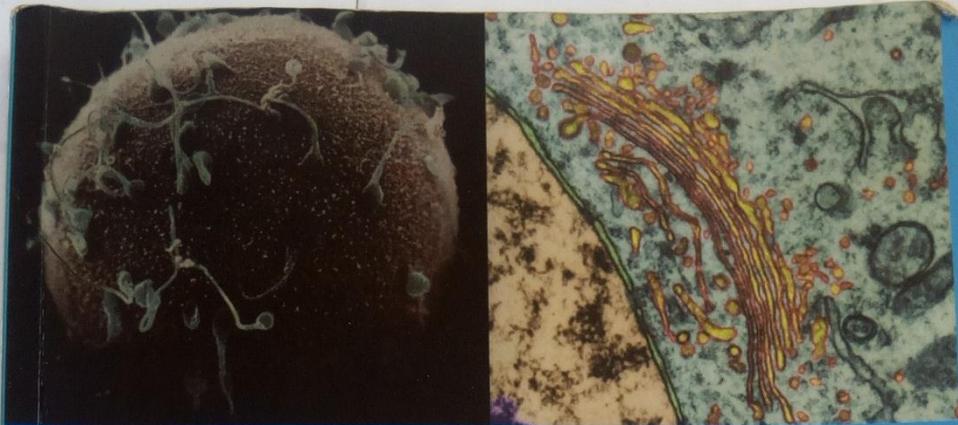


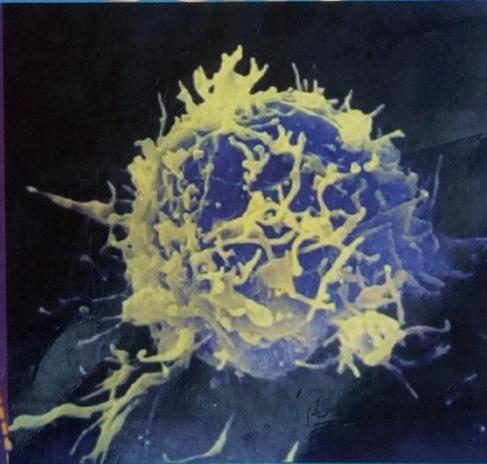
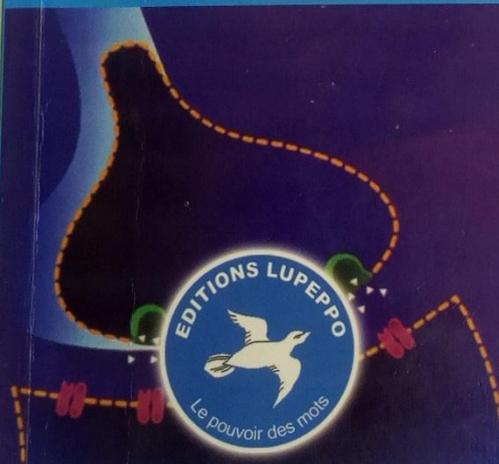
HELLO EVERYONE MY NAME IS **FONKOU PARFAIT**

TO ALL THE EDITORS , WRITERS , AUTORS OF THIS BOOK , I'M SORRY TO HAVE IMAGED YOUR DOCUMENT. Car c'est pour la bonne cause



Sciences
de la **Vie** **Tle C**
et de la **Terre**

Wafo Fopoussi



Editions Lupeppo

Collection "Savoirs"

Wafo Fopoussi
Coordinateur de la collection « Bord Bleu »

SCIENCES DE LA VIE **Terre** ET DE LA **TERRE**

Avec la collaboration scientifique de :

Mr. CHOUOP Gerbain

Mr. Dipanda Ekame Guy-Samuel

Mr. Tétouom Cyprien

Mr. Wafo Denis Blaise

Tous professeurs de SVT



SOMMAIRE DU MANUEL

	Pages
PARTIE I : LA VIE CELLULAIRE	
CHAPITRE 1 : La structure de la cellule	5 à 11
Exercices	12 à 14
CHAPITRE 2 : Les échanges cellulaires	15 à 19
Exercices	20 à 24
CHAPITRE 3 : Le métabolisme énergétique de la cellule	25 à 31
Exercices	32 à 36
PARTIE II : L'UNICITÉ DES ÊTRES VIVANTS ET LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES	
CHAPITRE 4 : La reproduction conforme	37 à 53
Exercices	54 à 61
CHAPITRE 5 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères	62 à 75
Exercices	76 à 81
CHAPITRE 6 : Le brassage génétique au cours de la reproduction sexuée	82 à 95
Exercices	96 à 101
CHAPITRE 7 : Quelques aspects de génétique humaine	102 à 110
Exercices	111 à 116
PARTIE III : QUELQUES NOTIONS D'IMMUNOLOGIE	
CHAPITRE 8 : Les mécanismes de l'immunité	117 à 134
Exercices	135 à 143
CHAPITRE 9 : Les dysfonctionnements du système immunitaire et les aides au système immunitaire	144 à 152
Exercices	153 à 157
PARTIE IV : LA COMMUNICATION NERVEUSE ET LA REGULATION DU FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME	
CHAPITRE 10 : La communication nerveuse	158 à 171
Exercices	172 à 176
CHAPITRE 11 : La régulation de la glycémie	177 à 185
Exercices	186 à 193
CHAPITRE 12 : La régulation du taux des hormones sexuelles chez l'Homme	194 à 211
Exercices	212 à 220
Solutions des exercices	221 à 250
Lexique	258 à 270

CHAPITRE I : LA STRUCTURE DE LA CELLULE

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- d'identifier et nommer les différentes parties de la cellule,
 - d'identifier et nommer les différents organites de la cellule,
 - de citer les principales différences entre une cellule animale et une cellule végétale.

Les pré-requis

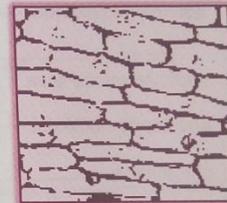
Tous les êtres vivants sont constitués de cellules. Certains sont unicellulaires (formés d'une seule cellule), d'autres sont pluricellulaires (formés de plusieurs cellules). Elles ne sont bien observables qu'au microscope.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Comment la cellule apparaît-elle au microscope ?
Comment la cellule est-elle organisée et quels sont ses éléments constitutifs ?

I – Cellule au microscope optique

Le microscope optique permet d'obtenir une image agrandie d'organismes vivants, invisibles à l'œil nu. C'est ainsi que l'on peut voir des structures cellulaires de l'ordre de 8 à 1 500 micromètres (1 micromètre = 10^{-6} m). L'observation de l'épiderme d'oignon au microscope optique montre un ensemble d'éléments jointifs formant un tissu épithélial. Chaque élément est une cellule avec un noyau, entouré d'un cytoplasme délimité par une membrane plasmique.



Doc. 1 : Epiderme d'oignon vu au microscope optique sans coloration

La **cellule animale**, limitée par une membrane plasmique ou membrane cytoplasmique, comporte un noyau, un cytoplasme renfermant de nombreux organites cellulaires dont certains sont visibles qu'après coloration.

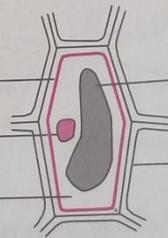


membrane plasmique

noyau

cytoplasme

Doc. 2 : Schéma d'une cellule animale vue au microscope optique

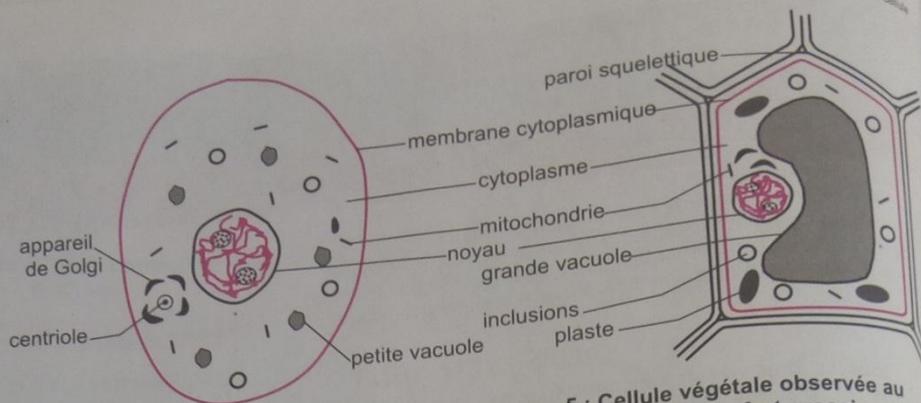


vacuole

paroi squelettique

Doc. 3 : Schéma d'une cellule végétale vue au microscope optique

La **cellule végétale**, limitée par une membrane plasmique ou membrane cytoplasmique doublée à l'extérieur par une paroi squelettique (à cause de son rôle de soutien) ou pectocellulosique (à cause de sa composition chimique), comporte un noyau, un cytoplasme renfermant de nombreux organites cellulaires et une ou plusieurs vacuoles de grande taille. Les mitochondries et les chloroplastes sont visibles après coloration. L'observation d'une cellule animale et d'une cellule végétale au microscope optique montre qu'elles ont un plan d'organisation commun.

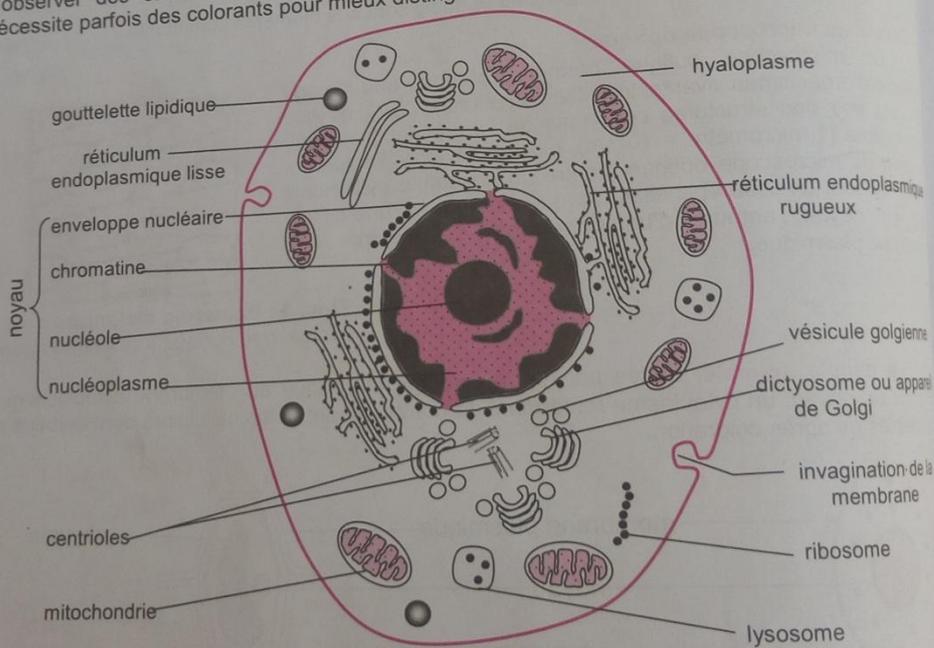


Doc. 4 : Cellule animale observée au microscope optique au fort grossissement

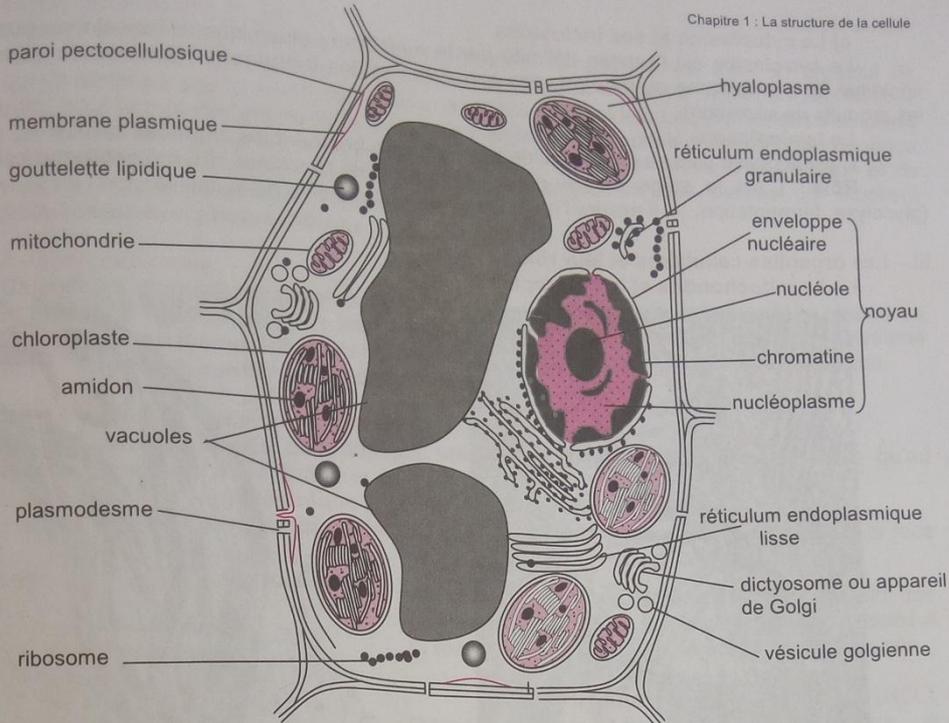
Doc. 5 : Cellule végétale observée au microscope optique au fort grossissement

II - La cellule en microscopie électronique

Le microscope électronique est plus performant que le microscope optique et permet d'observer des éléments de la cellule inaccessibles au microscope ordinaire. L'observation nécessite parfois des colorants pour mieux distinguer certains détails.



Doc. 6 : Ultrastructure d'une cellule animale



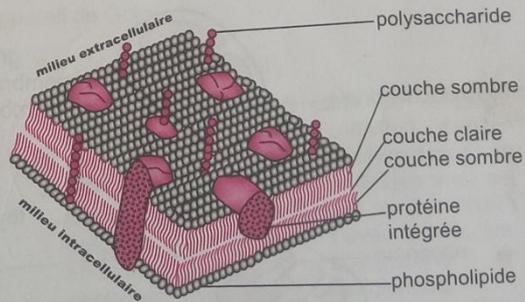
Doc. 7 : Ultrastructure d'une cellule végétale

a) Ultrastructure des membranes cellulaires

La membrane plasmique

Elle est formée de deux couches sombres de nature lipidique séparées par une couche claire de nature protéique. Les lipides forment une bicouche dans laquelle sont enchâssées des protéines globulaires. Les lipides, principaux agents de fluidité, sont mobiles dans le plan de la surface membranaire.

