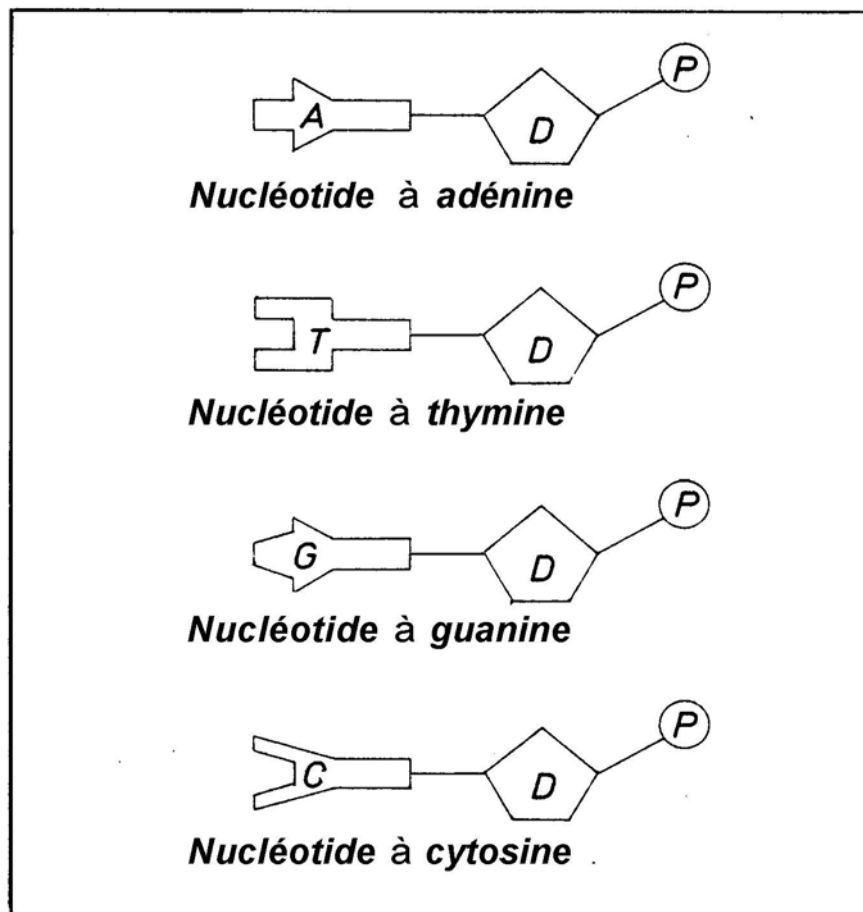


Fig. 5.3 Représentation symbolique des quatre nucléotides composant l'ADN

Les nucléotides à adénine, à thymine, à guanine et à cytosine forment les unités de base constituant la molécule d'ADN; chaque nucléotide renferme une bricbe d'information génétique. Ceci signifie que des dizaines ou des centaines de nucléotides rassemblés dans un ordre défini sont nécessaires pour former un gène qui est responsable de la transmission d'informations génétiques.

Chaque gène détermine une information génétique précise, c'est-à-dire un *caractère* tel la couleur de la peau, la forme du nez, etc... Toute une série de gènes sont attachés ensemble pour former une molécule d'ADN qui constitue finalement le chromosome qui transmet un message comprenant plusieurs caractères.

Parfois, plus d'un gène est responsable de l'apparition d'un caractère, ainsi pour transmettre le caractère de la couleur de la peau d'un individu à un autre, il est nécessaire que les informations contenues dans huit (8) gènes différents soient transmises afin que ce caractère soit porté par la progéniture.

Pour concrétiser ces données abstraites citées plus haut, comparons-les avec un quartier d'une ville.

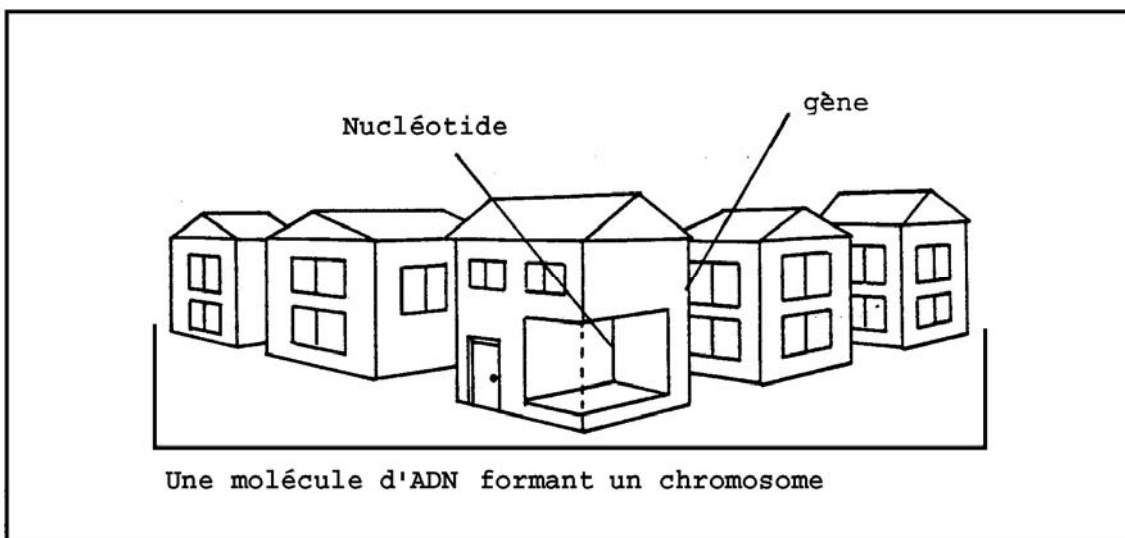


Fig. 5.4 Comparaison d'un chromosome avec un quartier de la ville

Dans ce quartier de ville représenté à la Fig. 5.4, on retrouve un ensemble de maisons constituant le quartier. Ce quartier de la ville représente le *chromosome*. Les maisons, qui ont chacune leur cachet particulier, représentent les *gènes* qui occupent une place fixe dans la molécule et remplissent une fonction particulière. Les pièces de la maison représentent les

nucléotides ou les unités composantes du gène. Ces pièces peuvent être peinturées de quatre (4) types de nucléotides constituant le gène.

Les caractères particuliers de ce quartier représentent les caractères qui sont transmis par le chromosome et qui sont particuliers à chacun des chromosomes.

LA STRUCTURE MOLÉCULAIRE DE L'ADN

La composition chimique des molécules d'ADN et par ricochet des chromosomes ne suffit cependant pas à expliquer son activité cellulaire. La compréhension du rôle de l'ADN dans la transmission des données génétiques et de sa façon de se reproduire, implique une connaissance indispensable de sa structure moléculaire.

Plusieurs modèles structuraux furent proposés pour décrire la molécule d'ADN qui comprend des millions d'atomes, mais aucun ne répondait adéquatement à ce que pouvait être la forme spatiale de cette molécule, jusqu'au jour où James D. Watson et Francis H.C.Crick imaginèrent un modèle spatial qui correspondait exactement à ce que devait être la molécule d'ADN pour remplir les fonctions qu'elle exerce.

Le modèle de molécule que ces auteurs nous proposent a été inspiré par des données tirées des études de Wilkins sur la diffraction des rayons X. Ils en déduisent que la molécule d'ADN consiste en deux (2) cordons enroulés à la façon d'une double hélice.

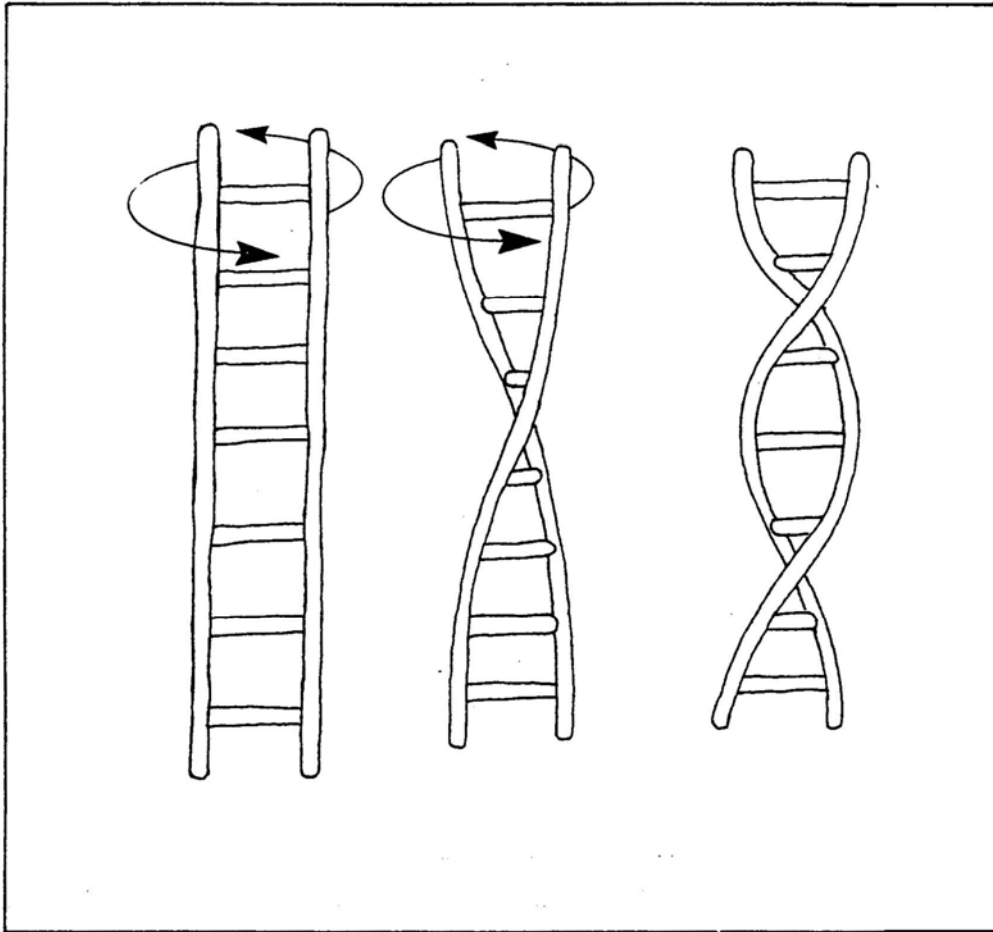


Fig. 5.5 Double hélice de la molécule d'ADN schématisée par une échelle ayant des montants flexibles.

Le modèle moléculaire de l'ADN est celui d'une double spirale. On peut le représenter par une échelle (Fig. 5.5) à deux montants. Les montants flexibles sont fixés à une base afin de ne pas pouvoir bouger. Une torsion appliquée à l'échelle permet à celle-ci de se transformer en hélice double. En fait, cette hélice double n'est ni plus ni moins qu'un très long escalier en spirale.

Poursuivant l'analogie, précisons que les barreaux sont constitués des bases purines et des bases pyrimidines, tandis que les groupements phosphates et désoxyriboses composent les montants de l'échelle. Les barreaux de cette échelle hypothétique sont formés transversalement d'une base purine appariée à une base pyrimidine. L'adénine accompagne la thymine, tandis que

la guanine complète la cytosine. Dans chacun des cas, les bases sont rattachées entre elles par une liaison chimique faible qu'on appelle liaison hydrogène. La liaison consiste en une liaison chimique entre un atome d'hydrogène et un autre atome plus gros comme celui de l'azote ou de l'oxygène. La Fig. 5.6 nous permet de visualiser cette description de "l'échelle" ADN.

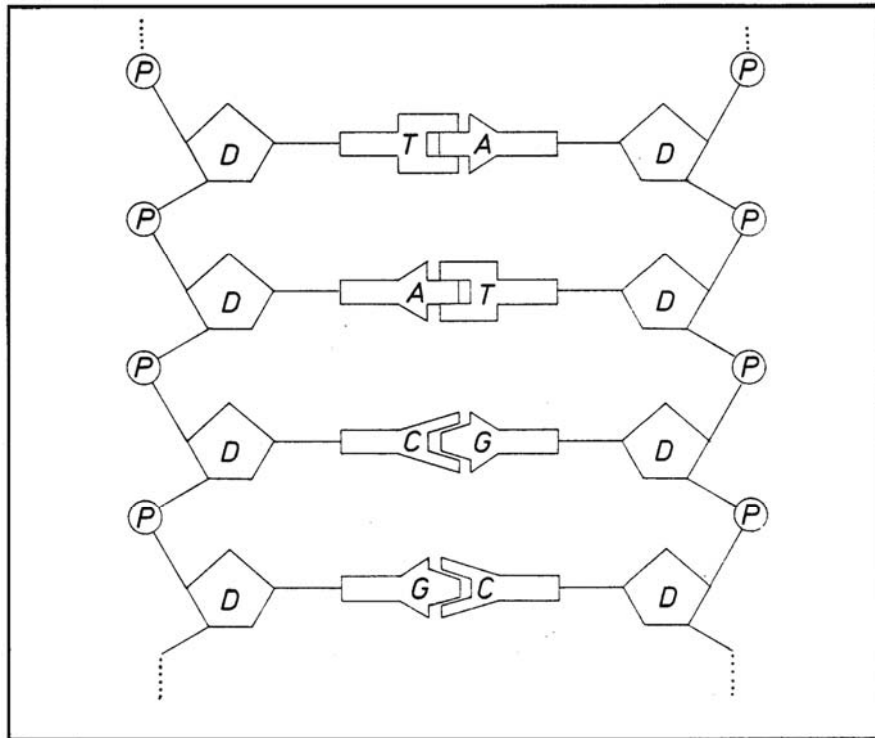


Fig. 5.6 Représentation schématisée d'une petite portion de la double hélice d'ADN

L'assemblage des sucres désoxyriboses aux deux (2) groupements connexes phosphates permet aux deux (2) montants de l'échelle de former deux (2) torons de nucléotides s'unissant l'un l'autre par les barreaux formés d'une base purine complémentaire à la base pyrimidine et vice-versa. L'ordre dans lequel les marches se suivent est très variable et on peut y rencontrer toutes sortes de successions telles que: AT, AT, AT, GC, CG, TA, AT, AT, CG, CG, GC, TA, etc... Un seul gène peut être constitué d'une portion d'escalier d'ADN de deux milles (2 000) marches. C'est l'ordre de succession de ces marches qui donne à chaque gène son caractère distinctif.

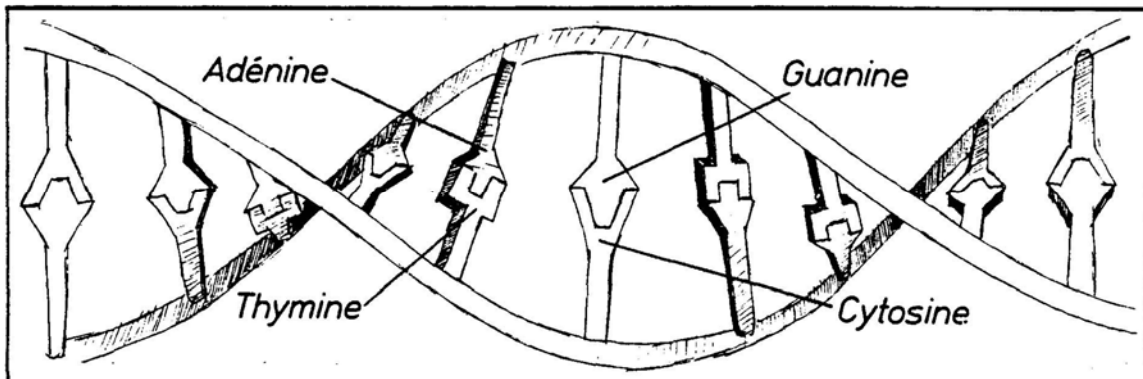


Fig. 5.7 Représentation d'une partie de la double hélice d'une molécule d'ADN

Afin de te donner une idée de l'ordre de grandeur des combinaisons possibles pouvant survenir dans une molécule d'ADN, sache que sur la figure précédente, les dix (10) paires de bases qui y figurent, peuvent former plus d'un milliard de combinaisons lorsqu'on les agence différemment d'où, autant de caractères distinctifs. Alors, essaie de t'imaginer un peu, le nombre de combinaisons possibles lorsque les chaînes ont des milliers de paires de bases.