Rôle : Elle protège et maintient la forme de la cellule ; reçoit les informations nerveuses et hormonales ; assure le marquage du « soi » et est le siège des échanges entre les milieux intra et extracellulaire.



Doc. 8 : Membrane plasmique

b) La membrane squelettique ou paroi pecto-cellulosique

On la retrouve uniquement chez les végétaux. Elle recouvre la cellule à l'extérieur de la membrane cytoplasmique.

Rôle : elle assure la rigidité et la protection de la cellule. Elle confère à celle-ci une forme géométrique donnée.

La paroi squelettique : Elle recouvre la cellule à l'extérieur de la membrane cytoplasmique. Elle assure un rôle de soutien et de protection de la cellule.

c) Le cytoplasme et ses inclusions

Le cytoplasme est l'espace délimité par la membrane plasmique et l'enveloppe nucléaire, constitué du hyaloplasme ou **cytosol**, des **organites** et des **inclusions** (réserves de nutriments, les produits de sécrétion).

Le hyaloplasme

C'est la phase plus ou moins liquide dans laquelle baignent les organites cellulaires.

Rôle : C'est le siège où se déroulent certaines réactions du métabolisme cellulaire (glycolyse, fermentation...). Il assure l'humidité et la fonctionnalité de la cellule.

III – Les organites cellulaires et leur rôle

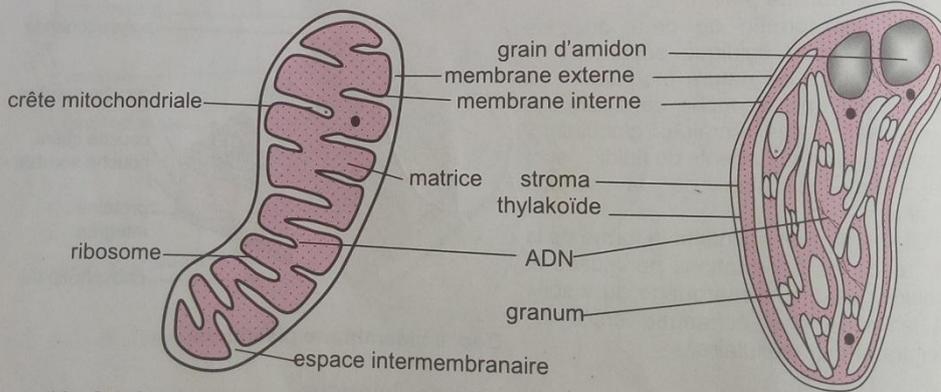
1 – La mitochondrie et le chloroplaste



Doc. 9 : Mitochondrie observée au microscope électronique



Doc. 10 : Chloroplaste observé au microscope électronique



Doc. 11 : Schéma interprétatif de l'ultrastructure d'une mitochondrie

Doc. 12 : Schéma interprétatif de l'ultrastructure d'un chloroplaste

2 – La mitochondrie

C'est un organite délimité par une double membrane. La membrane interne est repliée à l'intérieur et constitue les crêtes mitochondriales dont le nombre dépend directement de l'activité de la mitochondrie. L'espace délimité par la membrane interne est appelé **matrice**. Elle renferme des grains denses de sels minéraux, de l'ADN, de l'ARN messager (ARNm) et de l'ARN transfère (ARNt) ainsi que des ribosomes. La mitochondrie est présente dans les cellules animales et végétales. L'ensemble des mitochondries d'une cellule forme le **chondriome**.

Rôle : Centrale **énergétique** de la cellule ou encore siège de la respiration cellulaire.

3 - Le chloroplaste

Présent uniquement dans les cellules végétales chlorophylliennes, c'est un organite de grande taille, délimité par une double membrane externe et un troisième système membranaire par endroits, pour former des **grana** qui accumulent le pigment vert appelé **chlorophylle**. L'espace délimité par la membrane interne est appelé **stroma**. On y trouve par endroits de l'amidon et de l'ADN. Les cellules des tubercules de manioc par exemple ont des plastides qui stockent uniquement de l'amidon appelés **amyloplastes**.

Rôle : siège de la **photosynthèse**.

4 - Les ribosomes

Ce sont les granulations formées de deux sous-unités qui tapissent souvent le réseau de réticulum formant l'ergastoplasme. Ils sont parfois libres ou sous forme de chapelet ou polysome lorsqu'ils déchiffrent un même ARNm. Ils sont visibles uniquement au microscope électronique.

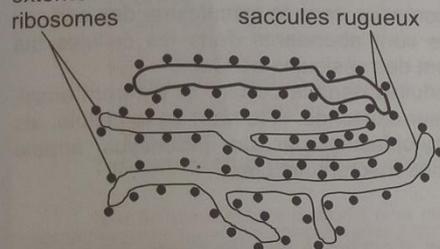
Rôle : siège de la **synthèse des protéines**.

5 - Le réticulum endoplasmique (RE)

Réseau de sacs aplatis délimités par une membrane biologique. Il n'est visible qu'au microscope électronique. On en distingue deux types :

a) Le réticulum endoplasmique rugueux (RER) ou ergastoplasme.

Réseau tortueux de membranes formant des citernes couvertes de ribosomes sur la face externe.



Doc. 13 : Schéma du réticulum endoplasmique rugueux

Rôle : lieu de stockage et de transport des protéines synthétisées par les ribosomes associés à la membrane du réticulum vers le complexe golgien.

b) Le réticulum endoplasmique lisse (REL).

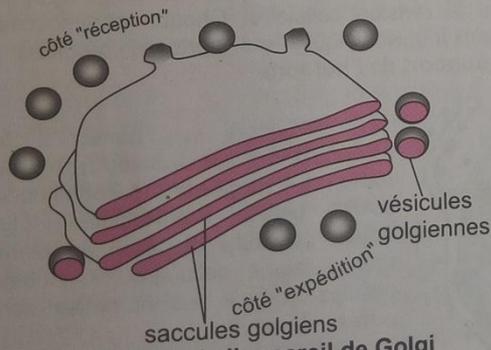
Réseau de sacs membranaires dépourvus de ribosomes et donc présentant une surface lisse.

Rôle : c'est le lieu de synthèse des lipides et des stéroïdes (cholestérol). Il assure aussi le transport des protéines et des lipides en direction de l'appareil de Golgi.

6 - L'appareil de Golgi

Il se forme à partir du réticulum endoplasmique. Il est constitué d'unités fonctionnelles appelées **dictyosomes** ou corps de Golgi. Chaque dictyosome est formé d'un empilement de 4 ou 5 saccules golgiens. Il est en relation avec le réticulum endoplasmique. Il bourgeonne en permanence les vésicules golgiennes.

Rôle. Il modifie, concentre et emballe les protéines et les lipides qu'il reçoit du réticulum endoplasmique rugueux et les achemine vers différentes destinations à l'intérieur ou à l'extérieur de la cellule.



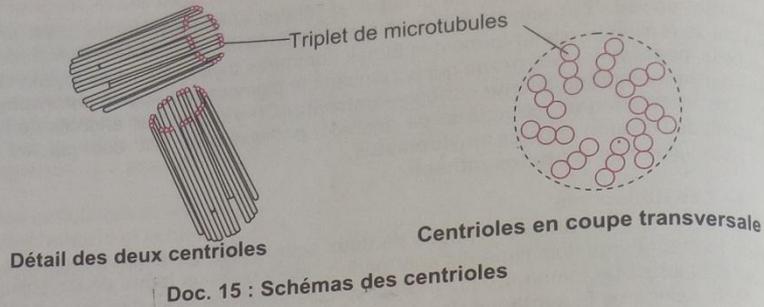
Doc.14 : Schéma de l'appareil de Golgi

7 - Les centrioles

Ce sont des minuscules éléments que l'on trouve dans le cytoplasme de la cellule. Il s'agit d'un cylindre constitué de 9 triplets de microtubules disposés en cercle.

Il est caractéristique des cellules animales. Mais, on les retrouve chez quelques végétaux inférieurs (champignons, algues). Chaque cellule renferme deux de ces organites. Il existe deux centrioles disposés en position orthogonale près du noyau. La région du cytoplasme dans laquelle ils se trouvent est appelée centrosome.

Rôle : appareil cinétique (mouvement) de la cellule, il joue un rôle important dans la division cellulaire.



Doc. 15 : Schémas des centrioles

8 - Les vacuoles

Ce sont de sortes de sacs où s'accumulent de nombreuses substances en solution. Elles sont particulièrement développées chez les végétaux. L'ensemble des vacuoles d'une cellule constitue le vacuome.

Rôle : régulation de la pression osmotique (échange d'eau entre la cellule et son milieu).

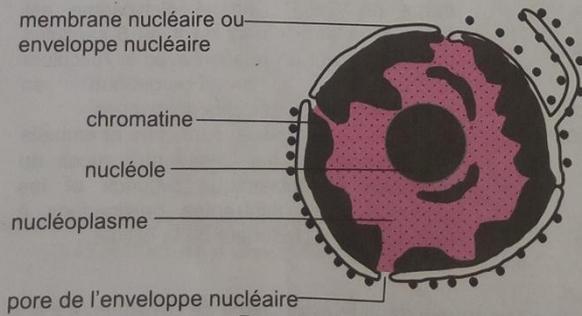
9 - Les lysosomes

Ce sont des petits organites de forme sphérique contenus dans le cytoplasme des cellules et contenant des enzymes digestives intracellulaires. Ils sont abondants dans les cellules qui assurent la défense de l'organisme (leucocytes). Ils dérivent des vésicules de Golgi.

Rôle : Les lysosomes digèrent des particules introduites dans la cellule. Ils digèrent aussi dans la cellule, tous les organites qui arrivent à la fin de leur existence. À la mort de la cellule, les lysosomes libérés hors des vésicules, digèrent le cytoplasme par un processus appelé **autophagie**. Ils sont aussi impliqués dans la dégradation des macromolécules.

d) Le noyau

Le noyau est caractéristique des cellules eucaryotes. Il est limité par une double membrane appelée **enveloppe nucléaire** ou **membrane nucléaire** percée de pores qui assurent les échanges entre le cytoplasme et le **nucléoplasme**. L'enveloppe nucléaire est en continuité avec l'appareil de Golgi. La face interne de cette enveloppe est recouverte de **chromatine** tandis que la face externe porte des ribosomes. La chromatine est formée de filaments très longs appelés **chromosomes** qui ne sont visibles que pendant la division cellulaire. Chaque chromosome contient une macromolécule d'**ADN (Acide DésoxyriboNucléique)** qui porte le programme génétique de l'individu : C'est donc l'ADN qui est le **support de l'hérédité**.



Doc. 16 : Schéma du noyau

Toujours dans le nucléoplasme se trouve(nt) un ou plusieurs **nucléole(s)** constitués d'**ARN (Acide RiboNucléique)**. Le noyau cellulaire disparaît au cours des divisions cellulaires. Certaines cellules comme les hématies sont privées de noyau.

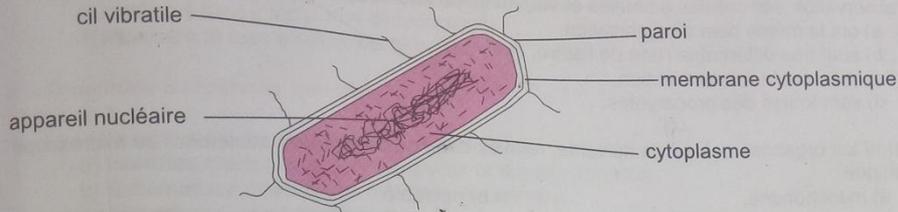
Rôle : Il contrôle toutes les activités cellulaires et est le support de l'**information génétique**.

La chromatine est formée de filaments très longs appelés **chromosomes**. Chaque chromosome contient une macromolécule d'**ADN (Acide DésoxyriboNucléique)** qui porte le programme génétique de l'individu : C'est donc l'ADN qui est le **support de l'hérédité**. Toujours dans le nucléoplasme se trouve(nt) un ou plusieurs **nucléole(s)** constitué(s) d'**ARN (Acide RiboNucléique)**. Le noyau cellulaire disparaît au cours des divisions cellulaires.

Rôle : Il contrôle toutes les activités cellulaires et assure le maintien de l'information génétique d'une génération cellulaire à l'autre.

Remarque :

La présence ou non du noyau différencié dans une cellule permet de distinguer deux types de cellules : les cellules **eucaryotes** qui ont un noyau différencié séparé du cytoplasme par une membrane nucléaire et les **procaryotes** qui n'ont pas de noyau vrai ni d'organite.



Doc. 17 : Ultrastructure d'une bactérie en bâtonnet (un exemple de procaryote)

3 - Les principales différences entre une cellule animale et une cellule végétale

Caractéristiques	Cellule animale	Cellule végétale
Forme	circulaire	géométrique (polyédrique)
Centriole	présent	absent chez les végétaux supérieurs
Chloroplaste	absent	présent
Paroi squelettique ou pectocellulosique	absente	présente
Vacuole	petite taille	grande taille

Tableau comparatif d'une cellule animale et d'une cellule végétale

Récapitulatif des parties des cellules animale et végétale et leur rôle

Partie de la cellule	Rôle
Membrane plasmique	Maintien la forme de la cellule, intervient dans le transport des substances vers l'intérieur et l'extérieur de la cellule, reçoit les informations nerveuses et hormonales grâce aux protéines membranaires qui sont des récepteurs et intervient aussi dans la reconnaissance du « soi ».
Membrane squelettique	Elle assure la rigidité et la protection de la cellule. Elle confère à celle-ci une forme géométrique donnée.
Organites cytoplasmiques	
Mitochondrie	Siège de la synthèse de l'ATP, source de l'énergie cellulaire
Chloroplaste	Siège de la photosynthèse des plantes chlorophylliennes
Ribosomes	Siège de la synthèse des protéines
Réticulum endoplasmique lisse	C'est le lieu de synthèse des lipides et des stéroïdes (cholestérol). Il assure aussi le transport des protéines et des lipides en direction de l'appareil de Golgi.
Réticulum endoplasmique rugueux	Lieu de stockage et de transport des protéines synthétisées par les ribosomes associés à la membrane du réticulum vers le complexe golgien.
Appareil de Golgi	Il modifie, concentre et emballe les protéines et les lipides qu'il reçoit du réticulum endoplasmique rugueux et les achemine vers différentes destinations à l'intérieur ou à l'extérieur de la cellule.
Lysosomes	Siège de la digestion intracellulaire
Centrioles	Appareil cinétique (mouvement) de la cellule. Ils interviennent dans la mitose et constituent un fuseau mitotique et des asters.
Noyau	
Enveloppe nucléaire	Sépare le cytoplasme du nucléoplasme et régit le passage des substances vers l'intérieur et vers l'extérieur du noyau.
Nucléole	Siège de la fabrication des sous-unités ribosomales
Chromatine	Les gènes sont formés d'ADN

TERMINALE

Exercices

I - Restitution organisée des connaissances A - Questions à choix multiples (Q C M)

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse exacte.

- 1 - L'observation des cellules animales et végétales au microscope photonique montre qu'elles:
 a) ont le même plan d'organisation,
 b) sont très différentes l'une de l'autre,
 c) assurent la même fonction,
 d) sont toutes des procaryotes.

- 2 - Parmi les organites cellulaires suivants, relevez celui qu'on observe seulement au microscope électronique :
 a) mitochondrie,
 b) noyau,
 c) nucléole,
 d) appareil de Golgi.

- 3 - La membrane cytoplasmique a pour rôle :
 a) d'empêcher toute relation entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule,
 b) de protéger la cellule et contrôler le passage des nourritures et de gaz,
 c) de fabriquer les protéines,
 d) de contrôler l'activité de la cellule.

- 4 - Le centriole est un organite cellulaire :
 a) essentiellement animal,
 b) exclusivement végétal,
 c) présent aussi bien dans les cellules animales que dans les cellules végétales,
 d) que l'on trouve chez les végétaux supérieurs.

- 5 - Dans une cellule, le réticulum endoplasmique lisse intervient dans :
 a) la synthèse de certains composés lipidiques,
 b) la synthèse des protéines,
 c) la synthèse des monosaccharides,
 d) le métabolisme des glucides.

- 6 - Dans une cellule, l'appareil de Golgi intervient dans :
 a) la synthèse des protéines,
 b) la maturation des lipides,
 c) le transport des protéines,
 d) la catalyse des protéines.

- 7 - Les chloroplastes éclairés accumulent les produits de la photosynthèse sous forme :
 a) d'amidon,
 b) de glycogène,
 c) de cellulose,
 d) de protéines.

- 8 - La fonction principale des mitochondries est :
 a) la digestion,
 b) la respiration,
 c) la protection,
 d) la sécrétion.

- 9 - Le réticulum endoplasmique :
 a) est toujours porteur de ribosomes,
 b) assure le transit de toutes les protéines élaborées dans la cellule.
 c) est présent dans toutes les cellules, y compris les cellules bactériennes,
 d) assure les échanges gazeux respiratoire.

- 10 - La structure non commune à la cellule animale et végétale est :
 a) la mitochondrie,
 b) le réticulum endoplasmique,
 c) la paroi,
 d) la membrane plasmique.

11 - Parmi les organites cellulaires suivants, relevez celui qui n'appartient pas à une cellule animale :

- a) appareil de Golgi,
- b) noyau individualisé,
- c) chloroplaste,
- d) réticulum endoplasmique.

12 - Le ribosome est :

- a) absent dans les cellules végétales,
- b) le siège de la synthèse des protéines,
- c) localisé à face interne des dictyosomes,
- d) localisé à la face externe du réticulum lisse.

B - Questions à réponses ouvertes

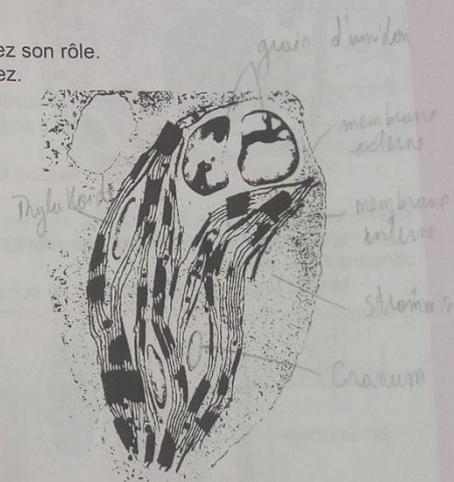
Exercice 1

1 - Les éléments suivants sont issus d'une cellule.

- a) Identifiez chacun des deux éléments et donnez son rôle.
- b) Schématisez chacun des éléments et l'annotez.



(1) Document observé au microscope électronique.

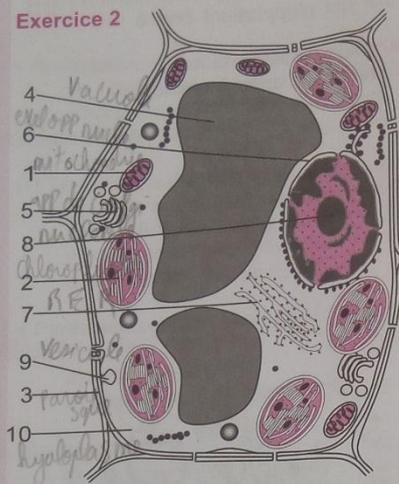


(2) Document observé au microscope électronique.

2 - Le tableau suivant se rapporte à la comparaison d'une cellule animale et d'une cellule végétale. Complétez-le.

Critères Type de cellule	Points communs	Différences (critères de différences)			
		A ? Chloroplaste	B ? Vacuole	C ? Centrioles	D ? Paroi cellulaire
Cellule animale	noyau, cytoplasme	absent	petite vacuole	présent	absent
Cellule végétale	mitochondrie	présent	grande vacuole	absent	présent

Exercice 2



A - Tous les êtres vivants sont constitués d'une ou de plusieurs cellule(s) ;

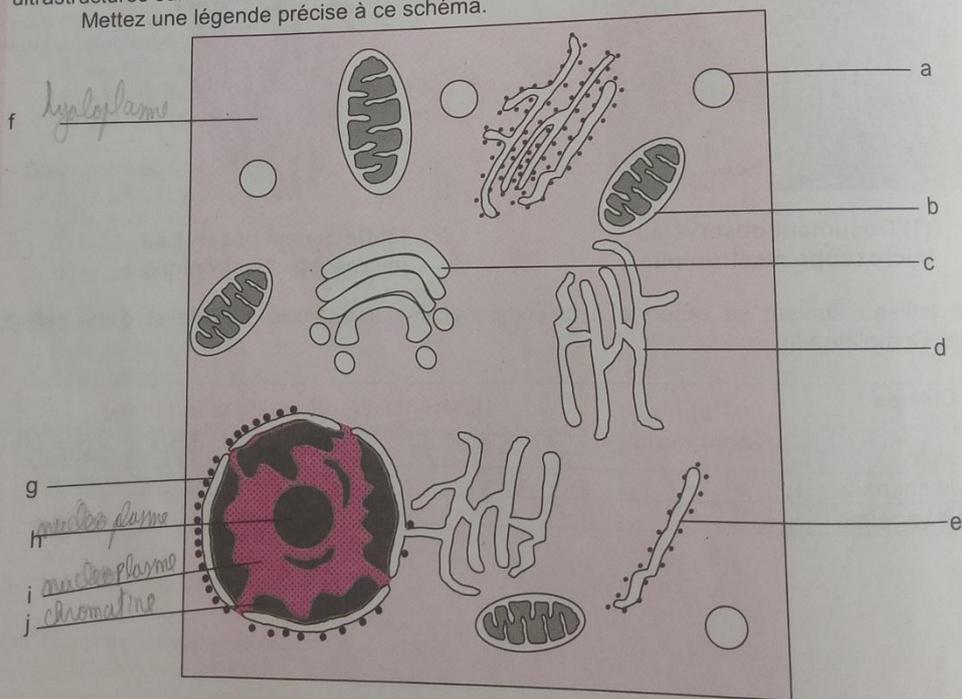
- a) Qu'est-ce qu'une cellule ?
- b) Comment appelle-t-on les animaux constitués d'une seule cellule ? *protistes*
- c) Comment appelle-t-on les animaux constitués de plusieurs cellules ? *multicellulaires*

B - Le document ci-contre représente l'ultrastructure d'une jeune cellule. *végétale*

- a) Identifiez le type de cellule dont il s'agit ici et justifiez votre réponse.
- b) Complétez les annotations de ce schéma.
- c) Quel est le rôle des organes 1 et 2 dans la vie cellulaire ?
- d) Représentez à grande échelle l'élément 1 et l'annotez.
- e) Représentez à grande échelle l'élément 2 et l'annotez.

Exercice 3

L'observation au microscope électronique d'une portion d'une cellule fait apparaître les ultrastructures suivantes.
Mettez une légende précise à ce schéma.



Chapitre 2 : LES ÉCHANGES CELLULAIRES

Chapitre 2 - Les échanges cellulaires

Objectifs pédagogiques

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- de distinguer, de nommer et de définir les différents états des cellules placées dans les solutions de concentrations différentes,
- d'expliquer le rôle de la membrane cytoplasmique dans les échanges.

Les pré-requis

Les cellules effectuent des échanges permanents avec des cellules voisines et avec le milieu ambiant.

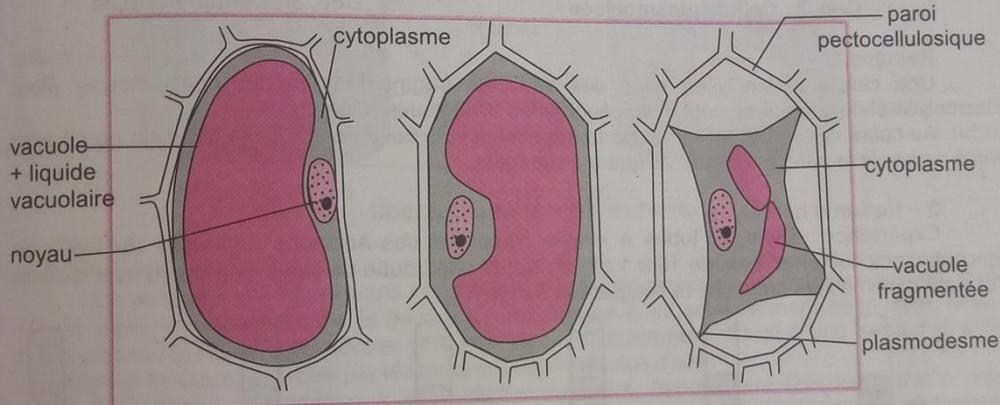
Problèmes scientifiques à résoudre :

Comment se présentent les cellules dans des milieux de concentrations différentes ?
Quel rôle joue la membrane au cours des échanges cellulaires ?

I - Comportement des cellules dans les solutions de concentrations différentes

1 - Notion de turgescence et de plasmolyse

Expérience : On place les cellules végétales dans des solutions de chlorure de sodium de concentrations différentes (Na^+ , Cl^-) ensuite on les observe au microscope. Les résultats obtenus sont les suivants.



(a) Cellule turgescence

(b) Cellule normale

(c) Cellule plasmolysée

(cellule placée dans une solution moins concentrée que le liquide vacuolaire)

(cellule placée dans une solution d'égale concentration que le liquide vacuolaire)

(cellule placée dans une solution plus concentrée que le liquide vacuolaire)

Doc. 1 : Etats des cellules placées dans des solutions de concentrations différentes

Interprétation

En (a), dans une solution très peu concentrée (hypotonique par rapport au suc vacuolaire), la vacuole de la cellule végétale absorbe de l'eau, prend une dimension maximale et occupe presque tout le cytoplasme : c'est l'état de **turgescence**. La membrane plasmique se colle à la paroi pectocellulosique, rigide qui empêche l'éclatement de la cellule.

La turgescence est donc l'état d'une cellule gonflée par la pression interne élevée de ses vacuoles.

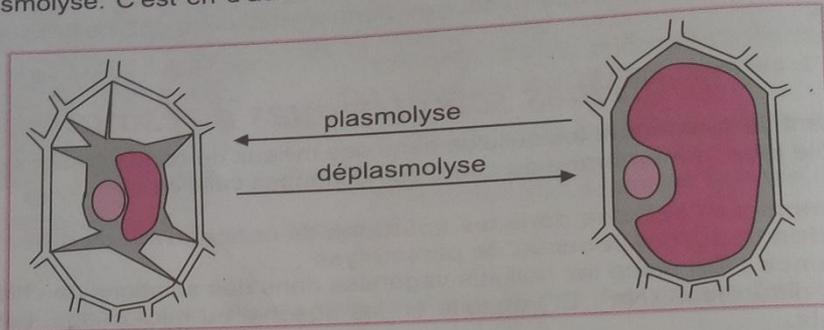
En (b), dans une solution d'égale concentration que le liquide vacuolaire, il n'y a pas d'échange d'eau entre la solution et le liquide vacuolaire. C'est un état d'**isotonie**.

L'isotonie est donc l'état d'une cellule dont l'osmolarité est celle des liquides normaux de l'organisme.

En (c), dans une solution plus concentrée (hypertonique par rapport au suc vacuolaire), la vacuole perd de l'eau, diminue de volume et sa coloration devient plus intense. La membrane plasmique accompagne la vacuole dans ce mouvement de retrait et se décolle de la membrane cellulosique sauf au niveau des plasmodesmes où elle est maintenue par des tractus : c'est l'état de **plasmolyse**. La plasmolyse est donc le départ d'eau de la vacuole vers le milieu extérieur.

2 - La déplasmolyse

On replace la cellule plasmolysée dans de l'eau pure, elle absorbe de l'eau, la vacuole se gonfle et reprend sa forme initiale : c'est la **déplasmolyse**.
La déplasmolyse est donc le retour de l'eau dans la vacuole après que celle-ci l'ait perdue au cours d'une plasmolyse. C'est en d'autre terme le retour d'une cellule de l'état plasmolysée à l'état normal.



Doc. 2 : Cellule plasmolysée

Doc. 3 : Cellule normale

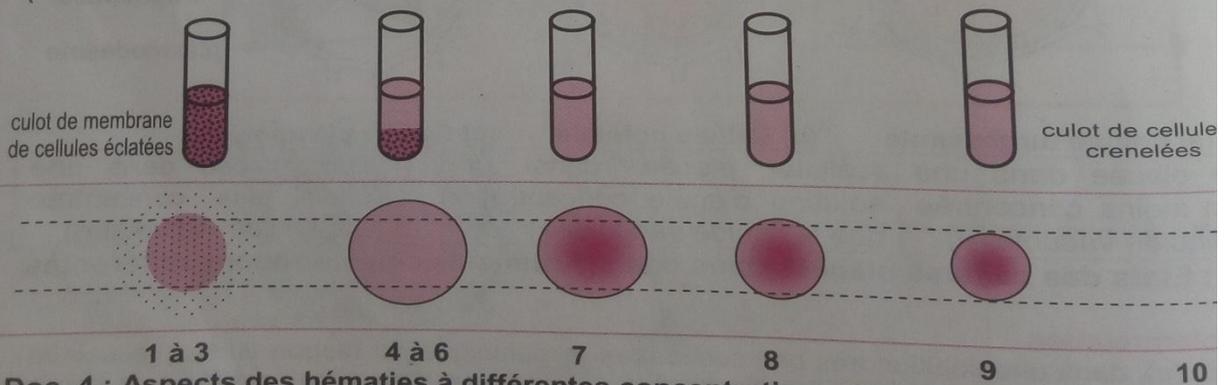
Remarque

Une cellule plasmolysée avec des vacuoles fragmentées ne se déplasmolyse pas. Plasmolyse et déplasmolyse sont des phénomènes biologiques réversibles.