Maintenant que tu connais la structure spatiale de la molécule d'ADN, tu te demandes certainement comment il se fait qu'on la retrouve dans chaque noyau cellulaire et qu'elle n'est pratiquement pas modifiée de cellule en cellule, chez le même individu ?

REPRODUCTION DE LA MOLÉCULE D'ADN : LA DUPLICATION

Comme toutes les espèces d'êtres vivants, pour subsister de cellule en cellule et d'individu en individu, l'ADN doit se reproduire. Si cette nécessité primordiale n'est pas accomplie, il y a disparition de la cellule et même de l'individu.

C'est au moment de la reproduction que la valeur du modèle scientifique de Crick et Watson peut se mesurer pour expliquer des problèmes non élucidés. Ce modèle nous permet d'imaginer un mécanisme rigoureux de reproduction de l'ADN, mécanisme qui est d'ailleurs

d'une admirable simplicité. A cause de la structure fort simple des bases qui se combinent pour former les marches de l'escalier, à cause aussi de la nature des liaisons hydrogène qui ne sont efficaces que sur de courtes distances, il est relativement facile de séparer les deux (2) montants de la double hélice qui composent l'ADN.

Le miracle de la duplication commence dès l'instant où la molécule se dégrafe comme une fermeture éclair. Les deux (2) bases appariées à chaque échelon se détachent et les deux torons de la molécule d'ADN se retrouvent disloqués l'un de l'autre. Au même moment, les nucléotides qui flottent librement dans le noyau, commencent à converger vers les deux (2) moitiés de l'échelle qui se disjoignent (Fig. 5.8).

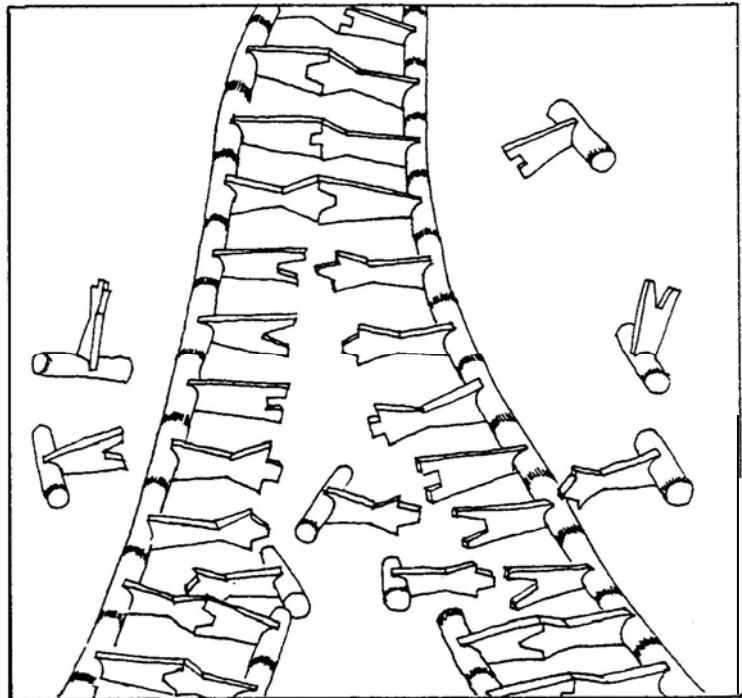


Fig. 5.8 Séparation de la double hélice d'ADN et reproduction au bas du schéma de deux molécules d'ADN

Obéissant à un code bien établi, seul un nucléotide errant identique à celui qui s'est détaché peut venir se fixer sur l'échelle pour remplacer celui qui s'en est détaché. Avec leurs tronçons de support composés du désoxyribose et du groupe phosphate, les bases qui flottaient librement viennent s'apparier à la base complémentaire fixée sur le toron. L'adénine recherche la base thymine pour se fixer, la thymine cherche l'adénine et il en est de même des deux (2) bases cytosines et guanines qui recherchent leur partenaire sur le toron disjoint afin de s'apparier.

En se répétant, ce processus amènera la création de deux (2) nouvelles molécules d'ADN identiques à la molécule originale (Fig. 5.9).

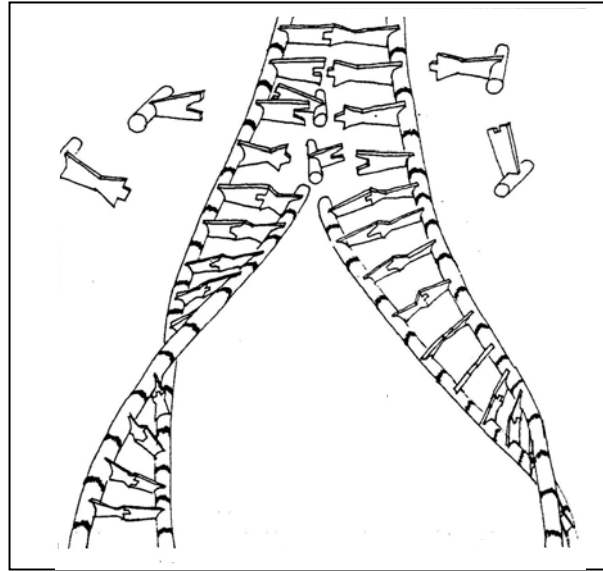


Fig. 5.9 Dédoublment de la molécule d'ADN

Une fois le dédoublement terminé (Fig. 5.10), les deux (2) molécules filles, identiques à la molécule mère, sont prêtes à leur tour à gérer l'activité de deux cellules filles qui formeront à leur tour des ADN filles et des cellules filles.

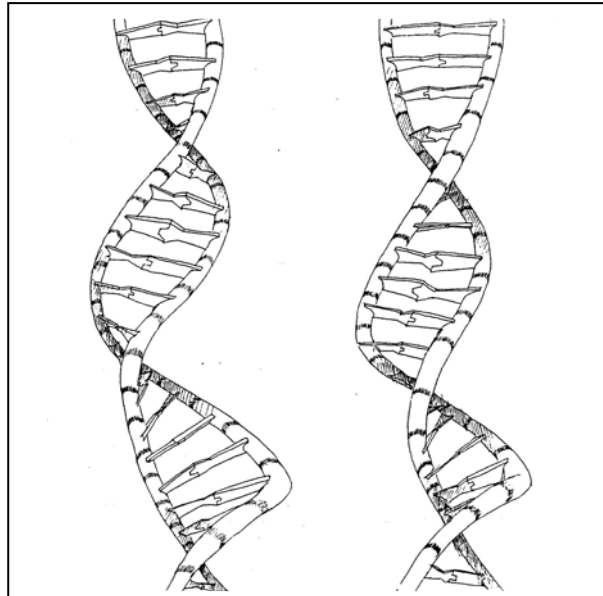
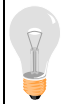


Fig. 5.10 Deux molécules d'ADN obtenues après la duplication de la molécule initiale

Le dédoublement de l'ADN est finalement complété et deux (2) molécules d'ADN sont alors présentes dans le noyau cellulaire. Le noyau cellulaire ainsi que toute la cellule est prête à se fractionner en deux (2) cellules filles.

En fait la molécule d'ADN, tout comme l'enfant avec son moule, permet de reproduire par centaines des modèles identiques à l'original. La molécule d'ADN sert de patron à la reproduction de la vie. Tout comme la molécule mère d'ADN a donné naissance à deux (2) molécules filles d'ADN. À leur tour, celles-ci reproduiront ce même processus qui se répètera des milliers de fois. C'est l'ADN qui permet aux cellules de se reproduire; et, de même, c'est l'ADN qui fait naître des enfants ressemblant à leurs parents. Il en va ainsi chez toutes les espèces d'êtres vivants, autant chez les plantes que chez les animaux.



Savais-tu que...

Si on mettait bout à bout les filaments d'ADN d'une **seule cellule humaine**, on se retrouverait avec un filament d'**un (1) mètre** de longueur et comptant six (6) milliards de marches. Ça fait tout un escalier!

Et ça ne s'arrête pas là , car tu es composé d'environ soixante (60) milliards de cellules ayant chacune un escalier de six (6) milliards de marches, ou de soixante (60) milliards de mètres, si on mettait bout à bout toutes ces molécules d'ADN. N'est-ce pas phénoménal que toi, un être de grandeur normale, tu sois le siège de soixante (60) millions de kilomètres de molécules d'ADN ?

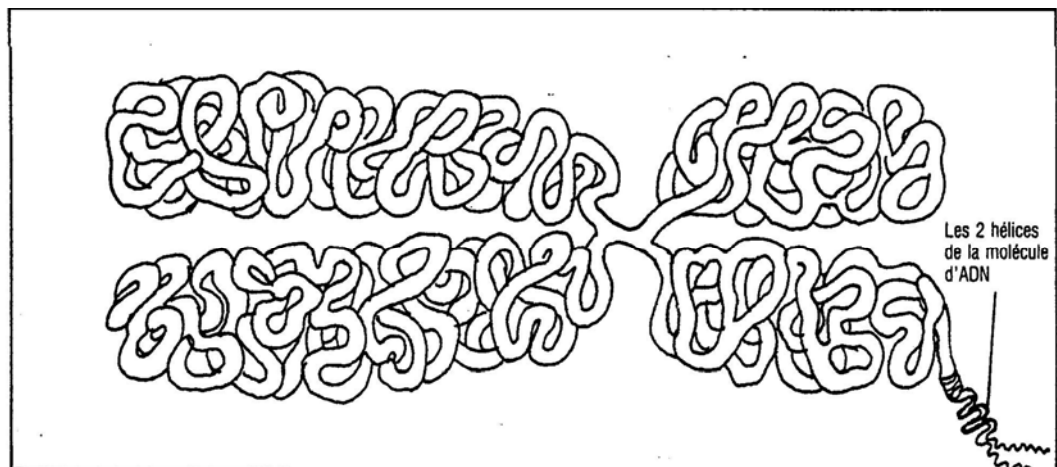


Fig. 5.11 Représentation schématique d'un chromosome. La molécule d'ADN est une double hélice repliée sur elle-même formant un chromosome.

LES ACIDES AMINÉS ET LA SYNTHÈSE PROTÉIQUE

Le dédoublement de l'ADN permet de créer la vie, mais la vie est plus qu'une création. Il ne suffit pas à un organisme de naître, il lui faut encore subsister. Cette survivance de la cellule est assurée grâce à une formidable armée de composés chimiques d'une extraordinaire capacité d'adaptation que l'on nomme : *protéines*.

Il en existe des milliers de variétés qui ont néanmoins toutes des points en commun. Elles sont synthétisées dans le cytoplasme cellulaire selon des directives précises ordonnées par le "cerveau" de la cellule : l'ADN.

Mais, comment cela est-il possible, lorsqu'on sait que l'ADN ne peut courir le risque de quitter son abri fortifié qu'est le noyau cellulaire, pour aller se balader dans le cytoplasme cellulaire où il risquerait d'y perdre des parties de molécules ? Est-ce que l'ADN communiquerait avec le cytoplasme cellulaire par un système de communication codé ? Et d'abord, qu'est-ce qu'un code ?

Un code est un système de symboles utilisés pour traduire des renseignements. La langue écrite est une sorte de code inventé par l'être humain pour lui permettre de communiquer ses idées et ses expériences à l'aide d'un nombre limité de symboles. La langue française contient vingt-six (26) symboles avec lesquels on peut former un nombre illimité de mots et composer avec ces mots, un nombre de livres inimaginable. Cependant, pour quelqu'un qui ne connaît pas ce code particulier, les livres demeurent incompréhensibles. Un code peut contenir n'importe quel nombre de symboles et ces mêmes symboles peuvent servir dans différents systèmes de code. Les molécules d'ADN ne contiennent que quatre (4) nucléotides et ces nucléotides forment l'alphabet de l'ADN. Ainsi, tous les renseignements pour construire un être humain seraient codifiés dans les molécules d'ADN situées dans les minuscules noyaux des cellules sexuelles.

LA CODIFICATION DES ACIDES AMINÉS

Donc, si on admet que le code existe et que les informations transmises sont codées, alors comment ce code fonctionne-t-il ? Et combien faut-il de nucléotides dans l'ADN pour exprimer en code les directives nécessaires à la formation d'une protéine ? Et qu'est-ce qu'une protéine ? Voilà beaucoup de questions ! Commençons d'abord par examiner l'énigme des protéines. Par analogie, une protéine est comme ce quartier d'une ville où l'on pourrait rencontrer une vingtaine (20) de modèles différents de maisons et où l'agencement ainsi que le nombre de maisons le long des boulevards aurait été planifié d'avance. La protéine est un assemblage de petites molécules chimiques appelées : *acides aminés*.

Dans la construction des protéines, leur nombre peut s'échelonner de cent (100) à trois mille (3 000) unités. Les acides aminés proviennent de la dégradation des aliments dans l'estomac et ce sont les vaisseaux sanguins qui les distribuent aux cellules de l'organisme. Ces petites molécules comprennent des atomes de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote. On en dénombre vingt (20) chez l'être humain et ce sont ces vingt (20) acides aminés qui sont les matériaux de base de la synthèse des protéines. Comme l'être humain possède vingt (20) acides aminés, le code biologique doit comprendre un minimum de vingt (20) messages distincts, de telle sorte que la cellule ne confonde pas un acide aminé avec un autre. Il devient alors évident que pour coder les vingt (20) acides aminés à partir des quatre (4) nucléotides de l'ADN, il faut des mots complexes, car si un nucléotide (A ou T, C, ou G) codifie seulement pour un acide aminé, il y a codification de seulement quatre (4) acides aminés au maximum, ce qui est nettement insuffisant. Voyons maintenant ce qui se passe si on associe les nucléotides deux par deux. Nous retrouvons alors seize (16) associations possibles, soit :

AA, AT, AC, AG

TA, TT, TC, TG

CA, CT, CC, CG

GT, GA, GC, GG

Ces seize (16) associations de nucléotides codifieraient alors seize (16) acides aminés au maximum. Ce qui est encore insuffisant pour la codification de tous les acides aminés puisque nous en avons vingt (20). Cela peut te sembler un peu confus et tu te dis peut-être qu'il n'y a pas de différence de signification entre AT et TA ou TG et GT etc... Alors, regarde ce qui se passe dans un alphabet que tu connais bien et qui contient vingt-six (26) symboles. Y a-t-il des différences entre « ut » qui signifie une note de musique et « tu » qui est un pronom personnel ? La même chose s'applique aussi à « nu » qui signifie déshabillé et « un » qui est un article indéfini. Tu dois maintenant être convaincu de l'importance de l'ordre de succession des symboles dans les messages codés ?