Au cours de la plasmolyse ou de la turgescence, la taille de la cellule végétale ne change pas à cause de la paroi pectocellulosique qui est rigide.

3 - Notion d'hémolyse

Expérience : Dans 12 tubes à essais contenant des solutions aqueuses de NaCl à concentrations décroissantes (de 10 à 1 g/l) on ajoute une goutte de sang de mouton frais ou de chèvre (l'oxalate d'ammonium empêche la coagulation sanguine).



Doc. 4 : Aspects des hématies à différentes concentrations des solutions aqueuses de NaCl

Interprétation

Dans les tubes où la concentration en Na^+ , Cl^- varie de 10 à 12 g/l, on observe un culot de cellules normales au fond, tandis que le liquide surnageant reste incolore. Observées au microscope, ces hématies ont un aspect étoilé ou crénelé et sont de diamètre très réduit. Elles ont diminué de volume par suite d'une perte d'eau : elles sont dites **plasmolysées**.

Dans les tubes à 7, 8 et 9 g/l, les hématies ont un aspect discoïdal normal. C'est l'état d'isotonie. On n'observe aucun dépôt.

Dans les tubes où la concentration est comprise entre 4 à 6 g/l, il y a aussi un culot d'hématies mais le liquide surnageant est rose. Observées au microscope ces hématies apparaissent sphériques, certaines sont même détruites et le culot est constitué des fragments de membrane et des hématies.

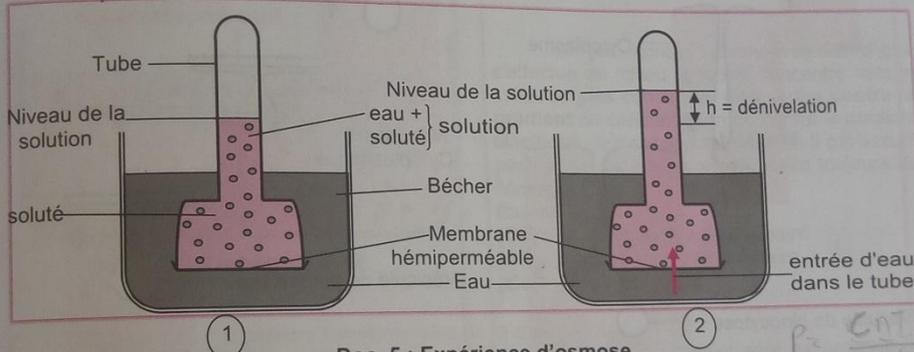
Enfin, dans les tubes où la concentration est inférieure à 6 g/l, il n'y a plus de trace d'hématies, le liquide étant coloré en rose vif. Le culot est constitué des fragments de membrane des cellules éclatées.

Dans ces tubes, les hématies ont augmenté de volume par absorption d'eau. À partir d'une certaine concentration de Na^+ , Cl^- , inférieure à 4 g/l, la distension est telle que les hématies laissent échapper leur contenu (hémoglobine) qui se dilue dans le liquide extracellulaire. Elles éclatent et on dit qu'il y a **hémolyse**.

Ces variations de volume sont essentiellement dues à des flux d'eau à travers la membrane des hématies.

L'hémolyse est la destruction l'hémoglobine des globules rouges à la suite d'une entrée excessive d'eau provoquant leur éclatement.

4 - Notion d'osmose
Expérience



Doc. 5 : Expérience d'osmose

Interprétation

La présence du soluté dans le tube fait que la concentration en eau (solvant) est moins élevée dans le tube que dans le bécher. La membrane étant sélectivement perméable, l'eau la traverse essentiellement du bécher vers le tube. Ce déplacement est dû à une force d'attraction (pression osmotique) exercée par le soluté sur les molécules d'eau.

Ainsi, l'eau a tendance à se déplacer du milieu hypotonique (bécher) vers le milieu hypertonique (tube). L'osmose est donc le passage d'eau à travers une membrane hémiperméable ou perméable du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré en soluté. Le phénomène d'osmose s'arrête lorsque les deux solutions sont isotoniques.

En effet, le mouvement d'eau à travers la membrane plasmique est régi par les différences de pression osmotique existant entre les deux faces de la membrane : il est donc fonction des substances dissoutes.

La pression osmotique dépend de la concentration de la solution, de son ionisation éventuelle, de la masse molaire de la substance en solution ainsi que de la température.

Elle s'exprime par la relation :

$$P_o = \alpha R T \times C/M$$

$R = 0,082$ est la constante des gaz parfaits
 T est la température absolue (en degré Kelvin) ; $T = (t + 273)K$, t est la température en $^{\circ}C$,

C = concentration massique du soluté (en g/l),
 M = masse molaire du soluté,

$C/M = m$ est le nombre de mole par litre (moles de molécules s'il s'agit d'un corps moléculaire, moles d'ions s'il s'agit d'un corps ionique).

α est la constance d'ionisation
NB : $\alpha = 1$ pour les solutés organiques non ionisables comme le glucose,
 $\alpha =$ nombre d'ions pour les solutés ionisables dans l'eau. Pour Na^+ , Cl^- , par exemple, $\alpha = 2$

TERMINALE C

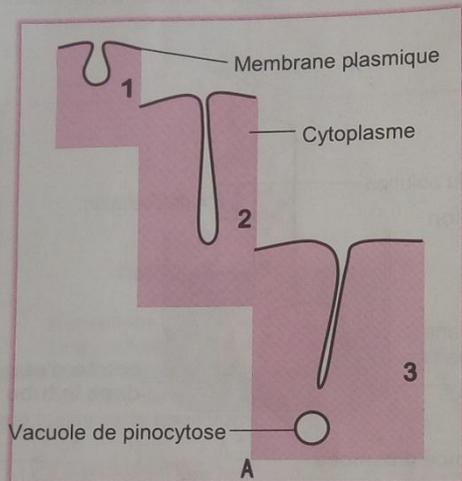
II - Les autres formes d'échanges

1 - La phagocytose et la pinocytose : l'endocytose

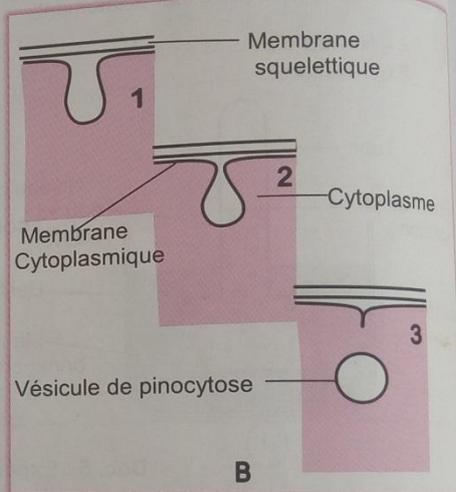
Dans ce processus, il y a formation d'une dépression de la surface cellulaire ; En effet, la membrane plasmique s'invagine en entraînant un certain volume du milieu extracellulaire. Rapidement cet ensemble se dissocie de la surface cellulaire et est transmis à l'intérieur de la cellule ; le matériel prélevé dans le milieu extracellulaire n'entre ainsi jamais en contact avec le cytoplasme, puisque toujours séparé de celui-ci par une portion de membrane plasmique. L'ensemble forme une **vésicule** d'endocytose.

Suivant la nature du matériel ingéré, on parle de **phagocytose** (particules solides) ou de **pinocytose** (substance liquide).

Un tel mécanisme fait intervenir non seulement la fluidité membranaire, mais aussi des déformations membranaires (invaginations) nécessitant un travail cellulaire et donc une dépense énergétique (mais le processus est bloqué en présence du poison métabolique).



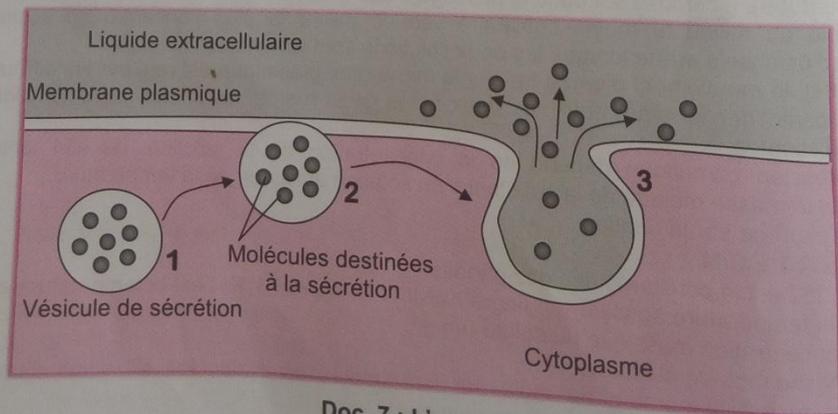
A : dans une cellule animale,



B : dans une cellule végétale

Doc. 6 : La pinocytose

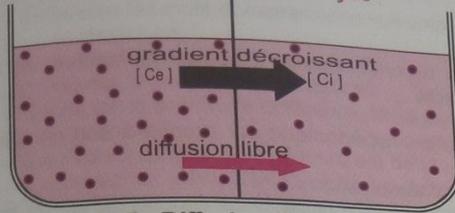
L'exocytose est le processus inverse de l'endocytose. Des substances contenues dans les vésicules sont déchargées hors de la cellule après fusion de la membrane de la vésicule avec la membrane plasmique. Un tel processus est directement lié à la structure membranaire et à l'activité cellulaire.



Doc. 7 : L'exocytose

N.B : Endocytose et exocytose constituent le transport vésiculaire des substances.

2 - Les échanges d'ions
a) La diffusion libre ou dialyse

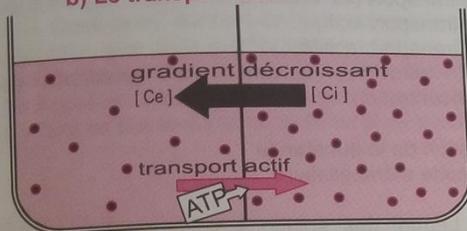


Doc. 7 : Diffusion libre

- l'eau
- molécule de substance dissoute
- [Ce] = concentration extracellulaire
- [Ci] = concentration intracellulaire
- [Ce] > [Ci]

Certaines substances dissoutes telles que les ions (Na^+ , Cl^- , K^+ , NH_4^+) traversent la membrane perméable, du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré c'est-à-dire conforme au gradient décroissant : c'est un phénomène passif ou **diffusion simple**. Elle permet d'équilibrer deux milieux de concentrations différentes séparés par une membrane perméable. C'est un phénomène tardif qui est toujours précédé d'une osmose. La dialyse permet de rétablir l'isotonie entre deux milieux, de concentrations différentes.

b) Le transport actif



Doc. 8 : Transport actif

Si par contre, le mouvement d'ions s'effectue du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, c'est-à-dire **contre le gradient** de concentration ou contre le gradient électrique, le transport est dit actif. Il est assuré par des transporteurs et nécessite toujours de l'énergie.

Exemple :

- [Ce] = concentration extracellulaire
- [Ci] = concentration intracellulaire
- [Ce] < [Ci]

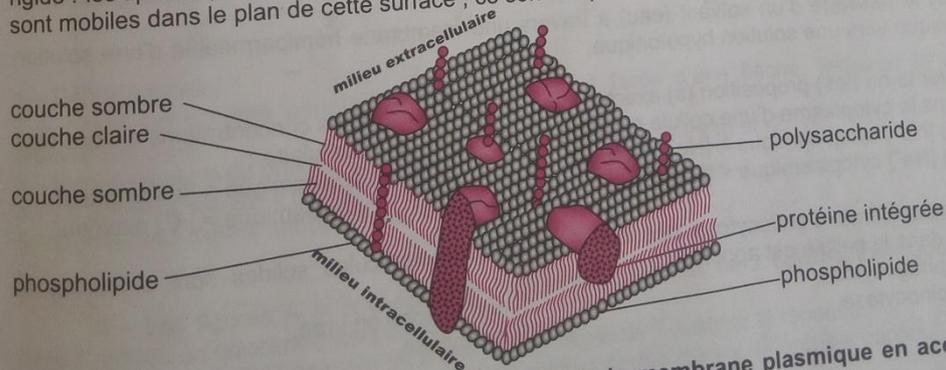
Conclusion : structure fonctionnelle de la membrane

L'analyse chimique des membranes isolées montre que celles-ci sont essentiellement composées de protéines et de lipides.

L'observation en microscopie électronique des coupes fines de membranes cellulaires montrent deux feuilletts sombres de 2 nm d'épaisseur séparés par un feuillet clair de 3,5 nm.

Les techniques de cryodécapage et l'observation des répliques en microscopie électronique montrent qu'au sein de ces feuilletts, lipides et protéines occupent une position particulière.

De nombreux travaux ont permis de proposer un modèle d'architecture membranaire complexe où lipides et protéines forment une véritable **mosaïque fluide**. Les lipides forment une **bicouche** dans laquelle sont enchâssées des protéines globulaires. Cet ensemble n'est pas rigide : les lipides, petites molécules orientées perpendiculairement à la surface de la membrane, sont mobiles dans le plan de cette surface ; ce sont les principaux agents de cette fluidité.



Doc. 9 : Un modèle d'architecture moléculaire de la membrane plasmique en accord avec les données chimiques, cytologiques et fonctionnelles : la mosaïque fluide.

Exercices

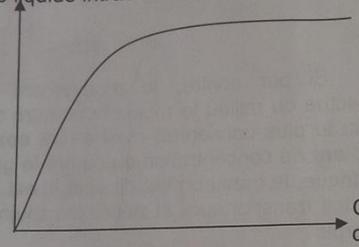
I - Restitution organisée des connaissances A - Questions à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une réponse exacte. Repérez le numéro de question suivi de la lettre qui désigne la réponse exacte.

- 1 - Le séjour d'une cellule animale dans une solution hypertonique par rapport à son contenu cellulaire entraîne :
- a) la plasmolyse ;
 - b) la turgescence ;
 - c) l'hémolyse ;
 - d) la déplasmolyse.

2 - D'après le graphique ci-dessous, quel est le mode de transport utilisé pour l'entrée d'une substance dans la cellule.

Concentration de la substance dans le liquide intracellulaire



- a) osmose,
- b) transport par vésicule,
- c) transport actif,
- d) transport facilité,
- e) diffusion suivant un gradient de concentration.