La conclusion qui s'applique à la codification des acides aminés, c'est qu'il faut des groupes d'au moins trois (3) nucléotides pour accumuler suffisamment de renseignements spécifiques à chacun des acides aminés. L'association de trois (3) nucléotides donne soixante-quatre (64) messages possibles, ce qui fait plus de mots qu'il n'en faut pour codifier tous les acides aminés. Ceci peut impliquer que ces combinaisons pourraient transmettre d'autres informations.

Les chercheurs qui ont travaillé sur l'identification du code biologique ont prouvé que celui-ci transmettait bien les informations par triplet de nucléotides.

Si tu fais une courte synthèse de ce que tu viens de découvrir, tu peux le résumer ainsi: la synthèse protéique à partir des différents acides aminés s'effectue dans le cytoplasme cellulaire, grâce à des instructions précises qui sont transmises sous forme de code biologique à partir de l'ADN dans le noyau cellulaire.

Cependant aucune information ne t'a été transmise sur le moyen de véhiculer ces messages codés du noyau au cytoplasme cellulaire. Tu te souviens que l'analyse chimique de noyaux cellulaires, nous a révélé que deux (2) types d'acides nucléiques y étaient présents. Le premier type dont on a parlé, fut l'ADN, car il représentait le cerveau de la cellule. Le second type,

l'ARN, n'est peut être pas aussi primordial mais il n'en demeure pas moins qu'il y exécute des tâches très importantes. L'ARN reçoit, véhicule et transmet fidèlement les messages reçus de l'ADN, du noyau au cytoplasme.

LA DESCRIPTION DE L'ARN

Ce second type d'acide nucléique diffère très peu de l'ADN. Il est composé de trois (3) structures chimiques qui sont aussi fort simples : un groupe phosphate: l'acide phosphorique; un sucre : le ribose; et de quatre (4) composés azotés, qui sont les bases : adénine, uracile qui s'est substitué à la thymine, guanine et cytosine, ou en abrégé : A, U, G, C.

L'alphabet de l'ARN ressemble beaucoup à celui de l'ADN. Il comprend quatre (4) symboles dont trois (3) sont identiques à l'alphabet de l'ADN. Chez l'ARN, les deux (2) bases purines correspondent à l'adénine et à la guanine et les bases pyrimidines correspondent aux bases cytosine et uracile. Les différences entre les nucléotides à ARN de ceux à ADN viennent du sucre, qui dans l'ARN est du ribose au lieu du désoxyribose et d'une base, l'uracile, qui s'est substituée à la thymine. Les trois (3) autres bases des nucléotides à ARN ne sont aucunement modifiées si on les compare aux nucléotides à ADN et il en est de même du groupe phosphate (Fig. 5.12 et Fig. 5.13).

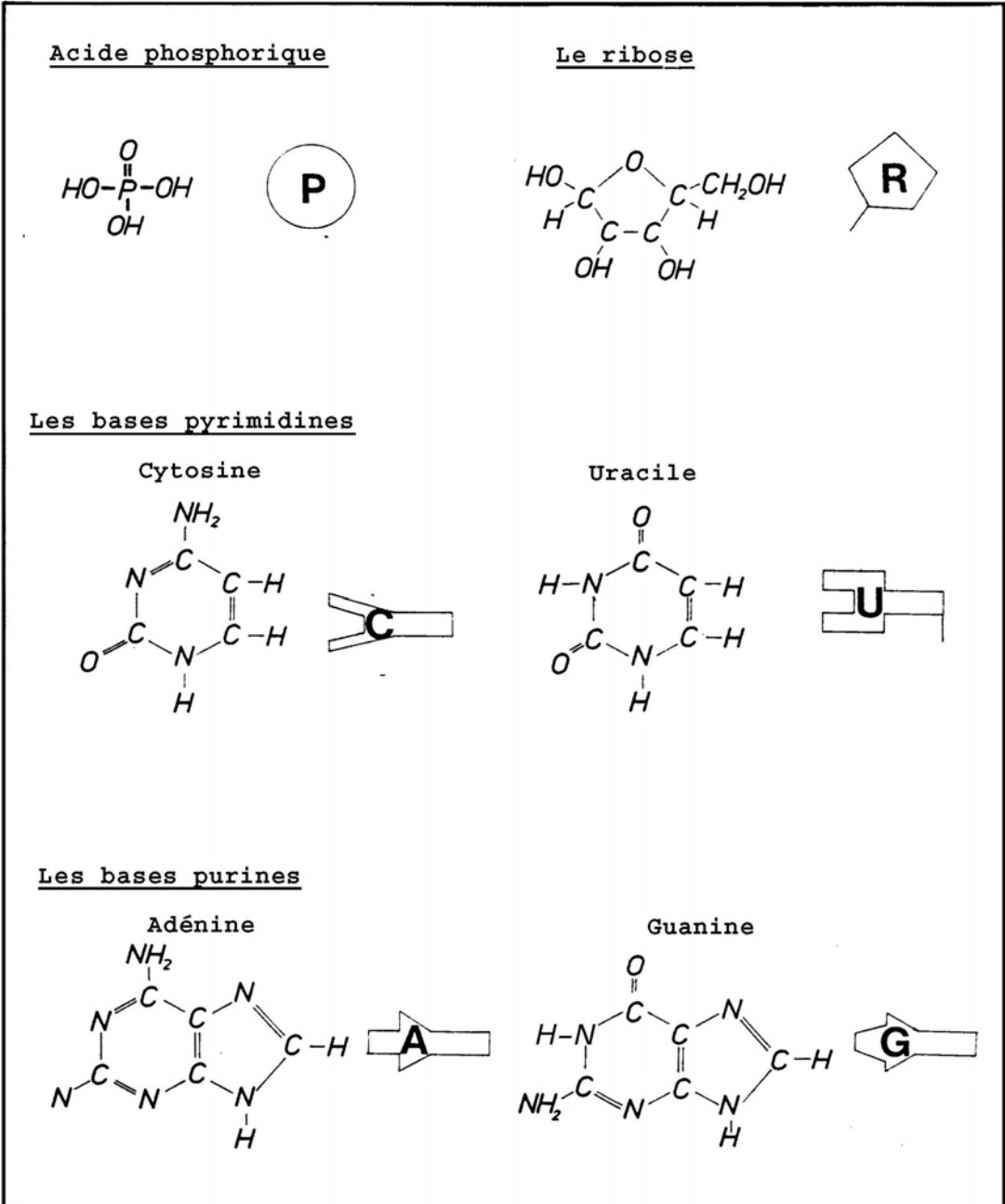


Fig. 5.12 Représentation chimique et symbolique des structures composant l'ARN

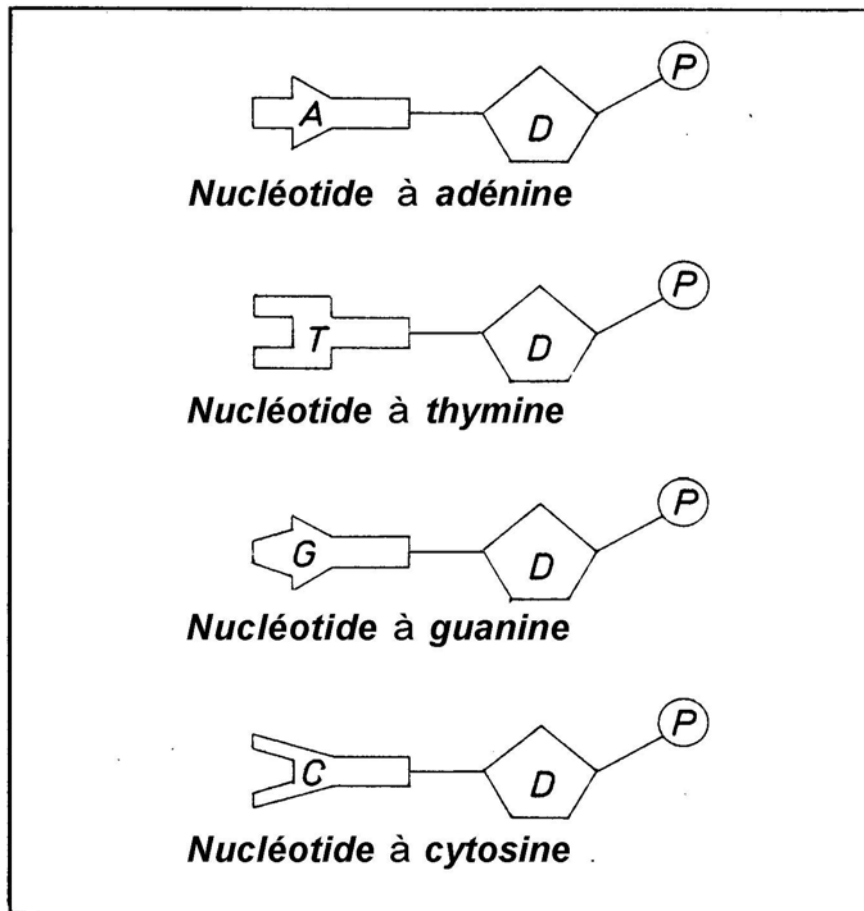


Fig. 5.13 Représentation symbolique des nucléotides à ARN

LA RELATION ENTRE LE LANGAGE CODÉ DE L'ADN ET CELUI DE L'ARN

Tant de ressemblances entre les alphabets de ces molécules d'ADN et d'ARN, signifieraient-elles qu'il existe un lien possible entre les deux (2) sortes d'alphabets ? Si oui, quelles sont les différentes étapes entre les instructions codées émises par l'ADN dans sa forteresse nucléaire et le produit final, soit : les protéines spécifiques formées dans le

cytoplasme ? Et quel est le rôle de l'ARN dans tous ces processus de synthèse protéique ?

La chaîne d'ADN sert de modèle pour construire de nouvelles molécules d'ARN dans le noyau de la cellule et, à ce moment, l'ADN transpose fidèlement ses spécifications en alphabet ARN. Il se forme le même couplage de nucléotides que pendant la duplication de l'ADN. Souviens-toi cependant que dans la chaîne de l'ARN, l'uracile remplace la thymine de l'ADN. En raison de la forme des molécules de nucléotides, le A de l'adénine se traduit par U dans l'ARN, le C de l'ADN par G dans l'ARN, le T de l'ADN par A dans l'ARN et ainsi de suite. La formation d'un triplet UUU de l'ARN est alors la traduction de AAA chez la molécule de l'ADN et ainsi de suite. Le langage de communication de l'alphabet ADN se retransmet en alphabet ARN par la complémentarité du couplage des nucléotides entre les deux (2) molécules (Fig. 5.14).

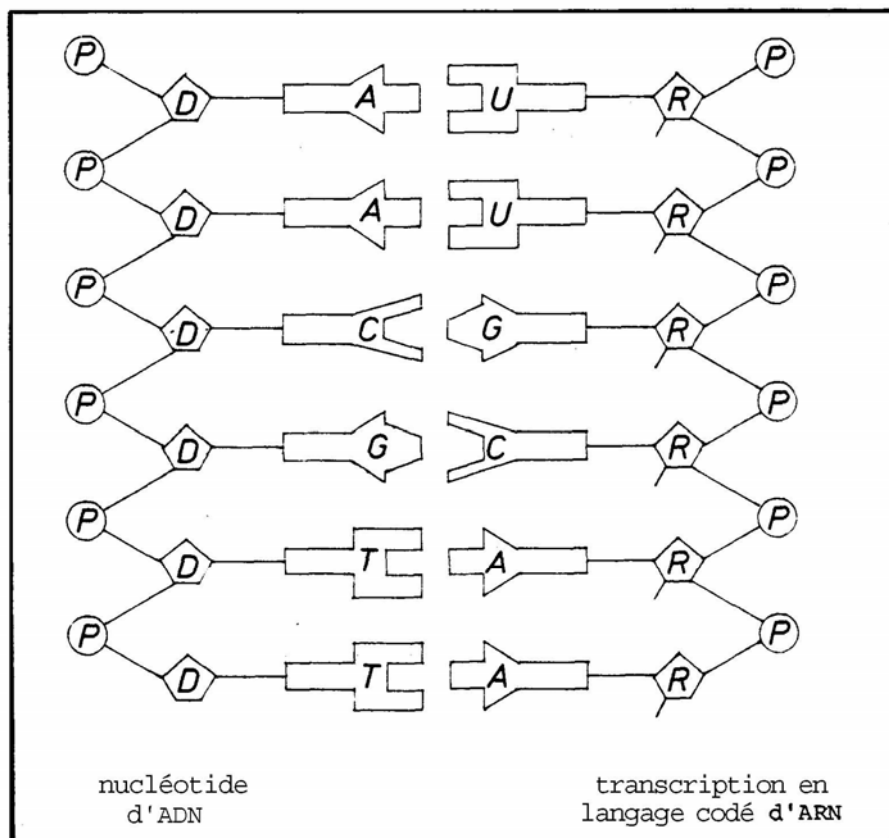


Fig. 5.14 Représentation symbolique de la transcription de l'alphabet à ADN en lettres d'ARN dans une portion d'hélice

LA SYNTHÈSE DE L'ARN : LA TRANSCRIPTION

Maintenant que nous connaissons tous les morceaux du casse-tête qui conduit à la synthèse protéique, reprenons le problème comme ceci : le dédoublement de l'ADN s'est effectué, la cellule mère a produit deux (2) cellules filles qui ont toutes deux reçu la même information génétique. Ces deux (2) cellules filles ont besoin de protéines pour assurer leur survie, alors que se passe-t-il maintenant dans le noyau cellulaire pour répondre à ce besoin ?

Comme c'est l'ADN qui est responsable de toute la vie cellulaire, c'est à lui qu'incombe la responsabilité d'assurer au cytoplasme l'apport en protéines dont il a besoin. Cependant, l'ADN ne peut courir le risque d'aller se balader dans le cytoplasme pour y fabriquer des protéines; il y mettrait sa propre survie en danger et du même coup, celle de la cellule. Donc l'ADN, qui est trop précieux pour quitter sa forteresse nucléaire, va s'acquitter de sa tâche en synthétisant des patrons de travail identiques à sa propre structure qui vont aller dans le cytoplasme effectuer le boulot exigé. Ces patrons de travail que l'on appelle *ARN messenger* et *ARN de transfert* reçoivent alors toute l'autorité nécessaire de la molécule d'ADN. La transmission de cette autorité d'une molécule à l'autre est un processus précis de *duplication* de l'ADN en ARN nommé *transcription*.