3 - Un patient arrive à l'hôpital très déshydraté. Lequel des solutions suivantes doit-on administrer ?

- a) solution hypotonique,
- b) solution isotonique,
- c) solution hypertonique,
- d) solution neutre.

4 - le terme qui désigne une solution dans laquelle les cellules perdent de l'eau au profit du milieu est :

- a) isotonique,
- b) hypertonique,
- c) hypotonique,
- d) catatonique.

5 - Le transport actif est :

- a) le passage d'un solvant (eau) à travers une membrane hémiperméable, d'une solution moins concentrée vers une solution plus concentrée,
- b) le passage de molécule ou d'ions à travers une membrane contre le gradient de concentration (électrique) nécessitant un apport d'énergie,
- c) le mouvement de molécule ou d'ions à travers une membrane suivant leur gradient de concentration,
- d) le passage d'un solvant (eau) à travers une membrane hémiperméable d'une solution hypertonique vers une solution hypotonique.

6 - relever la ou (les) proposition (s) exacte (s) en ce qui concerne les concentrations en Na^+ et K^+ dans le cytoplasme d'une cellule excitable et son milieu extracellulaire :

- a) $[Na^+]_{cytoplasmique} > [Na^+]_{exterieur}$,
- b) $[Na^+]_{cytoplasmique} < [Na^+]_{exterieur}$,
- c) $[K^+]_{cytoplasmique} < [K^+]_{exterieur}$,
- d) $[K^+]_{cytoplasmique} = [K^+]_{exterieur}$.

7 - Le mécanisme d'endocytose par lequel de grosses particules solides sont introduites dans la cellule est appelé :

- a) phagocytose,
- b) pinocytose,
- c) endocytose en vrac,
- d) exocytose.

B – Questions à réponses ouvertes

Exercice 1

- 1 – Définissez les mots et expressions suivants :
 - a) Hémolyse,
 - b) Plasmolyse,
 - c) Pinocytose,
 - d) Turgescence.
- 2 – Comparer endocytose et exocytose.
- 3 – Quelle est la principale différence entre les mécanismes de transport actifs et les mécanismes de transport passifs.
- 4 – Est-il exact de dire que l'osmose est de la « diffusion d'eau » ? Justifiez votre réponse.
- 5 – Expliquez les effets d'une solution hypotonique, d'une solution hypertonique et d'une solution isotonique sur les cellules vivantes (par exemple les globules rouges). Indiquez chaque fois par un petit schéma le sens du mouvement de l'eau.

Exercice 2

Des cellules de l'épithélium d'oignon fraîchement prélevées sont placées dans une solution de rouge neutre. Au bout d'une vingtaine de minutes, on constate que leurs vacuoles sont colorées en rouge, tandis que le cytoplasme garde sa couleur initiale. Ces cellules sont ensuite transférées dans une solution très concentrée de sel. La membrane cytoplasmique se décolle de la paroi squelettique, mais la couleur rouge des vacuoles devient plus foncée.

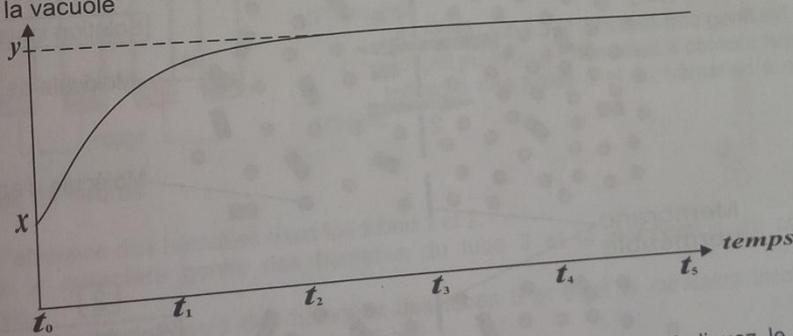
- 1 – Quel nom donne-t-on au phénomène caractérisé par le décollement de la membrane cytoplasmique de la membrane squelettique ?
- 2 – Décrire les mouvements d'eau aboutissant à ce phénomène.
- 3 – Apprécier les mouvements du rouge neutre dans les deux sens de la paroi de la cellule.
- 4 – Que se passe-t-il si les cellules ainsi transformées étaient replacées dans de l'eau pure ?

Baccalauréat C 2007 Cameroun. Partiel.

Exercice 3

On plonge une cellule végétale normale dans une solution de concentration inconnue. On mesure à l'aide d'un appareil approprié, la taille de la vacuole et celle de la cellule et on fait le rapport taille de la cellule/ taille de la vacuole au cours du temps. Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe suivante.

Taille de la cellule
taille de la vacuole



- 1 – Définir solution,
- 2 – Faites un schéma annoté de cette cellule et à l'aide d'une flèche, indiquez le sens mouvement d'eau.
- 3 – Donnez le nom du phénomène biologique qui se déroule entre t0 et t2.
- 4 – Le soluté utilisé est-il diffusible ? Justifiez votre réponse.
- 5 – Donnez le schéma annoté de cette cellule à t5.

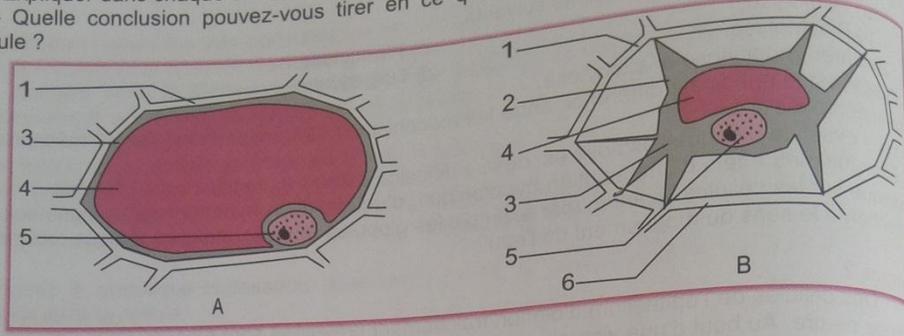
Exercice 4

A – Les figures A et B ci-après représentent 2 aspects de 2 cellules identiques placées dans 2 milieux de concentrations différentes.

- 1 – S'agit-il d'une cellule animale ou d'une cellule végétale ? Justifier la réponse.
- 2 – Annoter les documents A et B à l'aide des chiffres portés sur les différentes parties.
- 3 – Reconnaître les deux phénomènes dont, les cellules sont le siège.

TERMINALE

4 - Expliquer dans chaque cas comment on a obtenu l'état physiologique de chaque cellule.
 5 - Quelle conclusion pouvez-vous tirer en ce qui concerne le mouvement de l'eau dans la cellule ?

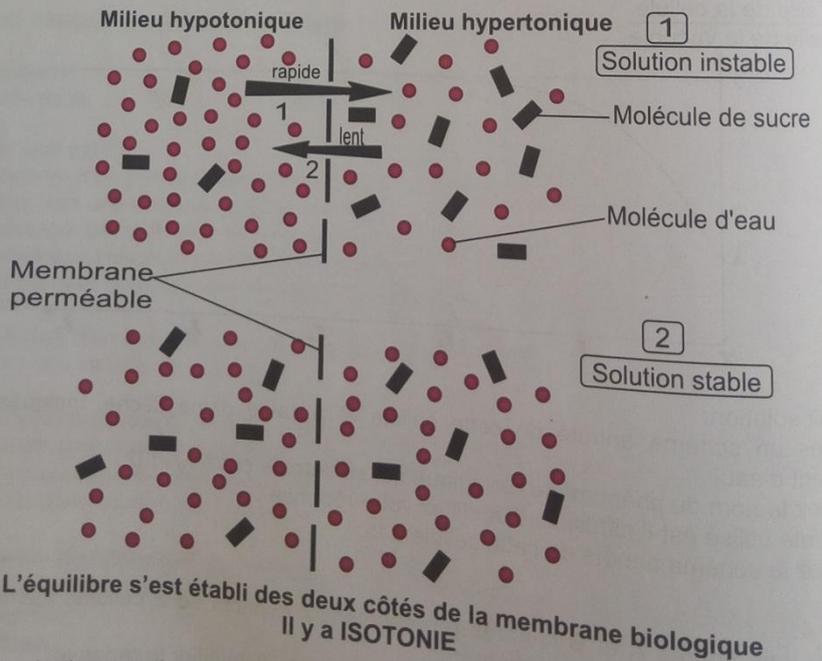


Exercice 5

- 1 - Définissez les termes suivants :
 Osmose, diffusion simple, endocytose, exocytose et phagocytose.
- 2 - Quelle est la principale différence entre les mécanismes de transport actif et les mécanismes de transport passif ?
- 3 - Expliquez les effets d'une solution hypotonique, d'une solution hypertonique et d'une solution isotonique sur des cellules vivantes (par exemple les globules rouges).
- 4 - La cellule végétale est placée dans un milieu contenant une solution de Na^+ , Cl^- à 50 g/L. Calculez la pression osmotique du milieu extracellulaire sachant que l'on expérimente à 20°C. $\text{Na} = 23$ et $\text{Cl} = 35,5$.

Exercice 6

Le document 1 est un schéma présentant des mouvements d'eau et de sucre à travers une membrane perméable séparant 2 solutions depuis l'étape 1 où la solution est qualifiée d'instable jusqu'à l'étape 2 où la solution est qualifiée de stable.



- 1 - Que représentent respectivement les flèches 1 et 2 de ce document ?
- 2 - Expliquer les mentions « rapide » et « lent » de chacune des flèches.

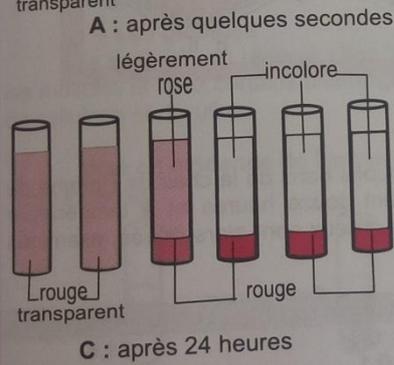
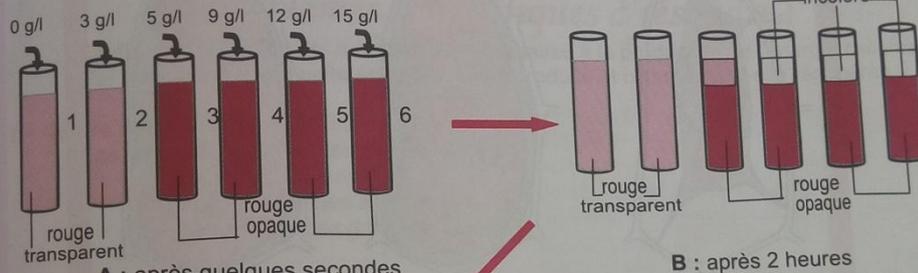
- 3 - Donner les noms respectifs des phénomènes physiques qui se déroulent au niveau des flèches 1 et 2.
- 4 - a) Les deux phénomènes se seraient-ils produits si au départ on avait placé une membrane hémiperméable à la place d'une membrane perméable ?
b) Justifiez votre réponse en a).
- 5 - Dans l'étape 2 de la solution, on ne trouve plus les flèches de l'étape 1. Les phénomènes représentés ont-ils cessé ? Justifiez votre réponse.
- 6 - Expliquer brièvement l'évolution de la pression osmotique dans les deux compartiments du montage de l'étape 1 et l'étape 2.

Baccalauréat C 2007 Cameroun. Partiel.

II - Exploitation des documents

Exercice 1

On dispose de 6 tubes à essais numérotés de 1 à 6 dans lesquels on place des solutions de Na^+ , Cl^- de différentes concentrations. On laisse tomber dans chaque tube 4 gouttes de sang frais, et on agite légèrement pour bien mélanger.



En dehors des observations apparaissant sur le document, les observations au microscope donnent les résultats suivants :

- prélèvement des tubes 1 et 2 : pas d'hématies ;
- dépôt du tube 3 : hématies très gonflées ;
- dépôt du tube 4 : hématies à contour normal ;
- dépôts des tubes 5 et 6 : hématies à contour crénelé.

- 1 - Expliquez l'absence des hématies dans les tubes 1 et 2.
- 2 - Expliquez le caractère gonflé des hématies du tube 3 et la signification de coloration légèrement rose.
- 3 - Expliquez le contour crénelé des hématies des tubes 5 et 6, et le caractère incolore de liquides qui surmontent les dépôts des tubes 4, 5 et 6.
- 4 - Expliquez le contour normal des hématies du tube 4.
- 5 - Expliquez en quelques lignes comment cette expérience a été à l'origine de l'utilisation de liquide de Ringer pour les expériences avec les tissus vivants et les solutions de glucosé et de sa pour le support des perfusions de médicaments dans les centres médicaux.

Exercice 2***

On monte entre lame et lamelle des cellules végétales colorées par du rouge neutre dilués dans des solutions d'urée de concentrations différentes, et on observe immédiatement au microscope.

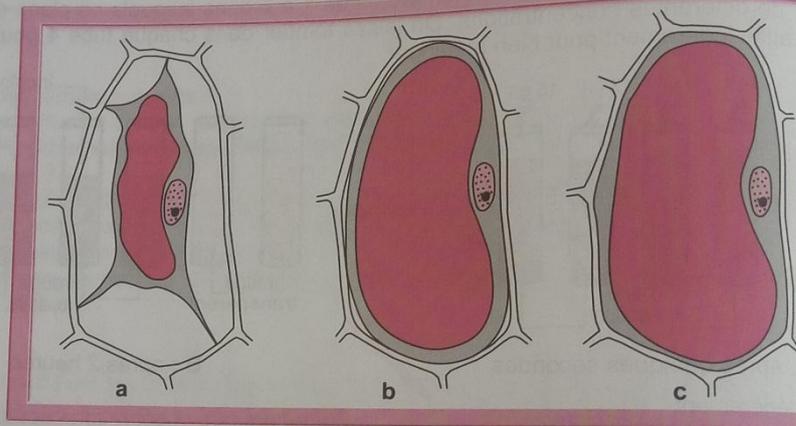
- Le document suivant représente l'aspect des cellules dans différents milieux de montage :
- le schéma a correspond à la solution (a) = solution d'urée à 6%,
 - le schéma b correspond à la solution (b) = solution d'urée à 1,8%,
 - le schéma c correspond à la solution (c) = solution d'urée à 1%,

1 – Commenter brièvement les schémas a, b et c. L'une des trois permet d'évaluer la pression osmotique du liquide vacuolaire ; dire laquelle et préciser pourquoi. Calculer la pression os

sachant que la température ambiante est de 20°C.
 Noter que la pression osmotique P , exprimée en atmosphère, est donnée par la
 $P = \alpha Tm$ dans laquelle T est la température absolue (en degré Kelvin) et m le nombre
 par litre (moles de molécules s'il s'agit d'un corps moléculaire, moles d'ions s'il s'agit d'
 ionique) ; α est le coefficient de proportionnalité qui dépend des unités choisies et de
 utilisé ; ici, $\alpha = 0,082$

Urée = CO(NH₂)₂, O = 16, H = 1, N = 14, C = 12.