Dans un premier temps, la molécule d'ADN responsable de la synthèse des deux ARN, se dégrade en son centre, tout comme une fermeture éclair et les deux *torons* composant la double hélice se séparent l'un de l'autre. Ce phénomène qui se produit est semblable à celui rencontré lors du dédoublement de l'ADN. Au même moment, les nucléotides à ARN, qui flottent librement

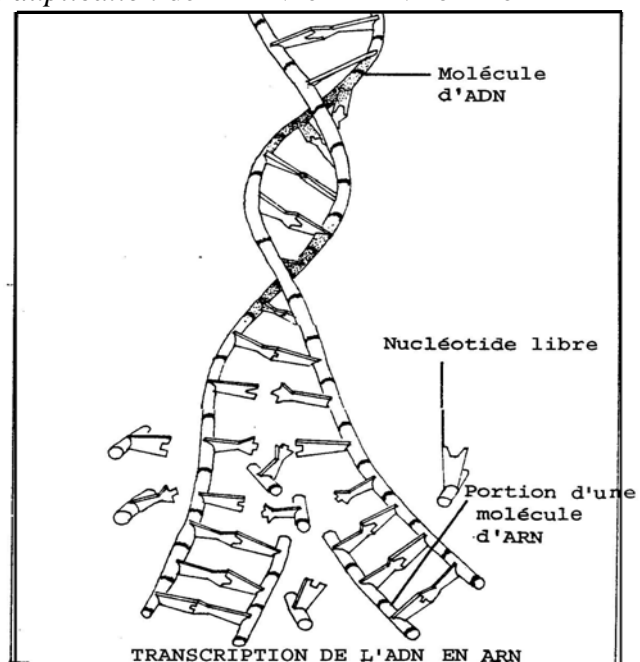


Fig. 5.15 L'ADN se dégrade en son centre et les deux ARN commencent leur synthèse

dans le noyau, convergent vers les deux (2) *torons* séparés (Fig. 5.15). Les nucléotides à ARN complémentaires à ceux de l'ADN s'apparient l'un à l'autre. Le nucléotide à adénine de l'ARN complète le nucléotide à thymine de l'ADN. L'uracile de l'ARN se lie à l'adénine de l'ADN. La cytosine de l'ARN se lie à la guanine de l'ADN et la guanine de l'ARN complète la cytosine de l'ADN. C'est ainsi que le processus de *transcription* du langage ADN en langage ARN s'exécute. Les deux (2) molécules d'ARN à brin simple ainsi synthétisées sont des répliques exactes de la molécule d'ADN tout en étant complémentaires l'une de l'autre.

Sur l'un des deux (2) *torons*, l'ADN délègue son autorité en produisant une molécule à filament simple appelée *ARN messenger*. Cet ARN messenger servira de patron de travail à la synthèse des protéines dans le cytoplasme cellulaire. Sur le second *toron*, l'ADN élabore des filaments simples, plus courts, appelés *ARN de transfert*. Les *ARN de transfert* sont chargés d'acheminer la matière première que sont les acides aminés vers la chaîne de montage qu'est l'ARN messenger.

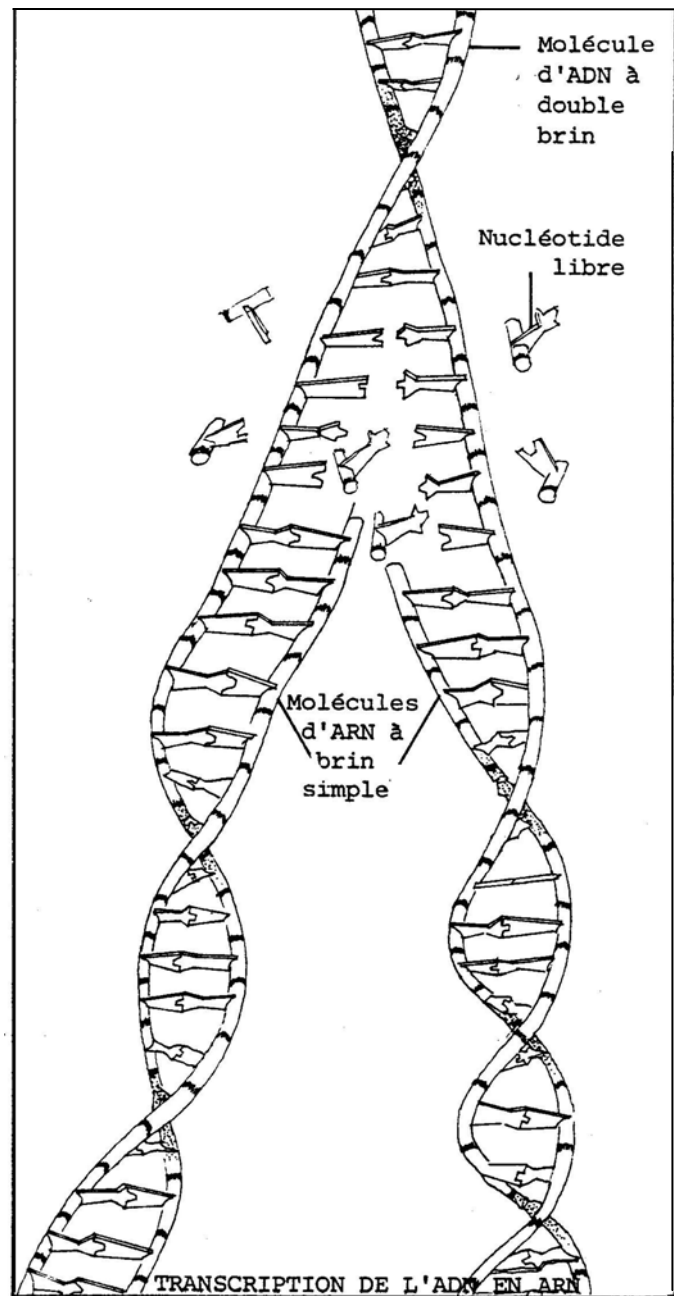
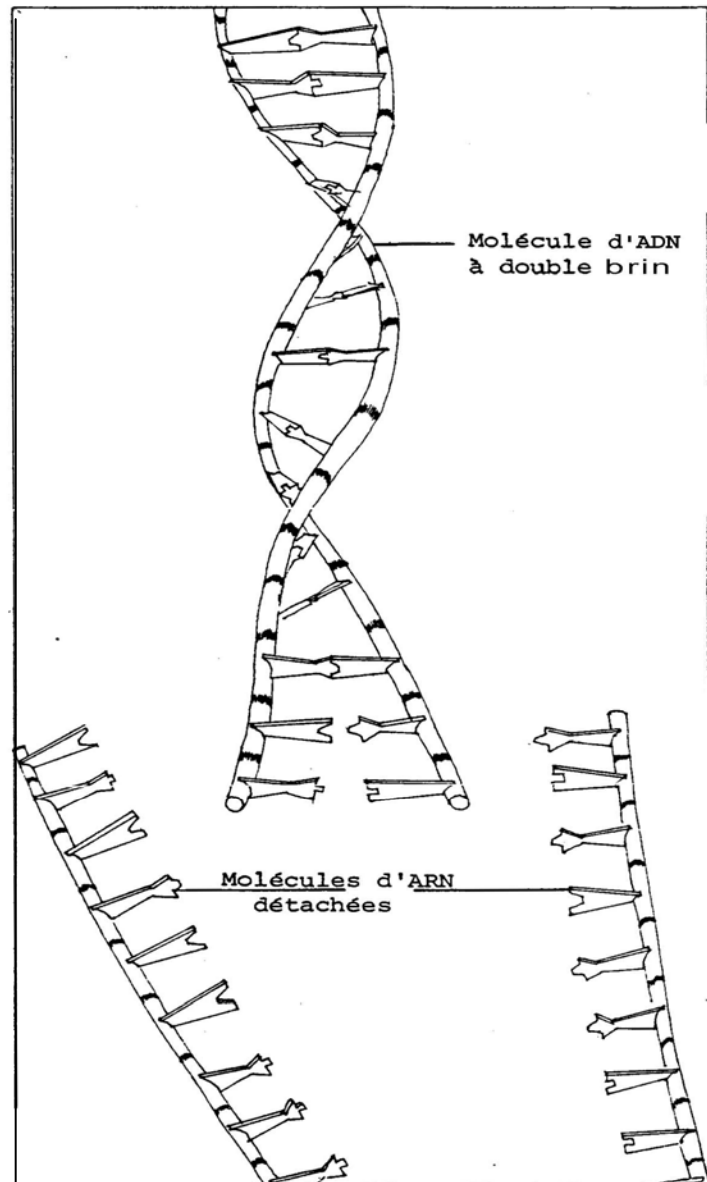


Fig. 5.16 La synthèse des deux ARN est une réplique exacte de la molécule d'ADN

La dernière étape est caractérisée par le détachement des deux (2) ARN des torons d'ADN qui eux, se rattachent l'un à l'autre. Aussitôt libérées des *torons* d'ADN, les deux types de molécules d'ARN passent dans le cytoplasme cellulaire.

L'ARN messenger est une grosse molécule qui ne peut pas se déplacer sans créer tout un remue-ménage dans le cytoplasme cellulaire. Elle va se fixer bien sagement sur les ribosomes qui en sont l'hôte. Les ARN de transferts, sont déjà de petites molécules comprenant chacune un triplet de nucléotides (un triplet comprend trois (3) nucléotides et le langage codé de l'ARN est formé de mots de trois (3) lettres correspondant aux trois (3) nucléotides qu'elles représentent) lorsqu'ils pénètrent dans le cytoplasme cellulaire.



FIN DE LA TRANSCRIPTION D'ADN EN ARN

Fig. 5.17 L'ADN se rattache et les deux molécules d'ARN à simple brin quittent le noyau cellulaire

Le rôle des ARN de transfert est d'acheminer les acides aminés vers les chaînes de montage où ils seront fixés les uns aux autres dans l'ordre requis pour la construction des protéines.

LA TRADUCTION ET LA SYNTHÈSE PROTÉIQUE

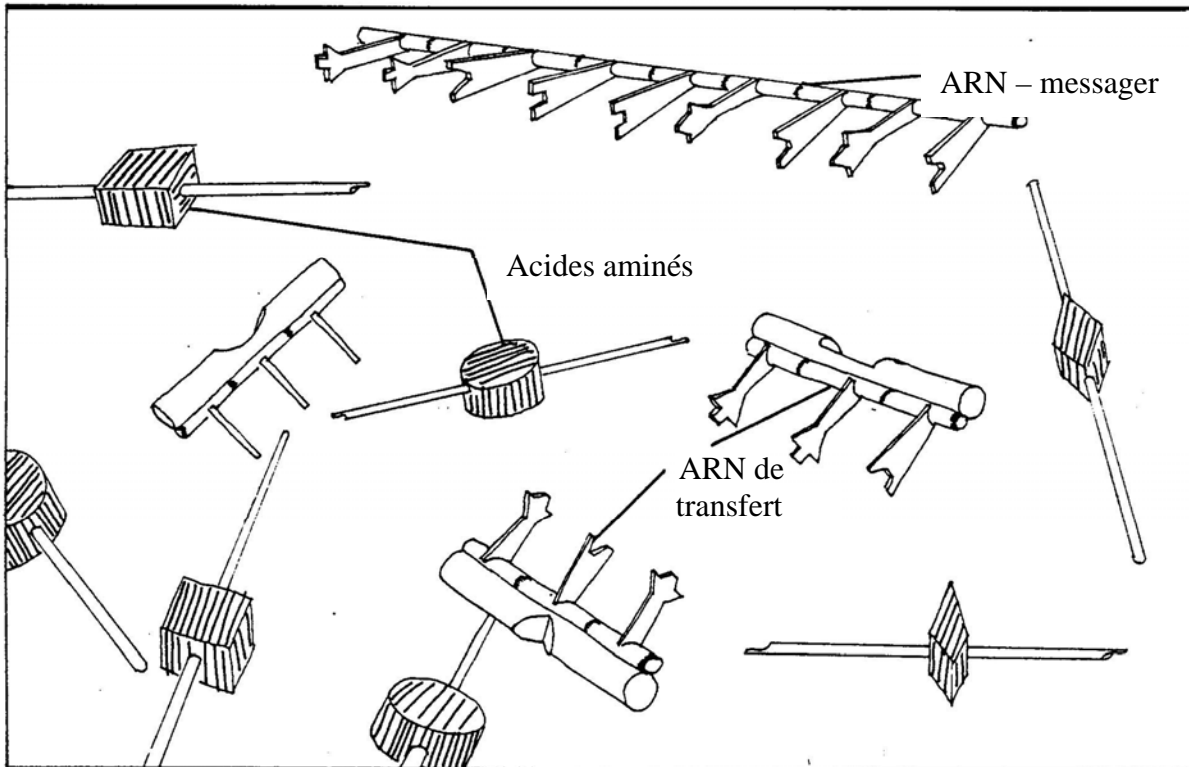


Fig. 5.18 Représentation schématique de l'ARN de transfert à la recherche d'acides aminés dans le cytoplasme cellulaire.

À la Fig. 5.18, trois (3) acides aminés représentés par des formes géométriques sombres attirent chimiquement les filaments de l'ARN de transfert qui les complètent parfaitement. Comme il existe vingt (20) acides aminés, il y a au moins vingt (20) équipes de travailleuses à la recherche d'un acide aminé particulier. Tout en haut du schéma, l'ARN messenger se prépare à la lecture du code de l'ARN de transfert pour synthétiser la bonne protéine.

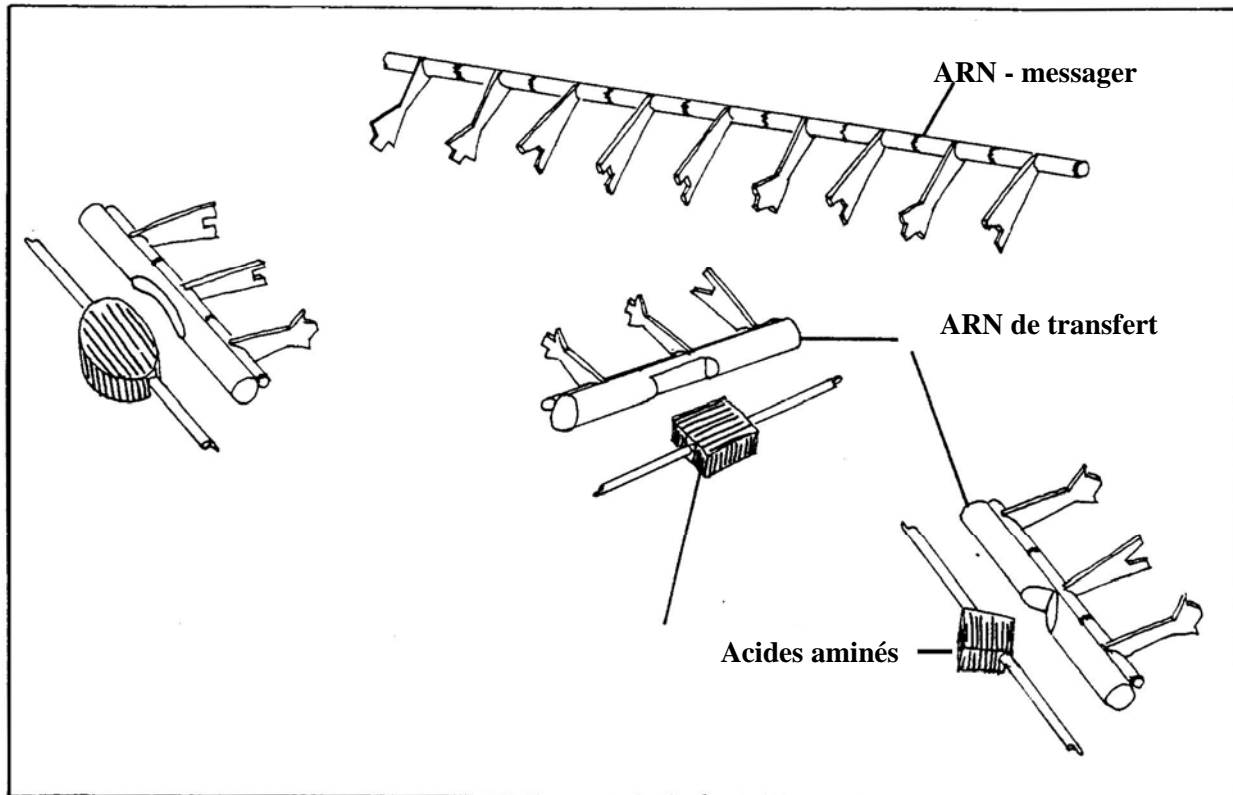


Fig. 5.19 Représentation stylisée de l'attraction entre l'acide aminé et l'ARN de transfert

À la Fig. 5.19, trois (3) entités d'ARN de transfert se préparent à se lier à un acide aminé particulier pour le conduire à l'ARN messenger. L'attraction chimique instigatrice du rapt est symbolisée par les trois (3) encoches de formes différentes placées dans le support des molécules d'ARN de transfert. Chacune des séquences particulières qui capte un acide aminé ne s'imbrique qu'au seul emplacement disponible sur le filament de l'ARN messenger. Comme l'ARN de transfert a été synthétisé complémentaiement à l'ARN messenger, il se fixe à l'endroit correspondant sur la chaîne.

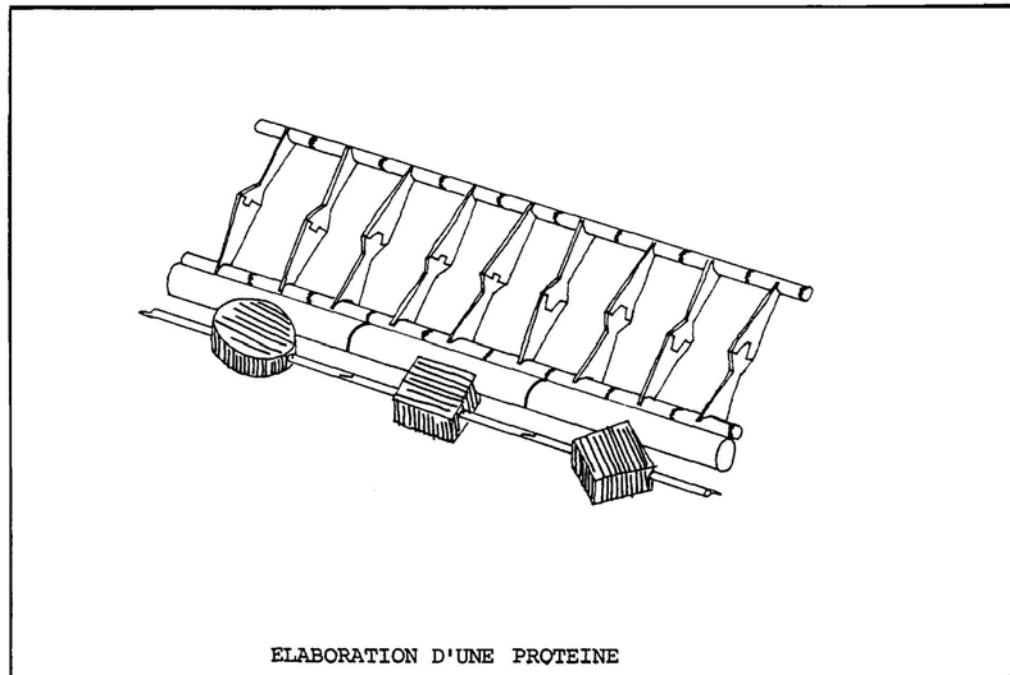


Fig. 5.20 L'ARN messager, les ARN de transfert et les trois (3) acides aminés sont liés pour former une protéine

Les filaments d'ARN de transfert ayant saisi leurs proies, ils s'approchent à tour de rôle d'un des deux bouts de l'ARN messager. C'est à ce moment que se fait la lecture ou *traduction* des trois (3) nucléotides qui se présentent à lui. S'ils sont complémentaires aux trois premiers nucléotides qui commencent la chaîne, ils s'uniront et le premier acide aminé qui composera la protéine sera fixé. Si la lecture montre que les trois (3) nucléotides qui se présentent à lui ne sont pas complémentaires aux trois premiers qui forment sa chaîne, il les repousse dans le cytoplasme et fait la lecture des trois suivants qui se présentent à lui. Une fois le premier acide aminé fixé, c'est au tour des trois nucléotides suivants à refaire le même manège qui se répétera jusqu'à ce que toute la protéine soit fabriquée. Une fois fabriquée, la protéine se libère très rapidement et va accomplir la tâche qui lui est assignée.

Bien qu'il n'y ait que vingt (20) acides aminés, le nombre de combinaisons possibles dans une protéine complexe, édifiées selon le modèle d'un ARN messenger contenant des centaines ou des milliers d'ordres, est astronomique.

Les exemples ci-dessous nous montrent ce qui se passe lors de la transmission de l'alphabet ADN en ARN et le résultat obtenu.(Fig.5.21)

| <u>Triplet ADN</u> | <u>Triplet ARN</u> | <u>Acide aminé codé</u> |
|--------------------|--------------------|-------------------------|
| AAA | UUU | phénylalanine |
| ACC | UGG | glycine |
| AGC | UCG | arginine |
| ATT | UAA | lysine |
| ATG | UAC | histidine |
| AAG | UUC | sérine |

Fig. 5.21 Tableau du langage ADN et ARN et de quelques acides aminés

À titre d'information seulement, le tableau ci-dessous montre les différents triplets d'ADN pour coder les vingt (20) acides aminés possibles.

| | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----------|-----|----------------|-----|-------------|
| AAA | Phénylalanine | AGA | Sérine | ATA | Tyrosine | ACA | Cystéine |
| AAG | Phénylalanine | AGG | Sérine | ATG | Tyrosine | ACG | Cystéine |
| AAT | Leucine | AGT | Sérine | ATT | STOP | ACT | STOP |
| AAC | Leucine | AGC | Sérine | ATC | STOP | ACC | Tryptophane |
| GAA | Leucine | GCA | Proline | GTA | Histidine | GCA | Arginine |
| GAG | Leucine | GCG | Proline | GTG | Histidine | GCG | Arginine |
| GAT | Leucine | GCT | Proline | GTT | Glutamine | GCT | Arginine |
| GAC | Leucine | GCC | Proline | GTC | Glutamine | GCC | Arginine |
| TAA | Isoleucine | TGA | Thréonine | TTA | Asparagine | TCA | Sérine |
| TAT | Isoleucine | TGG | Thréonine | TTG | Asparagine | TCG | Sérine |
| TAG | Isoleucine | TGT | Thréonine | TTT | Lysine | TCT | Arginine |
| TAC | Méthionine | TGC | Thréonine | TTC | Lysine | TCC | Arginine |
| CAA | Valine | CGA | Alanine | CTA | Asparagine | CCA | Glycine |
| CAT | Valine | CGG | Alanine | CTG | Asparagine | CCG | Glycine |
| CAG | Valine | CGT | Alanine | CTT | Ac. glutamique | CCT | Glycine |
| CAC | Valine | CGC | Alanine | CTC | Ac. glutamique | CCC | Glycine |

Noter que plusieurs triplets différents peuvent coder pour le même acide aminé. Aussi, trois triplets signifient la fin d'une recette désirée : triplets STOP.

1. Interphase :
 - Duplication : synthèse ou reproduction de l'ADN
ADN \longrightarrow ADN
 - Transcription : synthèse des ARN
ADN $\begin{matrix} \nearrow & \text{ARNm} \\ \searrow & \text{ARNt} \end{matrix}$
 - Traduction : synthèse des acides aminés qui composent les protéines
ARNm et ARNt \longrightarrow acides aminés

2. Mitose : Division de la cellule en cellules filles

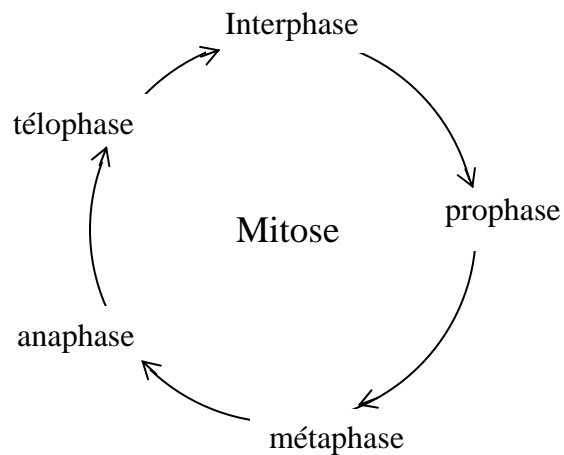


Fig. 5.22 Les étapes du cycle vital de la cellule : alternance de la mitose et de l'interphase.

| |
|-----------|
| EXERCICES |
|-----------|

Objectif terminal 5

a) Quelle est l'unité fondamentale constituant la molécule d'ADN ?

b) Quelle est l'unité fondamentale de la transmission d'un caractère ?

c) Quelles sont les molécules importantes contenues dans les noyaux cellulaires ?

d) Quels sont les deux (2) types d'acides nucléiques que l'on retrouve dans les noyaux cellulaires ?

e) Vrai ou faux

1. L'ADN ou l'acide désoxyribonucléique contient de l'acide phosphorique, du désoxyribose et quatre (4) bases azotées possibles. _____

2. L'adénine, la thymine, la cytosine et la guanine sont les bases que l'on peut retrouver dans une molécule d'ADN. _____

3. Les bases purines comprennent les bases cytosine et thymine. _____

4. Les bases pyrimidines comprennent les bases adénine et guanine. _____

5. Un nucléotide à ADN peut être formé de la base guanine, du sucre désoxyribose et du groupe phosphate. _____
6. Les quatre (4) bases à ADN peuvent former quatre (4) nucléotides à ADN si chacune d'elles est liée au désoxyribose et au groupe phosphate. _____
7. Un nucléotide à ADN constitue la plus petite unité de la molécule d'ADN. _____
8. Un nucléotide renferme plusieurs informations génétiques. _____
9. C'est un ordre défini de dizaines ou de centaines de nucléotides qui peut transmettre une information génétique. _____
10. Un caractère est représenté par une molécule d'ADN. _____
11. Le chromosome est constitué d'une molécule d'ADN. _____
- f) Quelle est la représentation spatiale de la molécule d'ADN imaginée par Crick et Watson ?

g) Construis le schéma d'une molécule d'ADN en employant six (6) bases adénine, six (6) bases thymine, trois (3) bases guanine, trois (3) bases cytosine, dix-huit (18) sucres et dix-huit phosphates.

h) Décris le processus de duplication de la molécule d'ADN.

i) Pourquoi peut-on dire que la molécule d'ADN sert de patron de vie?

j) Qu'est-ce qu'un code ?

k) Vrai ou faux

1. Une protéine est un assemblage d'acides aminés. _____

2. On dénombre vingt (20) acides aminés chez l'être humain. _____

3. Le code biologique doit être constitué d'au moins vingt (20) messages distincts pour coder les vingt (20) acides aminés. _____

4. La codification d'un acide aminé exige trois (3) nucléotides. _____

l) Pourquoi est-il nécessaire que le code biologique soit formé d'associations de trois (3) nucléotides ?

m) Vrai ou faux

1. L'ARN est un acide nucléique qui transmet et véhicule l'information reçue de l'ADN. _____

2. L'ARN est composé du groupe phosphate, du sucre désoxyribose et de bases. _____

3. Ce qui différencie l'ARN de l'ADN est le sucre ribose qui s'est substitué au sucre désoxyribose et la base uracile qui s'est substituée à la base thymine. _____

4. Quatre (4) nucléotides à ARN constituent les plus petites unités de la molécule. _____

n) Explique le processus de synthèse des molécules à ARN dans le noyau.

o) Vrai ou faux

1. L'ARN messenger se détache du toron de l'ADN et passe dans le cytoplasme où il sert de patron de travail. _____

2. L'ARN messenger se lie aux ribosomes dans le cytoplasme cellulaire. _____

3. L'ARN de transfert qui achemine les différents acides aminés à l'ARN messenger se fixe toujours aux trois (3) premiers nucléotides de l'ARN messenger qu'il rencontre. _____

4. Un ARN de transfert peut coder pour deux (2) acides aminés différents. _____

SYNTHÈSE

LA CELLULE ET SES COMPOSANTES

Ce module t'a permis de découvrir l'unité fondamentale de toute matière vivante: la cellule.

Ce sont les observations microscopiques, ainsi que les techniques d'analyses microbiologiques hautement sophistiquées qui ont permis aux chercheurs de nous révéler peu à peu les secrets de la cellule. Aujourd'hui, nous savons que la cellule se compose d'un noyau dense, baignant dans un fluide clair entouré d'une membrane cellulaire. Dans ce noyau, siègent les composantes suivantes: le nucléoplasme, les nucléoles et le réseau de chromatine. La membrane nucléaire établit une barrière entre le noyau et le reste de la cellule. Dans le fluide translucide qui entoure le noyau, on retrouve les composantes qui assurent la croissance de la cellule. Ce sont le cytoplasme, les mitochondries, les lysosomes, les ribosomes, le réticulum endoplasmique, l'appareil de Golgi et les centrioles. La membrane cellulaire délimite la cellule de son environnement extracellulaire.

La fonction du noyau est très complexe et elle peut se comparer très facilement au plus perfectionné des ordinateurs. En effet, de par son contenu, le noyau dirige l'activité et le métabolisme de tous les organites baignant dans le cytoplasme. Ce n'est pas tout, car il s'assure de sa propre survie en se reproduisant très fidèlement.

La fonction des différents organites sis dans le cytoplasme est peut-être beaucoup moins complexe, mais elle n'est pas moins essentielle pour l'activité et le maintien de la cellule. Si la membrane cellulaire permet l'absorption des nutriments, c'est le cytoplasme qui les achemine aux mitochondries qui les transforment en énergie tandis que les vacuoles vont évacuer les déchets. Le réticulum endoplasmique et les ribosomes sont actifs dans la synthèse protéique et l'appareil de Golgi entrepose ces protéines. Comme tu vois, c'est l'activité complémentaire d'un organite par rapport à un autre qui fait que la cellule vit et croît. Ces activités sont sous le contrôle du noyau.

Si la composition de base de toute cellule est très semblable, il y a toutefois de petites distinctions qui existent entre la cellule animale et végétale. La cellule végétale, productrice d'énergie, possède des plastes et une paroi cellulaire que l'on ne retrouve pas chez la cellule animale. Celle-ci possède à son tour les centrioles et les lysosomes que l'on ne retrouve pas chez la cellule végétale. Les plastes synthétisent les sucres qui assurent la croissance de la plante tandis que la paroi maintient la cellule en place. De par leurs distinctions, la cellule végétale est qualifiée de cellule productrice d'énergie et la cellule animale de consommatrice d'énergie. Finalement, les deux cellules se complètent car si l'une produit de l'énergie, l'autre la consomme et rend à la nature ce que la première requiert pour croître de nouveau.

Même si plusieurs secrets de l'entité cellulaire nous ont été livrés, il demeure qu'il reste toujours des choses inconnues et que c'est l'apport de méthodes d'analyse encore plus sophistiquées que celles que nous connaissons qui nous fera découvrir encore plus profondément l'unité fondamentale de toute forme de vie : la cellule.