2 – Au bout de 15 minutes, on constate que la majorité des cellules des trois montages dans l'urée (a, b et c) présente le même aspect correspondant au schéma c. Quelle co peut-on tirer ?



Exercice 3***

On fait séjourner des cylindre de 30 mm de long découpés dans de la chair de P terre dans huit milieux de concentrations différentes pendant douze heures et à te constante de 17°C. Les cylindres contenus dans chacun des milieux sont alors retirés, avec précision (tableau ci-dessous).

- a) Construire la courbe exprimant, en fonction de la concentration du milieu, les variations de la longueur des cylindres par rapport à la longueur initiale. Commenter cette courbe.
- b) Déterminer graphiquement la concentration de la solution qui se trouve isotonique de celle des tissus de la Pomme de terre et calculer sa pression osmotique.
- c) Interpréter ces résultats.

Concentration en mol.l ⁻¹	Longueurs
0	31
0,1	30
0,2	30
0,3	29
0,4	28
0,5	28
0,6	28
0,7	28

III – Saisie de l'information

Le colostrum, premier lait de la mère, contient des anticorps (qui sont de grosses protéiques) en abondance. Ces anticorps maternels protègent les enfants nourris aux se les infections tant qu'ils ne sont pas capables de produire leur propre anticorps.

- 1 – Quels sont les modes de transport vers le sang des anticorps maternels à travers l tapissant le tube digestif du nouveau-né ?
- 2 – Schématisez chaque mode transport.

CHAPITRE 3 : LE MÉTABOLISME ÉNERGÉTIQUE DE LA CELLULE

Objectifs pédagogiques

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- de nommer les différents métabolites que la cellule utilise pour la production de l'énergie,
- d'expliquer succinctement un mécanisme de production de l'ATP par la cellule.

Les pré-requis

La digestion des aliments permet d'obtenir des nutriments capables de traverser la paroi intestinale et de passer dans le sang et la lymphe qui les transportent jusqu'aux cellules. La cellule utilise ces nutriments sous forme de métabolites.

L'énergie contenue dans ces métabolites est produite au cours de la respiration et des fermentations cellulaires.

Problèmes scientifiques à résoudre :

Quels sont les différents métabolites nécessaires à la production de l'énergie cellulaire ?
Par quel mécanisme cette énergie est-elle produite et comment est-elle régénérée ?

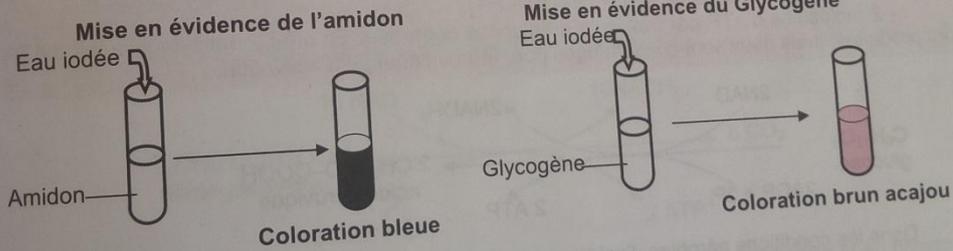
I - Nature des métabolites utilisés

Les métabolites cellulaires sont de nature :

- glucidique (glucose),
- protéique (acides aminés),
- lipidique (acides gras et glycérol).

1 - Les glucides

Ils sont mis en réserve chez les animaux sous forme de glycogène stocké dans le foie et les muscles et chez certains champignons. Chez les végétaux, on les trouve sous forme d'amidon, de cellulose et d'inuline.

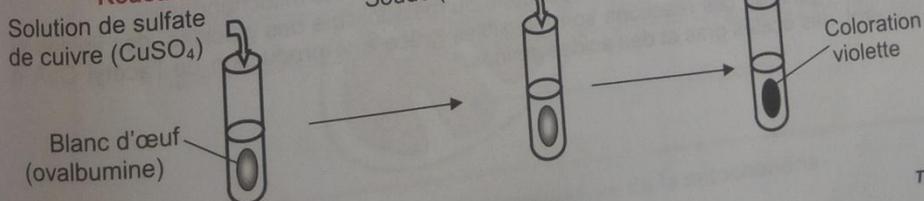


La cellulose se colore violet par le chlorure de zinc iodé

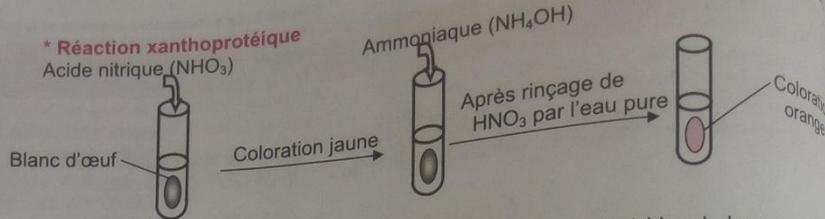
2 - Les protides

Ce sont les constituants essentiels des cellules. On les retrouve en réserve sous forme de graines d'aleurone dans les dattes. Elles sont mises en évidence par les réactions xanthoprotéique et de biuret.

* Réaction du biuret



TERMIN



3 - Les lipides

On les trouve dans les tissus adipeux sous forme de triglycéride et dans les grains oléagineux.

Les lipides se colorent en noir au contact du tétraoxyde d'osmium et en rouge en présence du rouge soudan III.

II - La production de l'énergie et la restauration de l'ATP

A - La production de l'énergie

Au niveau cellulaire, les réactions chimiques de dégradation des molécules organiques productrices d'énergie se déroulent pendant la respiration et les fermentations.

1 - La respiration cellulaire

La respiration est une oxydation cellulaire complète d'un métabolite organique au cours de laquelle il y a production de l'énergie et dégagement de déchets minéraux (CO₂ et H₂O).

Elle se déroule en trois étapes successives : la glycolyse, le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire ou chaîne de transporteurs des électrons. Chacune de cette étape est productrice d'énergie, mais l'essentiel provient de la chaîne respiratoire.

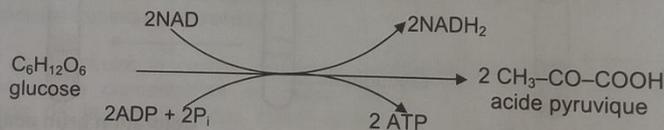
a) La glycolyse cytoplasmique ou voie glycolytique

Elle a lieu dans le cytosol des cellules. C'est un processus anaérobie tout simplement parce que la glycolyse ne fait pas intervenir l'oxygène.

Les produits finaux de la glycolyse sont :

- 2 molécules d'acide pyruvique,
- 2 molécules réduites de NAD⁺ (NADH + H⁺),

- 2 molécules d'ATP par molécule de glucose dégradée. En effet, quatre molécules d'ATP sont produites, mais deux sont consommées pour fournir l'énergie d'activation.



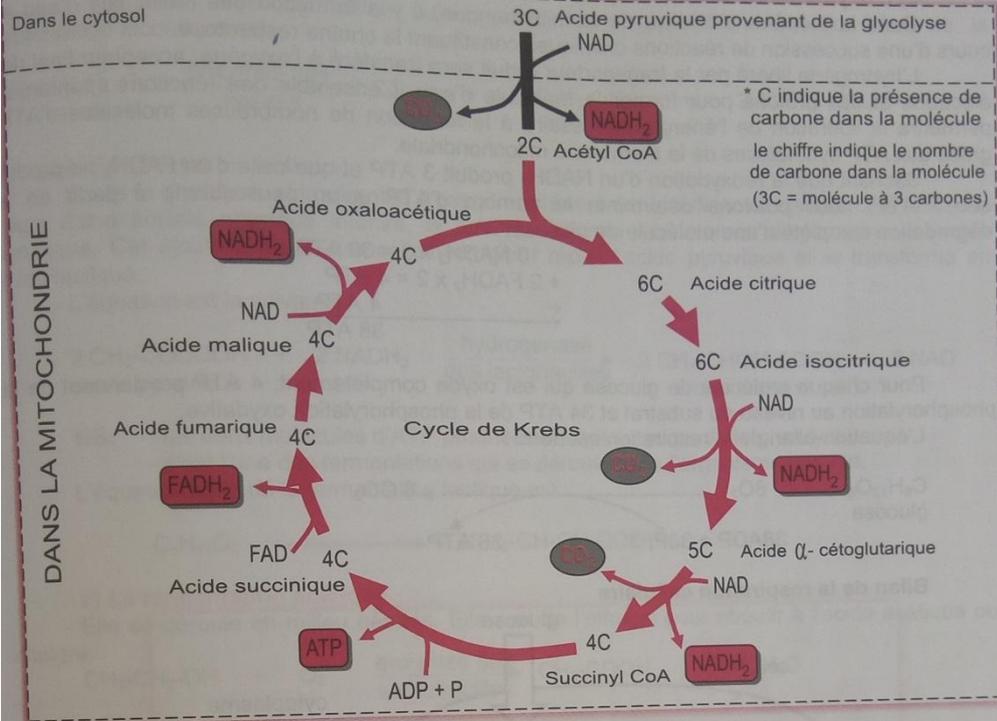
Dans les conditions aérobies, l'acide pyruvique entre dans le cycle de Krebs.

b) Cycle de Krebs ou cycle de l'acide citrique

Le cycle de Krebs est la deuxième étape de l'oxydation du glucose. Elle se déroule dans la matrice mitochondriale et est alimentée par l'acide pyruvique activé. C'est un ensemble de réactions de décarboxylations et de déshydrogénations de l'acide pyruvique dans la matrice mitochondriale et catalysées par les déshydrogénases et les décarboxylases.

Après être entré dans la mitochondrie, l'acide pyruvique est d'abord converti en acétyl CoA prêt à entrer dans le cycle de Krebs et à être dégradé par les enzymes mitochondriales.

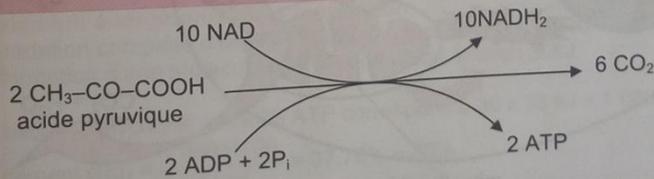
Le cycle de Krebs est la voie finale commune du métabolisme des glucides, des lipides et des protéines. En général, ces réactions sont possibles grâce à la production de l'acétyl CoA à partir du glycérol, des acides gras et des acides aminés.



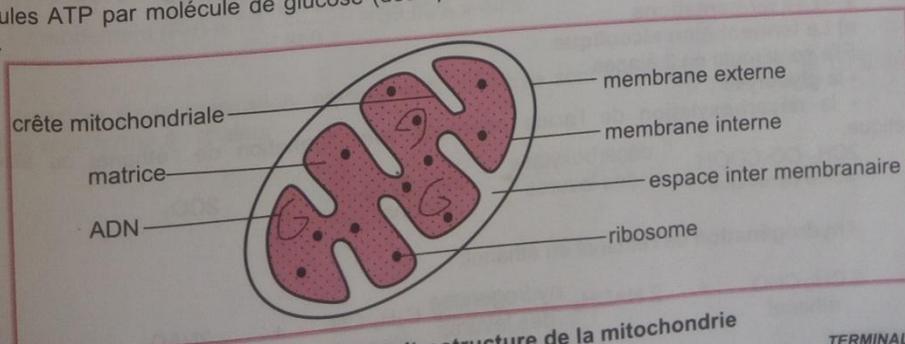
Doc. 1 : Schéma simplifié du cycle de Krebs

Pour chaque molécule de glucose dégradée, le cycle de Krebs aboutit à la formation de :

- 6 molécules de CO₂,
- 2 molécules d'ATP,
- 10 molécules de transporteurs réduits (2FADH₂ + 8NADH₂).



Jusqu'à ce niveau, les molécules d'ATP obtenues au niveau de la glycolyse et au niveau du cycle de Krebs est par phosphorylation au niveau du substrat. C'est un gain net de quatre molécules ATP par molécule de glucose (deux pendant la glycolyse et deux pendant le cycle de Krebs).



Doc. 2 : Schéma de l'ultrastructure de la mitochondrie

TERMINALE C

c) L'oxydation ou chaîne respiratoire

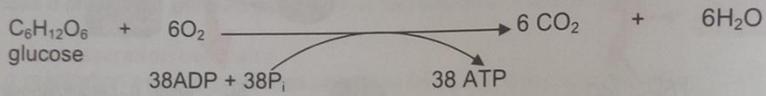
Dans la membrane interne de la mitochondrie, il y a formation des molécules d'eau au cours d'une succession de réactions chimiques constituant la chaîne respiratoire.

L'hydrogène libéré par le transporteur réduit sera transféré à l'oxygène, accepteur final des électrons et des protons pour former la molécule d'eau. L'ensemble des réactions spontanées permettra la libération de l'énergie nécessaire à la formation de nombreuses molécules d'ATP grâce aux ATP synthétases de la membrane mitochondriale.

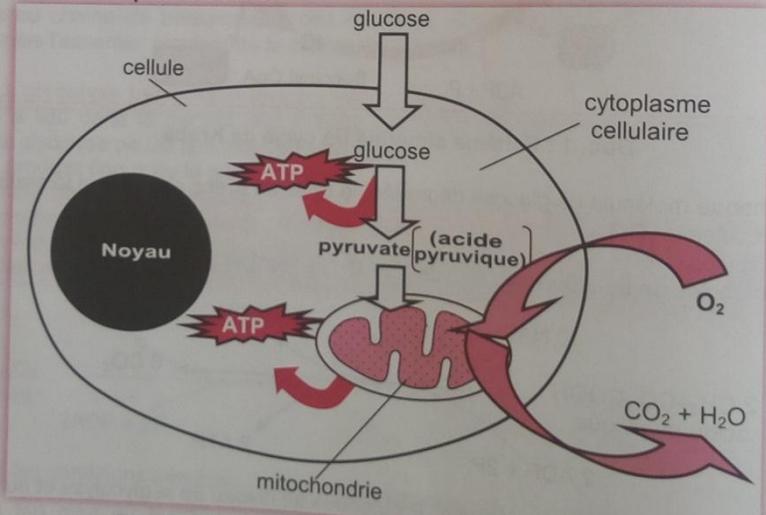
Sachant que la réoxydation d'un NADH₂ produit 3 ATP et que celle d'un FADH₂ ne produit que 2 ATP, nous pouvons déterminer le nombre d'ATP qu'on peut obtenir à partir de la dégradation complète d'une molécule de glucose.

$$\begin{array}{r}
 10 \text{ NADH}_2 \times 3 = 30 \text{ ATP} \\
 + 2 \text{ FADH}_2 \times 2 = 4 \text{ ATP} \\
 + \quad \quad \quad 4 \text{ ATP} \\
 \hline
 38 \text{ ATP}
 \end{array}$$

Pour chaque molécule de glucose qui est oxydé complètement, 4 ATP proviennent de la phosphorylation au niveau du substrat et 34 ATP de la phosphorylation oxydative. L'équation-bilan de la respiration est donc :



Bilan de la respiration cellulaire



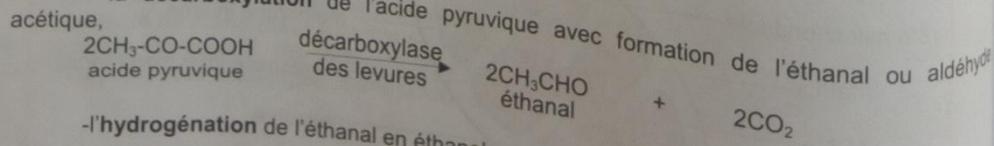
Doc. 3 : Schéma du bilan de la respiration cellulaire

2 - Les fermentations

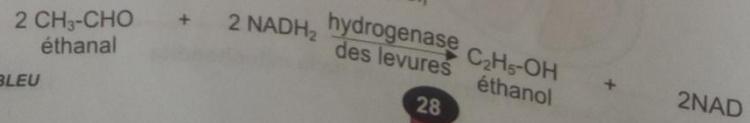
a) La fermentation alcoolique

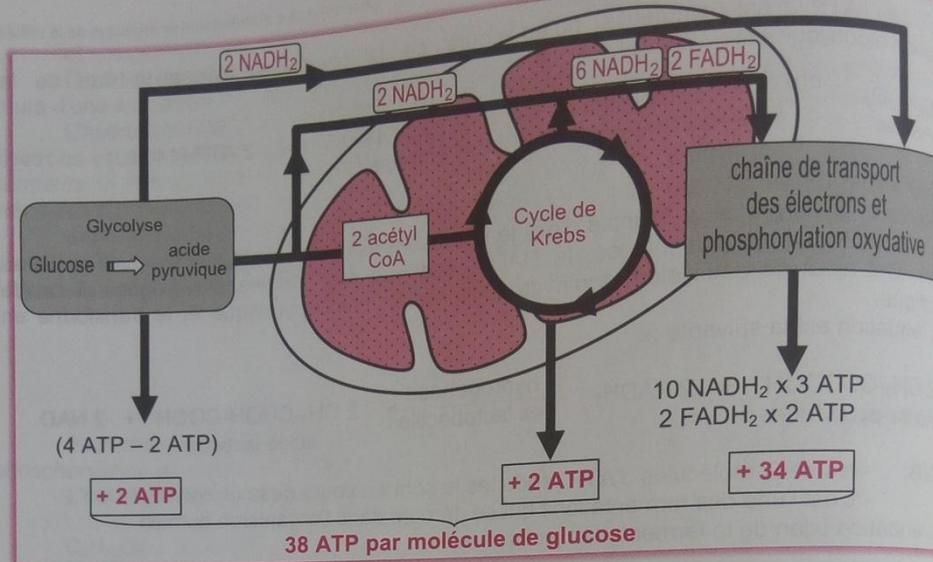
Elle se déroule en 3 étapes :

- la glycolyse ;
- la **décarboxylation** de l'acide pyruvique avec formation de l'éthanal ou aldéhyde acétique,



- l'**hydrogénation** de l'éthanal en éthanol ;





Doc. 4 : Rendement énergétique de la respiration cellulaire

b) Rendement énergétique de la fermentation

2 ATP sont formés au cours de la glycolyse. Le rendement (Rd) = $\frac{2 \times 30 \times 100}{2860} \approx 2\%$

Le rendement de la fermentation est trop faible par rapport au rendement de la respiration car la dégradation du métabolite est incomplète et produit un résidu organique encore très riche en énergie. Tandis que dans la respiration, l'oxydation des métabolites est complète.

Comparaison entre la respiration et la fermentation

	Respiration	Fermentation
Equation	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 2860 \text{ KJ}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 2\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH} + \text{KJ}$
Oxydation du substrat	Complète	Incomplète (résidu organique)
localisation	Cytosol et mitochondries	cytosol
Rendement énergétique	Important avec 38 moles d'ATP/mole de glucose dégradé	faible avec seulement 2 moles d'ATP/mole de glucose dégradé
Présence d'oxygène	Aérobiose stricte	Aérobiose stricte Exemple : fermentation acétique Anaérobiose non obligatoire Exemple : fermentation alcoolique Anaérobiose obligatoire Exemple : fermentation butyrique
Rapidité de régénération de l'ATP	Peu rapide : réactions enzymatiques nombreuses, deux compartiments concernés	Rapide : réactions peu nombreuses, un seul compartiment concerné

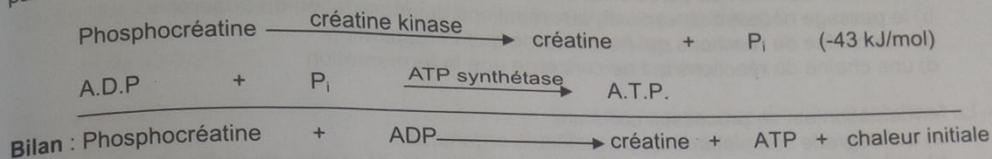
Doc. 5 : Comparaison de la respiration et de la fermentation

B – La restauration ou régénération de l'ATP

Il existe trois voies de régénération de l'ATP

1 – La voie anaérobie alactique :

Elle intervient lors des contractions très brèves (quelques secondes). Elle permet une restauration immédiate de l'ATP sans intervention de dioxygène et sans formation d'acide lactique, c'est donc une **voie anaérobie alactique**. Au cours de celle-ci, intervient la phosphocréatine, composé phosphorylé énergétique qui, en présence d'une enzyme (la créatine kinase) est dégradée en libérant 43 kJ/mol. Cette réaction énergétique est couplée à la synthèse de l'ATP à partir de l'ADP.

**2 – La voie anaérobie lactique ou voie de la glycolyse**

Lorsque les contractions durent un peu plus longtemps, la demande en ATP dépasse les possibilités de la voie précédente ; alors se met en place le processus de glycolyse. Elle se déroule en plusieurs étapes :

- l'hydrolyse du glycogène musculaire en glucose,
- la glycolyse avec production de 2 ATP et 2 acides pyruviques,
- la production d'acide lactique à partir de l'acide pyruvique. Ce processus est anaérobie.

L'acide lactique est entraîné par le sang vers le foie qui l'utilise pour la néoglucogenèse ou pour des oxydations respiratoires.

3 – La voie aérobie

En cas de contraction musculaire prolongée, le débit sanguin augmente et accroît l'alimentation des muscles en dioxygène ; dès lors commencent les oxydations respiratoires dans les mitochondries. Les métabolites des muscles (acides pyruviques, acides gras) sont d'abord oxydés, viennent ensuite les métabolites sanguins (glucose acides gras) et l'ATP est ainsi produit en grande quantité. C'est en réalité la voie de la respiration cellulaire.

Conclusion

La respiration et les fermentations sont des mécanismes biologiques qui permettent aux cellules de synthétiser des molécules d'ATP, source d'énergie directement utilisable par les êtres vivants pour couvrir leurs dépenses énergétiques. L'énergie chimique contenue dans l'ATP représente une partie de l'énergie chimique potentielle des substrats organiques dégradés complètement au cours de la respiration ou incomplètement au cours des fermentations. Cette conversion de l'énergie des métabolites en ATP se fait avec production de chaleur, formation d'énergie non utilisable par la cellule.

La synthèse de l'ATP dans la cellule se réalise au cours des réactions d'oxydoréduction qui ont lieu dans le cytoplasme (glycolyse et fermentation) et dans la mitochondrie (cycle de Krebs et phosphorylation oxydative).

La quantité d'ATP formée lors de la respiration est plus importante que celle des fermentations.

Exercices

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples (Q C M)

Chaque série de questions ou affirmations comporte une réponse exacte. Repérez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse exacte.

- 1 - La glycolyse est :
 - a) le couloir commun au déroulement de la respiration et des fermentations,
 - b) le passage nécessaire, exclusif, aux réactions de dégradation en anaérobie,
 - c) une chaîne de réactions qui ne concerne que la respiration,
 - d) une chaîne de réactions qui ne concerne que la fermentation.

- 2 - La fermentation est un processus cellulaire :
 - a) qui dégrade complètement une molécule organique,
 - b) qui permet à une cellule d'utiliser une partie de l'énergie chimique d'une molécule organique,
 - c) qui se réalise dans les mitochondries,
 - d) qui est toujours anaérobie.

- 3 - La cellule vivante utilise directement l'énergie :
 - a) chimique contenue dans les nutriments organiques,
 - b) libérée lors de la glycolyse
 - c) libérée par l'hydrolyse de l'ATP,
 - d) libérée lors de l'oxydation des acides gras.

- 4 - La respiration est :
 - a) l'oxydation complète d'un métabolite en anaérobiose,
 - b) l'oxydation incomplète d'un métabolite,
 - c) un phénomène biologique au cours duquel des métabolites sont complètement dégradés en molécules minérales,
 - d) un phénomène biologique au cours duquel est réalisée la synthèse de métabolites à partir de molécules minérales,

- 5 - La glycolyse se déroule :
 - a) dans les crêtes mitochondriales,
 - b) dans la matrice mitochondriale,
 - c) entre les deux feuillettes de la membrane mitochondriale,
 - d) dans le cytoplasme.

- 6 - Laquelle de ces fermentations se produit souvent dans les muscles ?
 - a) fermentation acétique,
 - b) fermentation alcoolique,
 - c) fermentation lactique,
 - d) fermentation butyrique.

- 7 - L'ATP appartient au groupe des :
 - a) nucléotides,
 - b) acides aminés,
 - c) polypeptides,
 - d) nucléosides.

- 8 - Dans la fermentation alcoolique, l'accepteur d'hydrogène est :
 - a) le dioxygène,
 - b) l'éthanal,
 - c) l'acide acétique,
 - d) l'acide pyruvique.

- 9 - Dans la respiration, l'accepteur d'hydrogène est :
 - a) le dioxygène,
 - b) l'éthanal,
 - c) l'acide acétique,
 - d) l'acide pyruvique.

- 10 - Le cycle de Krebs se déroule :
 - a) sur la membrane mitochondriale externe,
 - b) dans la matrice mitochondriale,

- c) entre les deux membranes mitochondriales,
d) dans la bicouche des membranes mitochondriales.
- 11 - La mitochondrie :
- accumule les métabolites qui vont produire de l'énergie,
 - transforme l'énergie lumineuse en énergie chimique,
 - est le siège le plus caractéristique de la respiration,
 - est le siège de la dégradation des ATP.
- 12 - Le test à l'eau iodée met en évidence la présence dans une solution :
- de l'amidon,
 - du maltose,
 - du glucose,
 - d'une protéine.
- 13 - Le test à la liqueur de Fehling à chaud met en évidence la présence dans une solution :
- de l'amidon,
 - d'un sucre réducteur,
 - du saccharose,
 - du glycogène.
- 14 - Le test à la liqueur de Fehling à chaud est négatif sur la solution suivante :
- maltose,
 - saccharose,
 - glucose,
 - galactose.

B - Questions à réponses ouvertes

Exercice 1

- 1 - Faites le test caractéristique de l'amidon, du glucose, des protéines et des lipides.

Exercice 2

La première série de réactions de dégradation aérobie du glucose en CO_2 et en H_2O est la glycolyse.

- Cela ne semble-t-il pas contradictoire quand on sait que la glycolyse est une réaction anaérobie ? Justifiez votre réponse.
- Comparer la glycolyse aérobie et la glycolyse anaérobie.
- Les mitochondries sont les organites dans lesquels se produisent les oxydations libérant l'énergie cellulaire.
 - Sous quelle forme est-elle stockée ?
 - Citer deux sources productrices de cette énergie dans la cellule.
 - Quels sont les produits finaux de la glycolyse et du cycle de Krebs ?

Exercice 3

Au cours des oxydations cellulaires, le glucose est le carburant le plus utilisé dans la cellule.

- Comment nomme-t-on ce phénomène au cours duquel le glucose est totalement oxydé ?
- D'où vient ce glucose utilisé par la cellule ? Comment parvient-il aux cellules ?
- D'où vient le dioxygène utilisé par la cellule ? Comment parvient-il aux cellules ?
- Ecrivez l'équation globale de la respiration, en prenant comme exemple le glucose.
- Combien faut-il d'atomes de dioxygène pour oxyder totalement une molécule de glucose ?
- Combien faut-il de molécules de dioxygène pour oxyder totalement une molécule de glucose ?
- Au cours d'une activité intense, les cellules musculaires sont insuffisamment alimentées en dioxygène pour oxyder le glucose. Mais elles trouvent de l'énergie indispensable à leur contraction dans un autre phénomène appelé fermentation lactique. Qu'est-ce que la fermentation ?

II - Exploitation des documents

Exercice 1

Une colonie de levure de bière (champignons unicellulaires microscopique) est divisée en deux lots initialement identiques. Le premier lot (colonie A) est cultivé à 25°C en milieu aérobie (oxygène à saturation), le second lot (colonie B) est cultivé à la même température en milieu anaérobie (sans oxygène).

Le tableau suivant résume le bilan des cultures pour 2 g de levures consommant 1 g de glucose.

	Colonie A aérobie	Colonie B anaérobie
Volume d'O ₂ utilisé	0,75 L	0,23 L
Volume de CO ₂ produit	0,74 L	0,46 g
Masse d'alcool produit	0	1 g
Masse de glucose consommé	1 g	0,02 g
Masse de levure produite	0,6g	

Par ailleurs, à la fin de la culture, on isole de chaque lot de levures l'organite du document ci-dessous.