ABSORPTION ET EXCRÉTION

Les recherches effectuées nous montrent que la membrane cellulaire est formée d'une couche de protéines sur sa face interne et externe. Cette double couche de protéines est séparée par une double couche de lipides. Les perforations à travers cette membrane qui sont tapissées de protéines, sont les pores cellulaires. Les pores cellulaires permettent les échanges entre l'environnement cellulaire et l'intérieur de celle-ci. La couche de protéines à l'intérieur du pore permet le passage de certaines substances et en retient d'autres à l'extérieur de la cellule.

La membrane cellulaire est sélective et parmi les moyens d'échange entre l'intérieur de la cellule et son environnement, nous retrouvons des mécanismes passifs et actifs. Les mécanismes passifs sont la diffusion et l'osmose, alors que les mécanismes actifs sont la phagocytose et le transport actif. La diffusion est le processus par lequel la concentration des molécules tend à s'uniformiser dans un milieu donné. C'est le processus

qui permet la libre circulation à travers la membrane de gaz, comme l'oxygène et le dioxyde de carbone, de liquide comme l'eau et l'alcool et finalement de certains ions comme ceux du sodium, du potassium et du chlore. L'osmose est un phénomène de transport à travers la membrane cellulaire qui permet la sortie ou l'entrée d'eau dans la cellule. C'est une opération par laquelle l'eau est distribuée et redistribuée à travers les membranes cellulaires.

Par ce moyen d'échange, la cellule tend à créer un milieu de vie isotonique entre l'intérieur cellulaire et son environnement. La phagocytose est un mode nutritionnel de la cellule qui consiste à emmagasiner les bactéries, à créer une vacuole digestive tout autour et les digérer. Le transport actif se fait habituellement contre un gradient de concentration à l'intérieur de la cellule. Les processus d'excrétion cellulaire consistent en l'évacuation des déchets de la cellule et les moyens d'évacuation sont les mêmes que ceux qui consistent à ingérer des nutriments.

LA REPRODUCTION CELLULAIRE

Tu as découvert les différents modes de reproduction cellulaire qui permettent aux organismes vivants de se reproduire et de croître. Les modes de reproduction cellulaire que l'on distingue sont les suivants: l'ameiiose, la mitose et la méiose.

L'ameiiose est un moyen simple de division cellulaire que l'on rencontre chez les protozoaires, les champignons, les algues et chez les globules blancs du sang des invertébrés. Elle implique le dédoublement du noyau et ensuite la division en deux cellules filles semblables à la cellule mère.

La mitose est un processus de division cellulaire que l'on qualifie de division équationnelle. La cellule de départ possède le nombre de chromosomes de l'espèce et les deux cellules filles produites possèdent aussi le nombre de chromosomes de l'espèce. C'est ce

mode de reproduction qui permet aux individus de croître. Il est à la base de l'élaboration des plantes et des animaux.

Les cinq (5) étapes de la mitose sont: l'interphase, la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase. Consulte la Fig. S.1 pour mieux en voir le déroulement. Ce sont les cellules somatiques de notre organisme qui ont adopté ce processus de division cellulaire. Les cellules sexuelles procèdent par un autre processus : la méiose.

La méiose est un mode de reproduction cellulaire qui implique deux (2) divisions successives. La première division est dite réductionnelle et la seconde est équationnelle. Au cours de ce processus, la cellule mère de départ possède le nombre de chromosomes de l'espèce qui se dédoublent, puis suivent les deux (2) divisions cellulaires qui produisent quatre (4) cellules filles qui possèdent la moitié du nombre de chromosomes de l'espèce. L'union de deux (2) cellules filles sexuelles mâle et femelle produit alors une nouvelle cellule contenant le nombre de chromosomes de l'espèce. Ce mode de reproduction cellulaire s'effectue en une série d'étapes successives qui peuvent être comparées à deux (2) fois la division mitotique à quelques différences près. Au départ, au cours de l'interphase, l'emploi de traceurs radioactifs démontre qu'il y a duplication du matériel génétique puis suivent la prophase I, la métaphase I, l'anaphase I et la télophase I, puis une courte phase nommée intercynèse, dans laquelle aucune reproduction génétique ne se produit tout en se préparant à la deuxième division. Suivront la prophase II, la métaphase II, l'anaphase II et la télophase II. Finalement, on se retrouve avec quatre cellules filles (gamètes) possédant chacune vingt-trois (23) chromosomes. La Fig. S.2 nous montre les étapes de la méiose.

LA RESPIRATION CELLULAIRE

La production continue d'énergie a pour but de maintenir chez toi un équilibre dynamique constant. Pour produire l'énergie dont tu as besoin, ton organisme utilise les nutriments que tu absorbes et les transforme en énergie dans tes cellules.

Cette production de molécules d'ATP riches en énergie, se fait à partir de l'ADP et de phosphate inorganique en présence d'enzymes qui en contrôlent la synthèse. Ta demande énergétique varie selon ton activité aux différents moments de la journée.

La respiration cellulaire, suite de réactions chimiques catalysées par des enzymes, se divise en trois (3) séquences de réactions: la glycolyse, processus anaérobie, le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire. Ces deux (2) derniers sont des processus aérobies ou nécessitant la présence d'oxygène.

Tu trouveras sur le schéma de la Fig. S.3 un résumé de la production énergétique nette ainsi que les différentes étapes de cette production.

Aucune étape n'est plus importante que l'autre dans la dégradation des nutriments qui sont convertis en énergie. C'est plutôt une suite ordonnée et logique de réactions qui s'enchaînent les unes après les autres dues à un ensemble de contrôles exercés par les enzymes, les coenzymes et les besoins de l'organisme.

L'efficacité des mitochondries dans cette production énergétique n'a pas d'égal et dépasse même de loin les techniques connues de transformation d'énergie potentielle sous quelque forme que ce soit.

DUPLICATION DE L'ADN

Dans cet objectif, tu as découvert les mécanismes inhérents à la duplication de l'ADN et à la synthèse de l'ARN, qui font que de l'unique cellule dont tu étais composé au JOUR UN, tu es devenu un individu formé de quelques milliards de cellules.

Remontons le fil des années, afin de retourner à ce JOUR UN. Suite à la copulation parentale, une première cellule émerge. Elle provient de la fusion d'un spermatozoïde et de l'ovule. Ces deux (2) cellules sexuelles qui fusionnent pour former ta première cellule, portent

au départ, chacune vingt-trois (23) chromosomes. Suite à la fusion, ce nombre est porté à quarante-six (46) chromosomes disposés en vingt-trois (23) paires dans cette nouvelle cellule.

Cette cellule met environ trente (30) heures au cours de la mitose pour se diviser en deux (2) cellules filles; les divisions subséquentes, quant à elles, ne prendront que de douze (12) à quinze (15) heures.

La mise en scène du premier dédoublement cellulaire s'exécute très lentement et tous les participants nucléaires s'y préparent fébrilement. Les molécules d'ADN se constituent en chromosomes et finalement, les chromosomes semblables s'apparient deux à deux.

Puis, aussitôt que la maturité cellulaire survient, une force mystérieuse secoue toute la cellule: c'est le signal de départ du déclenchement de la *duplication* cellulaire. Les molécules d'ADN commencent à se dédoubler, les *nucléotides* complémentaires s'apparient: l'adénine se lie à la thymine, la cytosine se lie à la guanine et vice versa. Les caractères génétiques se transmettent de *torons* d'ADN originaux en *torons* d'ADN en formation. Les nucléotides sont les plus petites unités constituant la molécule d'ADN. Finalement, tous les *torons* d'ADN se sont reproduits et forment quarante-six (46) paires de chromosomes. Autrement dit, d'un ensemble de vingt-trois (23) paires de chromosomes disséminés en molécules d'ADN dans le noyau, on est passé à deux (2) ensembles de vingt-trois (23) paires de chromosomes dans ce même noyau.

La cellule sur le point de se diviser, aura besoin de protéines pour survivre, et ce n'est qu'avec l'aide de l'ADN que cette survie sera assurée. Cependant, l'ADN ne peut pas courir le risque de quitter sa forteresse nucléaire pour aller exécuter des tâches dans le cytoplasme, car sa propre existence est en jeu. À partir de ses patrons de travail, l'ADN synthétise alors deux (2) délégués qui reçoivent pour mission d'aller exécuter, dans le cytoplasme cellulaire, les tâches exigées.

SYNTHÈSE DE L'ARN ET SYNTHÈSE DES PROTÉINES

Ces deux (2) délégués, l'ARN messager et l'ARN de transfert, reçoivent de l'ADN des informations codées qu'ils transposent en leur propre langage et passent ensuite dans le cytoplasme. Dans le cytoplasme, l'ARN messager, une grosse molécule qui ne se déplace pas facilement, va se fixer sur des ribosomes; c'est l'ARN messager qui sert de modèle de travail à la synthèse protéique. Les ARN de transferts, qui sont de petites molécules, ont le loisir de se déplacer facilement et, par conséquent, ce sont elles qui vont à la chasse aux acides aminés. Chaque ARN de transfert est codé pour rechercher un acide aminé particulier. Comme on compte vingt (20) acides aminés, on retrouve au moins autant d'ARN de transfert. La tâche des ARN de transfert est de se lier avec les différents acides aminés, puis de les acheminer vers l'ARN messager. L'ARN messager fait la lecture du code de l'ARN de transfert qui se présente à lui et si le code de cet ARN de transfert est complémentaire au sien, il fixe l'acide aminé qui se détache alors de l'ARN de transfert, sinon, il les rejette tous les deux. Ce même manège se répète jusqu'au moment où la protéine est synthétisée. Une fois toutes les protéines synthétisées et la survie cellulaire assurée, on assiste de nouveau à la croissance de la cellule; puis survient la maturité et de nouveau, c'est la duplication. La Fig. S. 4 nous montre les étapes de la synthèse d'une protéine.

Au cours de la mitose, chacun des deux (2) ensembles de vingt-trois (23) paires de chromosomes se retrouve dans une des deux (2) cellules filles qui apparaissent. Ces deux (2) cellules filles portent alors le même contenu génétique que la première cellule à s'être formée. Elles sont toutes deux (2) semblables à la cellule mère.

Ces même processus se sont produits des milliards de fois chez toi et toujours avec la même fidélité de reproduction. Au JOUR UN, tu n'étais composé que d'une seule cellule avec un bagage génétique. AUJOURD'HUI tu es formé de milliards de cellules avec le même bagage génétique.

MITOSE : (processus continu de division chez les cellules somatiques)

¹ **Interphase** (période entre 2 divisions consécutives)

- dans le noyau : - chromatine \square chromosomes
 - dédoublément des chromosomes (non visible)

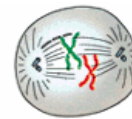
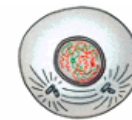


² **Prophase**

- 46 chromosomes = 92 chromatides non visibles
- centrosome (2 centrioles) se divise en 2 et se dédouble
- centrioles se dirigent vers les pôles

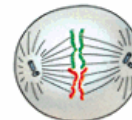
- chromosomes doublés observables
- chromatide épaissit et raccourcit

- centrioles rendus aux pôles
- organisation des fibres du fuseau
- membrane nucléaire et nucléoles disparaissent
- chromosomes se dirigent à l'équateur de la cellule



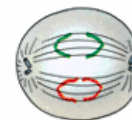
³ **Métaphase**

- chromosomes s'attachent au fuseau par leur centromère et s'alignent \square plaque équatoriale



⁴ **Anaphase**

- centromère de chaque chromosome se scinde en 2
- chaque chromatide migre vers les pôles
- membrane cellulaire s'étire
- chromatides partagés en nombre égal aux 2 pôles



⁵ **Télophase**

- chromosomes moins distincts
- membrane nucléaire se reforme

- chromosomes s'allongent et s'amincissent
- membrane nucléaire et nucléole réapparaissent
- fuseau mitotique disparaît
- cytoplasme se scinde en 2
- nouvelle membrane cytoplasmique
- 2 cellules filles contenant 46 chromosomes
- on a donc une mitose équationnelle



Fig. S.1 Division cellulaire par mitose

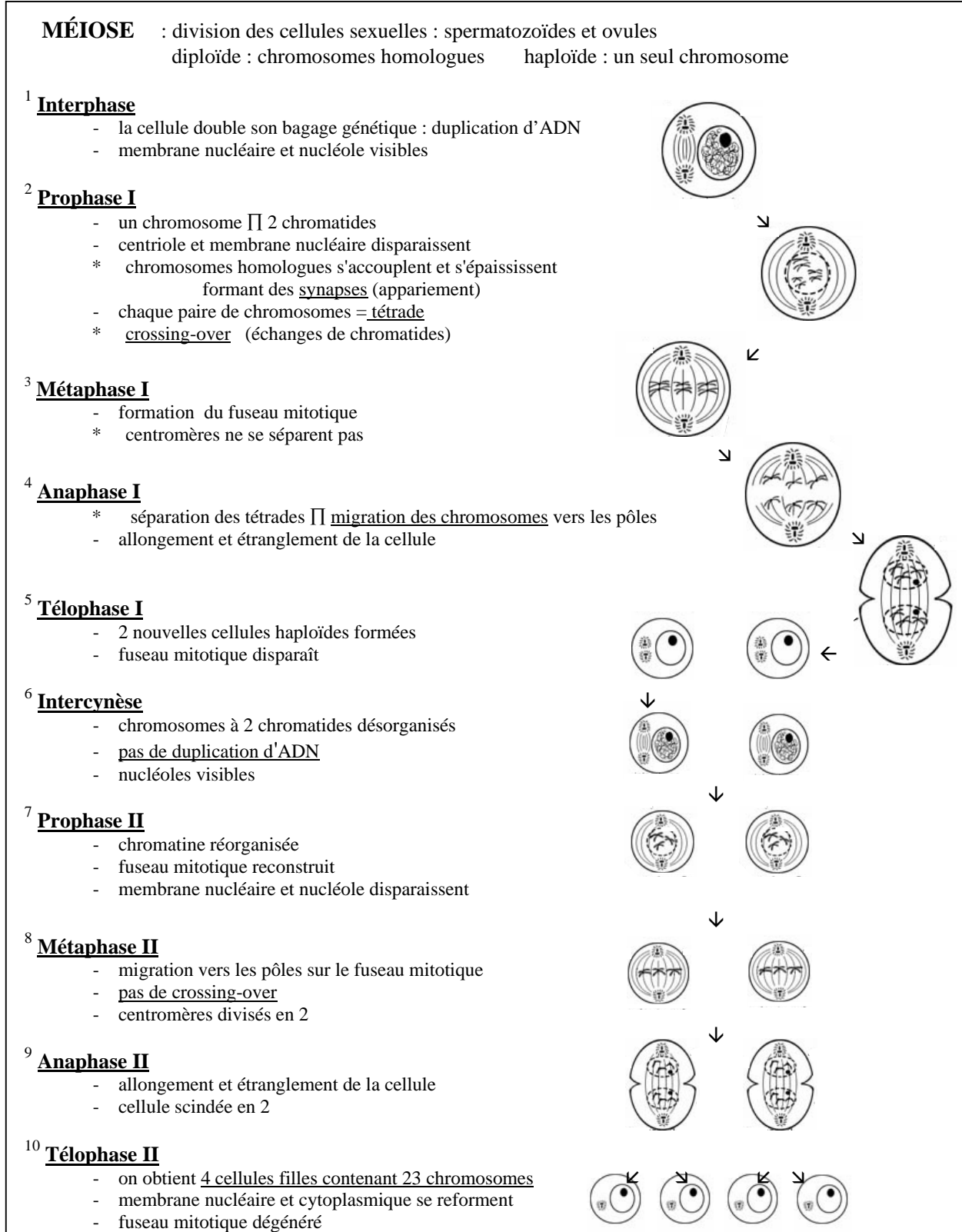


Fig. S.2 Division cellulaire par méiose

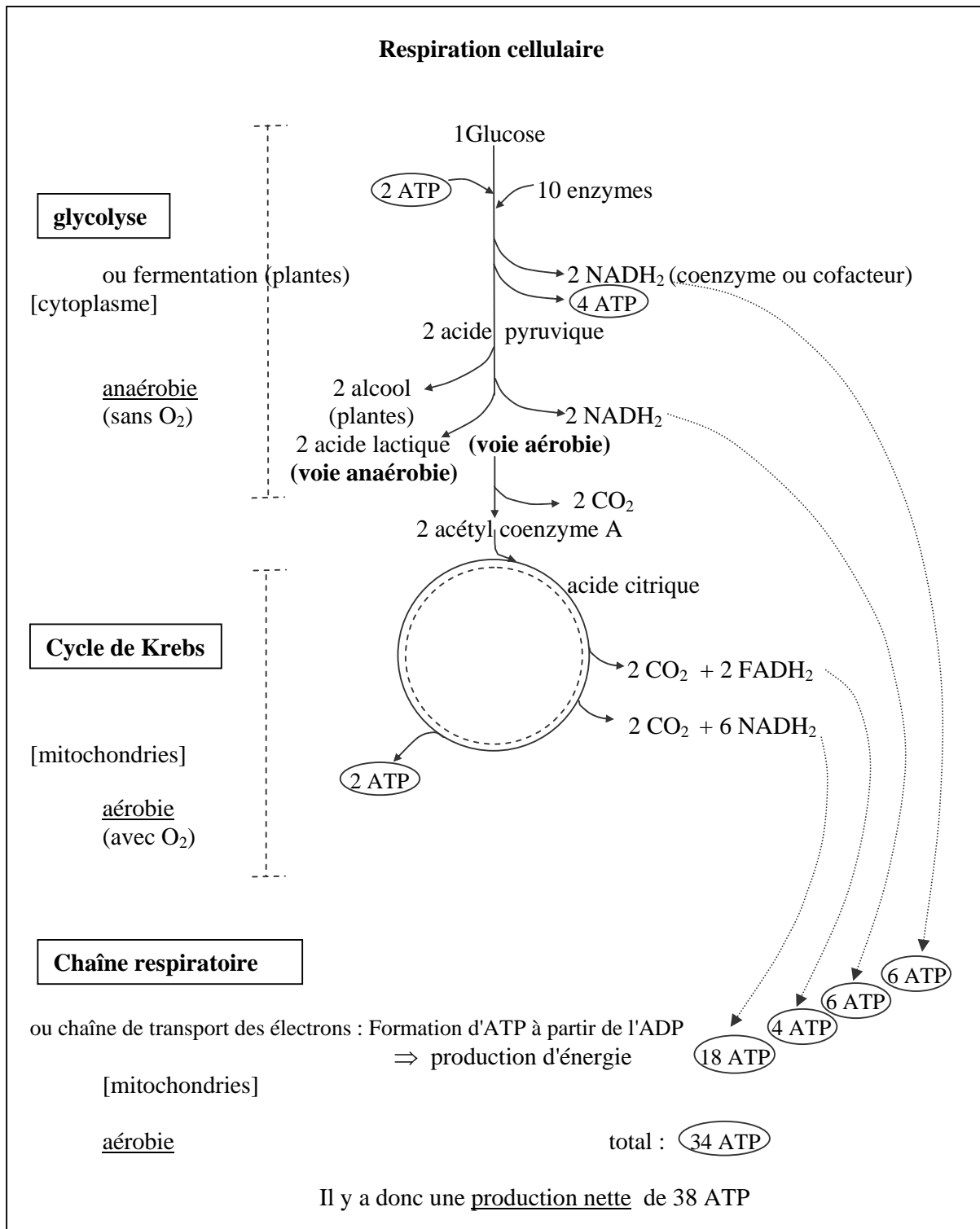


Fig. S.3 Représentation schématique de la respiration cellulaire et de sa production d'énergie

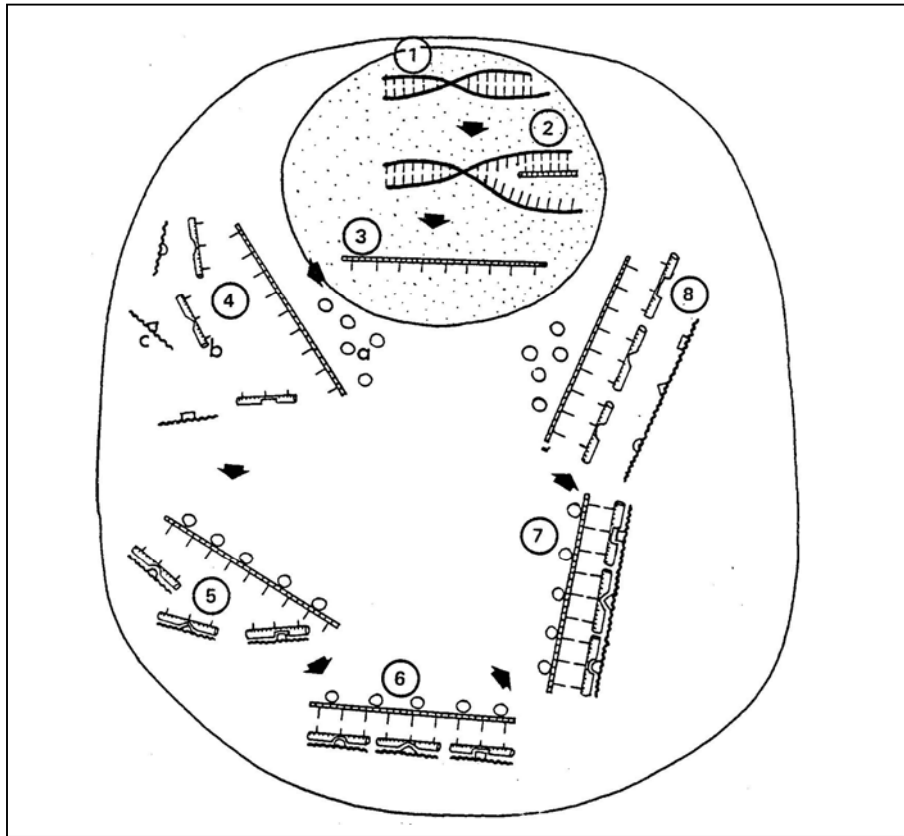


Fig. S. 4 Représentation schématique des trois étapes successives de la synthèse d'une protéine à trois acides aminés.

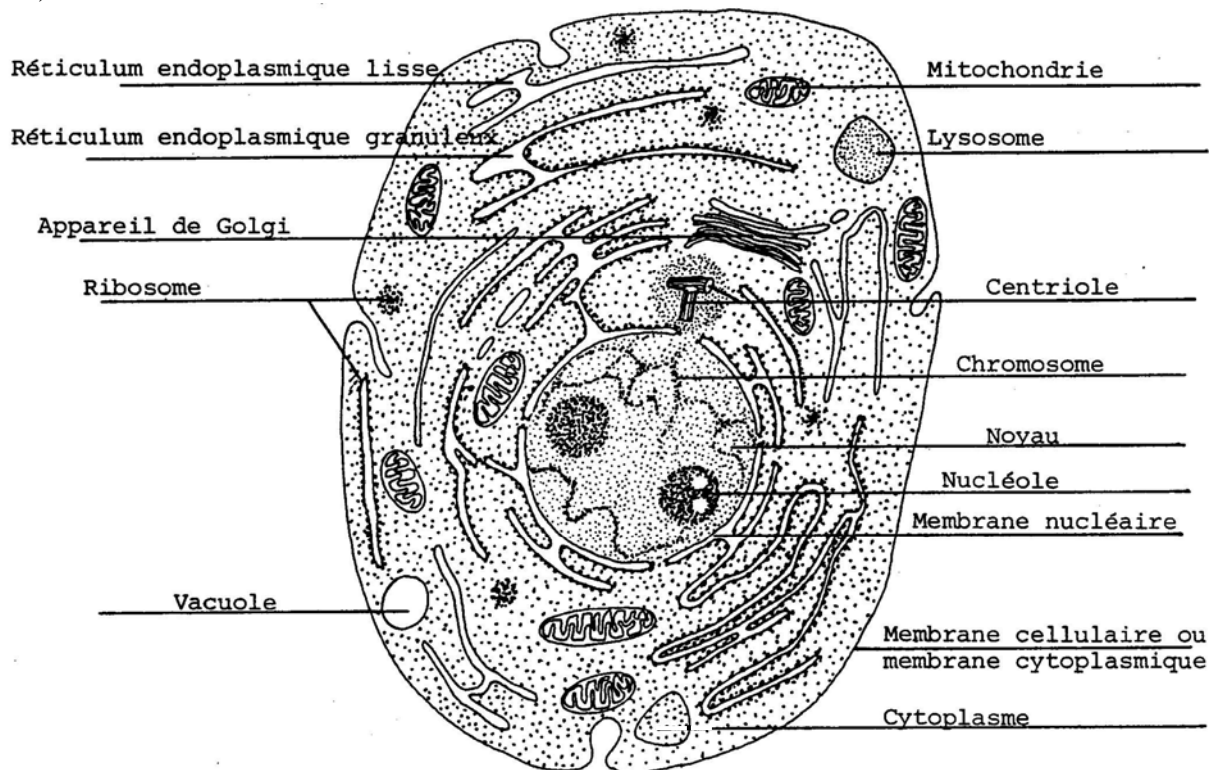
Voici la description de la synthèse d'une protéine, tel qu'illustré par la figure précédente.

- 1) Molécule d'ADN
- 2) Synthèse d'une molécule d'ARN messager à partir de l'ADN (transcription)
- 3) Libération de la molécule d'ARN messager et son transfert du noyau au cytoplasme
- 4) Molécule d'ARN messager dans le cytoplasme et son association avec (a) des ribosomes, (b) trois molécules d'ARN de transfert, c) trois acides aminés
- 5) Liaison des acides aminés aux molécules d'ARN de transfert et association des ribosomes avec la molécule d'ARN messager
- 6) Transfert des acides aminés à l'ARN messager et alignement correct
- 7) Liaison des acides aminés pour former un polypeptide
- 8) Libération du polypeptide et dissociation des ribosomes de l'ARN messager. La protéine nouvellement synthétisée est alors transportée par les canaux du réticulum endoplasmique jusqu'à la région de Golgi où elle s'entoure d'une membrane et peut être soit stoppée, soit transportée jusqu'à la surface cellulaire pour y être libérée.

EXERCICES
CORRIGÉ

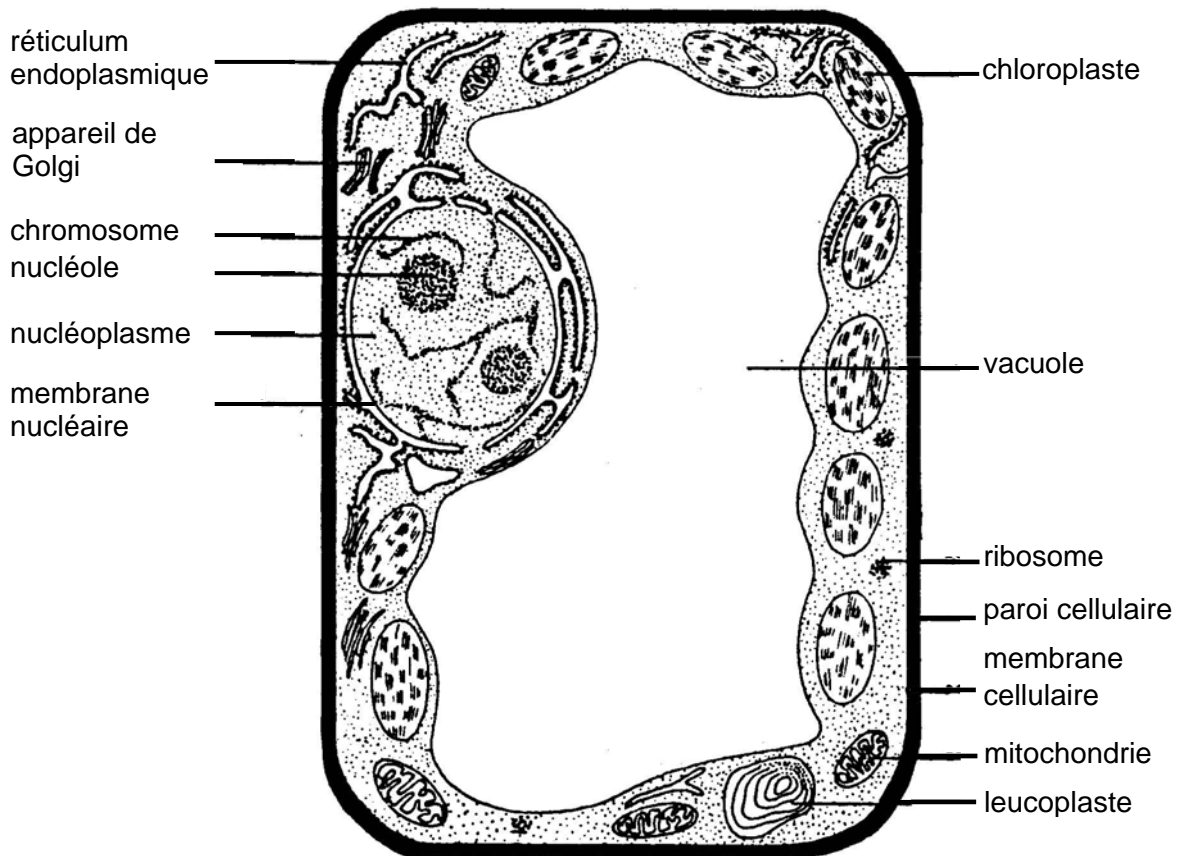
Objectif terminal 1

I a)



Cellule animale

b)



- c)
1. L'entrée par les *pores* de la *membrane cellulaire* est assez étroite mais suffisamment élastique pour laisser passer les particules qui la traversent.
 2. Le *cytoplasme* est un liquide clair où baignent les organites cellulaires.
 3. Les *mitochondries* sont un labyrinthe tout en circonvolution, ressemblant étrangement à une centrale produisant de l'énergie.
 4. La série de canaux qui parcourent le *réticulum endoplasmique* permettent de distribuer les protéines à toute la cellule.
 5. Les *ribosomes* sont situés sur le réticulum endoplasmique.

6. *L'appareil de Golgi* entrepose les produits finis. C'est une série de poches superposées.
7. Les *centrioles* sont au nombre de deux ; ils apparaissent chacun comme un cylindre formé de neuf paires de tubules.
8. Les *vacuoles* sont de petites sphères associées à la membrane cellulaire.
9. Les *lysosomes* sont riches en enzymes digestifs.
10. La *membrane nucléaire* entoure le noyau cellulaire.
11. Les *nucléoles* sont formés de granules très fins composés d'acides ribonucléiques.
12. Le *chromosome* apparaît opaque et est distribué dans tout le noyau.
13. Le *nucléole* et le *nucléoplasme* disparaissent lors de la division cellulaire.
14. La *paroi* cellulaire entoure la cellule végétale.
15. Les *chloroplastes* sont des corpuscules que l'on rencontre chez les cellules végétales; les zones sombres qui me traversent s'appellent *grana* et les zones pâles *stroma*.
16. Certains *plastides* effectuent la photosynthèse et s'appellent *chloroplastes*. Si je suis incolore, on m'appelle *leucoplaste* et si je suis jaune ou rouge, on m'appelle *chromoplaste*.
17. La *cellule* est l'unité fondamentale de toute vie animale et végétale.

- d)
- | | | | |
|----|---|-----|---|
| 1. | C | 7. | H |
| 2. | A | 8. | F |
| 3. | E | 9. | J |
| 4. | G | 10. | I |
| 5. | B | 11. | L |
| 6. | D | 12. | K |

- II a)
1. Le cytoplasme
 2. La membrane cellulaire
 3. La mitochondrie
 4. Le réticulum endoplasmique
 5. La mitochondrie
 6. Les ribosomes
 7. L'appareil de Golgi
 8. Centriole
 9. Vacuoles
 10. Lysosomes
 11. Noyau cellulaire
 12. Les nucléoles
 13. Nucléoplasme
 14. Réseau de chromatine
 15. La paroi cellulaire
 16. Les plastes
 17. Les leucoplastes
 18. Les chloroplastes
 19. Les chromoplastes
 20. Les grana

- b) La paroi cellulaire et les plastes.

- c) Les centrioles et les lysosomes.
- d) Le noyau, les nucléoles, le réseau de chromatine, la membrane nucléaire, le réticulum endoplasmique, les mitochondries, le cytoplasme, l'appareil de Golgi, les ribosomes, les vacuoles, la membrane cytoplasmique.

Objectif terminal 2

- a) La membrane cellulaire est composée de deux couches de protéines: l'une extérieure et l'autre intérieure. Une double couche de lipides sépare les deux (2) couches de protéines. Cette membrane est traversée par des pores.
- b) La diffusion est un phénomène selon lequel les molécules se déplacent dans toutes les directions données conséquemment à l'énergie cinétique emmagasinée dans ses particules. La diffusion tend à rendre uniforme la concentration des molécules dans un milieu donné.
- c) L'eau, l'alcool, l'oxygène, le gaz carbonique. Les ions de sodium, de potassium et de chlore diffusent plus difficilement.
- d) Schéma fait par l'étudiant.
- e) L'osmose est un phénomène de transport de l'eau à travers une membrane. Elle permet d'uniformiser la concentration des molécules dans chacun des milieux séparés par la membrane.
- f) L'étudiant doit faire des schémas avec des flèches montrant le sens de circulation de l'eau du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique.
- g) 1. Faux. Hypotonique

2. Faux. Hypertonique
 3. Faux. Isotonique
 4. Vrai
 5. Vrai
- h) Le phénomène de phagocytose est un mode nutritionnel de la cellule (globule blanc) qui consiste à absorber ou ingérer une substance étrangère (bactérie) en l'enveloppant d'une membrane, à en faire une vacuole et à la digérer.
- i) Les globules blancs
- j) Le transport actif
- k) Les mêmes modes que pour l'absorption : diffusion et osmose (mécanismes passifs), phagocytose et transport actif (mécanismes actifs).

Objectif terminal 3

- a) L'ameiocyte, la mitose, la méiose.
- b) Il se produit un allongement de la cellule, un dédoublement du noyau, l'allongement du noyau et son fractionnement en deux (2) petites cellules filles.
- c) On rencontre ce processus de division amitotique chez certains protozoaires, champignons, algues et chez les globules blancs du sang des invertébrés.
- d) 1. Vrai

2. Vrai
 3. Faux. Chez les cellules sexuelles
 4. Vrai
 5. Faux. Il y a production de 4 cellules filles possédant chacune 23 chromosomes.
- e) L'interphase, la prophase, la métaphase, l'anaphase et la télophase.
- f)
 1. Vrai
 2. Vrai
 3. Faux. La métaphase est caractérisée par l'attachement des chromatides aux fibrilles du fuseau mitotique.
 4. Vrai
 5. Faux. Elle sert à identifier l'étape qui voit apparaître les deux cellules filles avec toutes leurs composantes.
 6. Vrai.
 7. Faux. C'est un processus continu.
- g) L'appartenance à une espèce proprement dite. Chez l'humain, la fécondation de l'ovule par un spermatozoïde doit reconstituer un individu à 46 chromosomes.
- h) 46 chromosomes.
- i) 23 chromosomes
- j)
 1. Vrai
 2. Vrai
 3. Faux. L'anaphase I est caractérisée par la migration par paires des chromosomes vers leur pôle respectif.
 4. Faux. La télophase I s'identifie à l'apparition de deux cellules filles semblables à la cellule mère.
 5. Faux. Entre les 2 divisions, il n'y a aucune reproduction du matériel génétique.

6. Vrai

7. Vrai

8. Faux. Les gamètes possèdent seulement la moitié des chromosomes de la cellule mère et, suite à l'enjambement, il y a eu échange de matériel génétique.

9. Vrai

k) Référence: voir schéma de la figure 3.31

Objectif terminal 4

- a) La respiration cellulaire est un processus de dégradation des nutriments absorbés par la cellule pour les transformer en énergie.
- b) Cette combustion se produit dans les cas d'explosion et la libération de l'énergie se fait dans un temps infiniment court.
- c) Une combustion où beaucoup de liens chimiques sont rompus en même temps. Le feu est une combustion non-contrôlée.
- d) Une combustion chimique où les liens chimiques sont brisés un à un et l'énergie libérée s'y fait très lentement. La respiration cellulaire est une combustion contrôlée.
- e) Oui. Car ce sont les liens entre les molécules qui sont rompus qui produisent l'énergie. Cependant selon la combustion produite, il y a des écarts plus ou moins grands de température et la canalisation énergétique varie en efficacité.
- f) Un enzyme est une molécule chimique qui agit sur d'autres molécules à un endroit précis et qui permet d'amorcer la réaction. L'enzyme ne subit aucune modification.

- g) 3 phosphates, un ribose, un adénine.
- h) C'est la molécule d'ATP qui fournit l'énergie pour disloquer la molécule de glucose. Dans la molécule d'ATP, la dernière liaison du groupe phosphate peut facilement se disloquer et à une haute teneur en énergie; ce groupe phosphate en rompant le lien qui l'unit à la molécule d'ATP pour se lier à la molécule de glucose, transfère aussi l'énergie emmagasinée dans son lien chimique au lien qui l'unit au glucose.
- i) L'ATP se transforme en ADP qui est incapable de transférer de l'énergie à une molécule.
- j) Les hydrates de carbone dont font partie les sucres; les graisses, les protéines et même les composantes cellulaires.
- k) La glycolyse ou fermentation, le cycle de Krebs, et la chaîne respiratoire.
- l)
 1. La glycolyse ou *fermentation* est une suite de réactions *chimiques* qui s'effectuent à l'intérieur de la cellule mais à l'extérieur de la *mitochondrie*.
 2. Un processus aérobie requiert de *l'oxygène* et c'est ce même processus qui caractérise le *cycle de Krebs*.
 3. Les *enzymes* contrôlent les différentes étapes de la chaîne respiratoire.
- m) Au départ, tu as fourni deux molécules énergétiques; à la fin de la réaction, il y a production de quatre molécules d'ATP, donc un gain net de deux molécules d'ATP.
- n) Le cofacteur ou coenzyme agit un peu comme l'enzyme en permettant à des réactions de se produire. Son rôle est celui d'acheminer des produits de réaction vers une autre structure où ils seront utilisés.
- o) Acide lactique, alcool.

- p) Les mitochondries.
- q) La glycolyse est un processus anaérobie (pas d'oxygène) tandis que le cycle de Krebs est un processus aérobie (présence d'oxygène). Aussi, la glycolyse s'effectue dans le cytoplasme alors que le cycle de Krebs s'opère dans les mitochondries.
- r) Chaque molécule d'acide pyruvique produite au cours de la glycolyse produit une molécule d'ATP au cours du cycle de Krebs. Comme on avait deux molécules d'acide pyruvique produites au cours de la glycolyse, il y a production de deux molécules d'ATP.
- s) La chaîne respiratoire est composée d'une suite de transporteurs d'électrons (cytochromes) qui produiront des molécules d'ATP.
- t) 34 molécules d'ATP.
- u) 1. Vrai. Quatre au cours de la glycolyse, deux au cours du cycle de Krebs, trente-quatre au cours du métabolisme par la chaîne des transporteurs d'électrons.
2. Vrai. Puisque l'on a fourni deux molécules d'ATP pour amorcer la réaction.
3. Faux. Il atteint 50% de l'énergie potentielle du glucose.
4. Vrai

Objectif terminal 5

- a) Le nucléotide ou acide nucléique

- b) Le gène

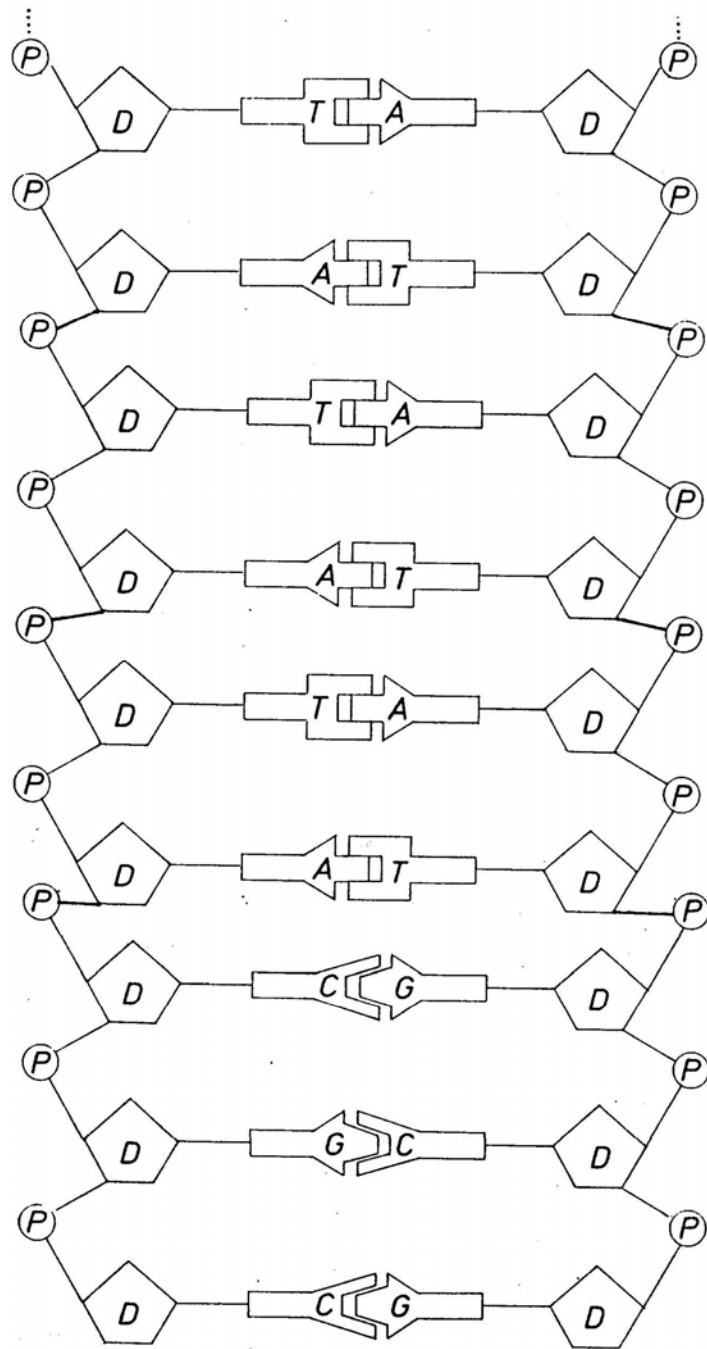
- c) Les acides nucléiques

- d) L'acide désoxyribonucléique ou ADN et l'acide ribonucléique ou ARN

- e)
 - 1. Vrai
 - 2. Vrai
 - 3. Faux. Les bases purines comprennent les bases guanine et adénine
 - 4. Faux. Les bases pyrimidines comprennent les bases cytosine et thymine
 - 5. Vrai
 - 6. Vrai
 - 7. Vrai
 - 8. Faux. Un nucléotide renferme une partie d'information génétique
 - 9. Vrai
 - 10. Faux
 - 11. Vrai

- f) Crick et Watson ont imaginé que la molécule d'ADN peut se présenter par deux (2) cordons de nucléotides à ADN qui constituent deux (2) montants d'escalier où les barreaux seraient formés d'une base purine appariée à une base pyrimidine. Une liaison hydrogène unirait les deux (2) bases. La base adénine s'associe à la thymine et la base guanine s'associe à la cytosine.

g)



- h) La molécule d'ADN se dégrade en son centre tout comme une fermeture éclair. Les deux (2) bases appariées se détachent et les deux (2) torons se retrouvent disloqués l'un de l'autre. Les nucléotides qui errent dans le noyau viennent alors reformer chacun des deux (2) montants manquants. L'adénine recherche la base thymine et vice versa et il en est de même des bases cytosines et guanines qui se recherchent mutuellement. Le processus qui se répète finit par compléter les deux (2) torons manquants. Il en résulte deux (2) molécules d'ADN parfaitement identiques.
- i) La molécule d'ADN en se reproduisant transmet fidèlement le contenu génétique aux deux (2) cellules filles issues de la cellule mère. Elle sert alors de patron de vie.
- j) Un code est un ensemble de caractères qui permet de traduire des renseignements. C'est l'association particulière des caractères qui permet de former des messages.
- k) 1. Vrai
2. Vrai
3. Vrai
4. Vrai
- l) Le code biologique est formé d'association de trois (3) nucléotides pour transmettre suffisamment de messages aux différents acides aminés qui sont au nombre de vingt (20) .
- m) 1.Vrai
2. Faux. Il est composé du groupe phosphate, du sucre ribose et des bases adénine, uracile, guanine et cytosine.
3.Vrai
4.Vrai

q) Lorsqu'un besoin de protéines se fait sentir dans le cytoplasme, il y a détection de ce besoin par l'ADN qui est responsable de cette synthèse. Cet ADN se dégrade alors en son centre et synthétise les ARN messager et les ARN de transfert. La synthèse complétée, les ARN passent ensuite dans le cytoplasme tandis que l'ADN se rattache. Dans le cytoplasme, l'ARN messager s'attache à des ribosomes et l'ARN de transfert part à la chasse aux acides aminés. Lorsqu'il y a capture d'un acide aminé par un ARN de transfert, celui-ci se dirige vers l'ARN messager dans l'espoir de former un maillon de la protéine. Il y a lecture, et si les deux ARN se complètent, il y a fixation de cet acide aminé. Sinon, un autre ARN de transfert doit se présenter porteur d'un acide aminé différent. Ce processus se répète aussi longtemps que la protéine n'est pas complétée. Lorsque la protéine est complétée, elle se détache et va remplir le rôle qui lui est assigné.