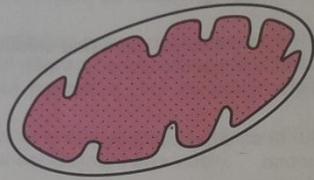


Schéma A

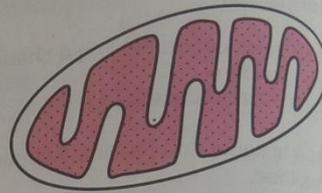
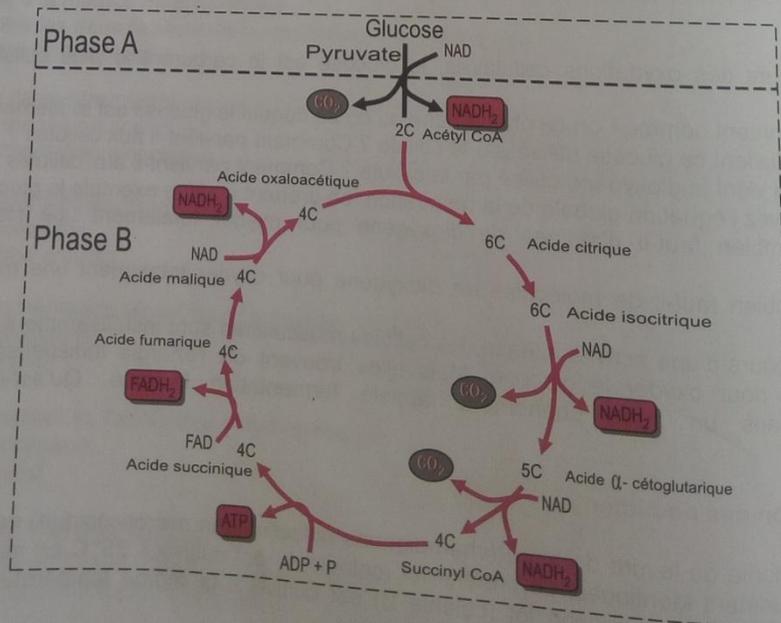


Schéma B

- Sachant que le rendement de la culture est égal à : $\frac{\text{masse des levures produites}}{\text{masse du glucose consommé}} \times 100$. Déterminer le rendement de la culture dans chaque cas.
 - Lequel des deux milieux permet un meilleur rendement de la culture des levures ?
- Dans chacun de ces milieux de culture ; quel est le phénomène biologique qui permet aux levures de produire de l'énergie ?
 - Ecrire les équations chimiques de chacun de ces phénomènes.
- Nommer l'organite du document et déterminer son rôle dans la cellule.
 - Quelle différence notez-vous entre les deux schémas ?
 - Comment expliquez-vous cette différence ?
 - De quel lot de levures a été isolé chaque schéma ?

Exercice 2

Le document suivant représente un processus qui se déroule dans les cellules vivantes.



1 - Identifier ce document.

2 - Dans quel organite cellulaire se déroule la phase B ?

3 - Où se déroule la phase A ?

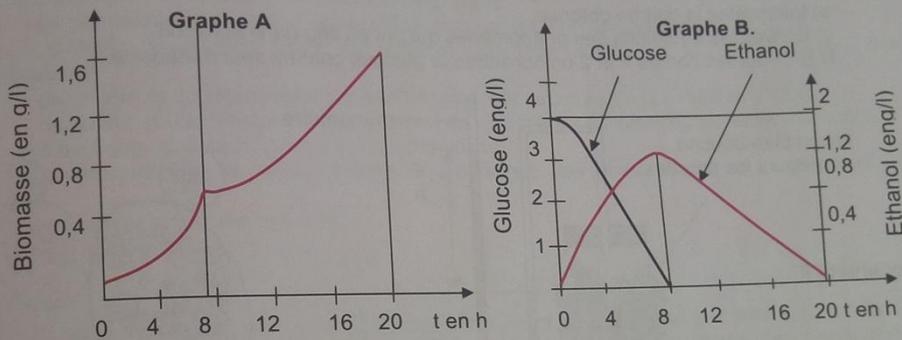
4 - Comment appelle-t-on la phase A ? Même question pour la phase B.

Exercice 3

Dans un fermenteur, on introduit une solution de glucose à 4 g/l et de la levure de bière. Le taux d'oxygène dissout est maintenant à environ 20% de la saturation grâce à un aérateur approprié. Trois paramètres sont mesurés en fonction du temps.

- La croissance de la population de levure, exprimée en biomasse (g/l)
- La teneur du milieu en glucose,
- La teneur du milieu en éthanol.

Les différentes mesures ont permis de tracer les graphes A et B.

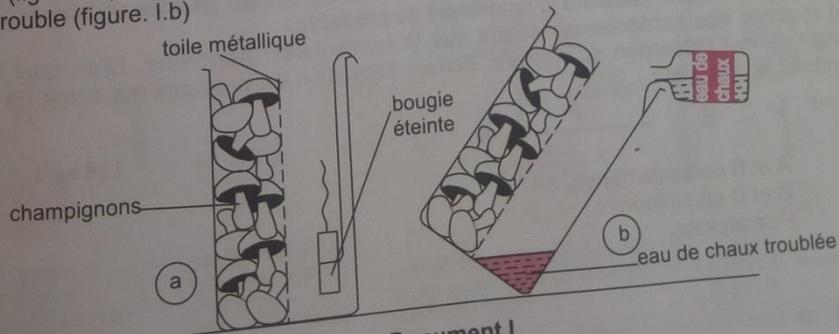


- Analysez le graphe B.
- Déterminez le nombre de parties du graphe A.
- Déduisez du graphe B l'origine de l'énergie nécessaire à chacune des parties pour la croissance des levures.
- Quelle serait l'origine de l'énergie nécessaire à la croissance de la levure si la teneur de la solution de glucose était très basse ? (moins de 100 mg).
- Ecrivez l'équation de la réaction libérant cette énergie.
- Le rendement de la fermentation est plus faible que celui de la respiration. Expliquez-vous.

III - SAISIE DE L'INFORMATION BIOLOGIQUE

1 - Des organes végétaux non chlorophylliens (champignons, tubercules de manioc, carottes, etc...) sont placés dans une moitié d'un bocal à large ouverture partagé par une toile métallique. Le bocal est fermé à l'aide d'un bouchon de liège bien hermétique.

On introduit une bougie enflammée dans l'autre moitié du bocal le jour suivant, elle s'éteint aussitôt (figure 1.a) et si on fait couler un peu d'eau de chaux le long de la paroi interne du bocal, elle se trouble (figure 1.b)



Document 1

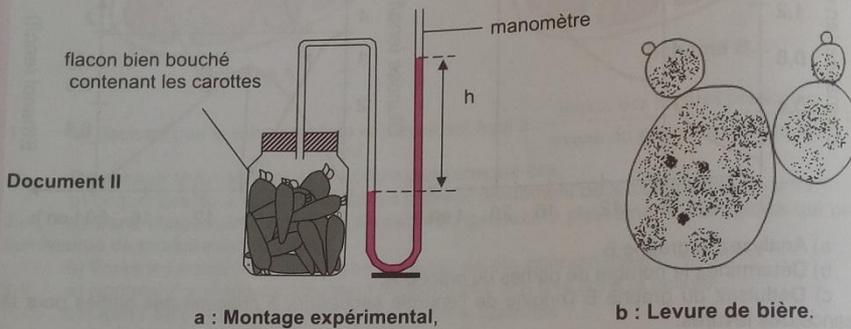
a) Pourquoi la bougie s'éteint-elle ?

- b) Pourquoi l'eau de chaux se trouble-t-elle ?
 c) Ecrivez l'équation du phénomène qui a eu lieu dans le bocal et qui justifie les faits ci-dessus signalés
 d) Le résultat aurait-il été différent si on avait remplacé ces organes par les organes chlorophylliens frais ? Justifiez vos réponses.
- 2 - On place des racines de carottes coupées ou non dans un flacon muni d'un manomètre à eau colorée (Document II.a).

Le tableau ci-dessous présente les variations de pression P (en 10^{-4} N/cm²) en fonction du temps T (en heures) indiquées par le manomètre.

Temps (heures)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pression (en 10^{-4} N/cm ²)	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8	8	8

- a) Construisez la courbe $P = f(T)$ sur un repère orthonormé.
 b) Interprétez la courbe obtenue.
 c) Ecrivez les équations des phénomènes qui ont eu lieu dans le flacon.
 N.B : Pour les parties 1 et 2 on considère le glucose comme seul métabolite.

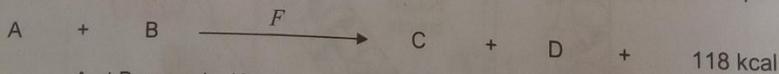


3 - La respiration et la fermentation ont pour fonction de fournir à l'être vivant l'énergie dont il a besoin.

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous ont été obtenus par Pasteur en 1861 au cours d'une étude sur la levure de bière. Un champignon microscopique unicellulaire qui se reproduit par bourgeonnement (Document II.b).

Conditions expérimentales	Aérobies	Anaérobies
Masse du glucose consommé (G)	0,098 g	45 g
Masse de levure produite (L)	0,024 g	0,255 g

- a) Comparez les rendements de production dans les deux cas.
 On rappelle que le rendement de production = levure produite / glucose consommé.
 (Le candidat calculera le rendement au préalable)
- b) Il existe des fermentations autres que la fermentation alcoolique. Dites quel type de fermentation permet l'obtention du vinaigre. Ecrivez l'équation en précisant les corps de départ, ceux formés et le catalyseur.



A et B corps de départ,
 C et D corps formés,
 F catalyseur.

Objectifs

- À la
- d'
- d'
- cellulaire (
- d'
- de
-
- chromosom
- d'
- d'
- d'
- c
- l'espèce,
- d'

CH
 capable d
 métabolis

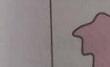
Q
 Q
 C
 Q

I - La né

ar

fragme
 nucléé

4



- cicat
- régé
- de la
- mou
- divis

Doc. 1
 et c gr

BORD B

PARTIE II : L'UNICITÉ DES ÊTRES VIVANTS ET LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES

Chapitre 4 - La reproduction conforme

CHAPITRE 4 : LA REPRODUCTION CONFORME

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- d'expliquer l'importance du noyau dans la cellule,
 - d'identifier et de décrire dans l'ordre chronologique les différentes phases de la division cellulaire (mitose),
 - d'expliquer le comportement des chromosomes,
 - de représenter et de nommer les différentes parties d'un chromosome,
 - d'établir la relation entre la variation du taux d'ADN et le comportement des chromosomes,
 - de décrire et de représenter schématiquement la structure de la molécule d'ADN,
 - de définir et d'expliquer les mécanismes de réplication, de transcription et de traduction,
 - d'expliquer le devenir des produits synthétisés,
 - d'expliquer que la mitose assure la croissance des êtres vivants et la pérennité de l'espèce,
 - d'énoncer la théorie cellulaire.

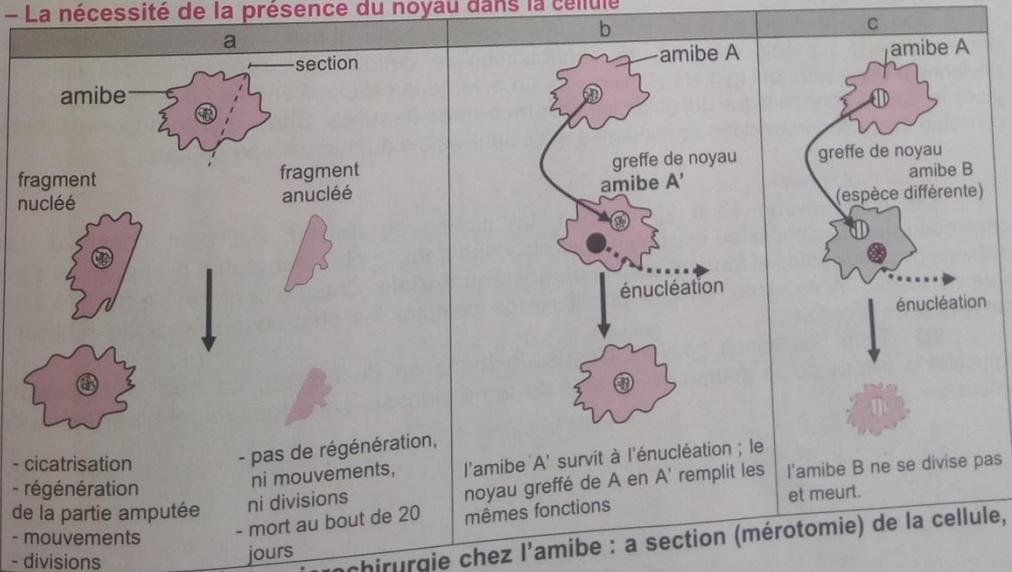
Les pré-requis

Chaque cellule de notre organisme possède un noyau. Comme tout être vivant, elle est capable de se reproduire et de synthétiser de la matière organique au cours des réactions du métabolisme.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Quelle est l'importance du noyau dans la cellule ?
- Quelles sont les étapes de la division cellulaire ?
- Comment la cellule synthétise-elle les protéines et quel est leur devenir ?
- Quelle est l'importance de la division cellulaire ?

I - La nécessité de la présence du noyau dans la cellule



Doc. 1 : Expériences de microchirurgie chez l'amibe : a section (mérotomie) de la cellule, b greffe de noyau.

TERMINALE C

Interprétation

Une cellule amputée d'une partie de son volume cytoplasmique, mais qui conserve son noyau, peut synthétiser la partie manquante et ainsi se régénérer ; cette cellule peut se diviser, c'est-à-dire se reproduire, ce qui prouve que toutes ses fonctions sont normales.

Une cellule anucléée (un fragment de cellule sans noyau) ne survit que quelques jours, sans pouvoir ni se régénérer, ni se diviser : le noyau est bien l'**organite indispensable** de la vie cellulaire ; sans lui, les synthèses sont irréalisables.

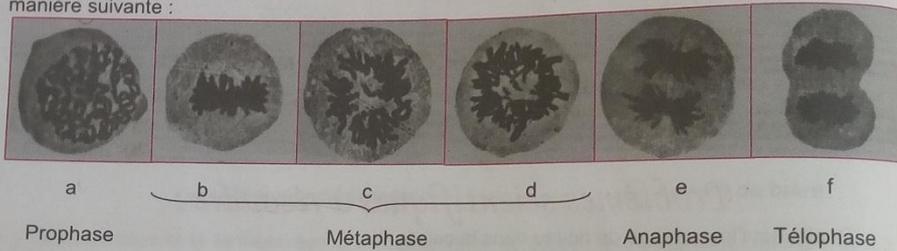
La greffe, par transfert d'un noyau d'une cellule à une autre préalablement anucléée, permet la survie parfaite de la cellule receveuse. En réalité, une condition importante doit être remplie : la cellule donneuse (du noyau) et la cellule receveuse doivent être de la même espèce. Dans le cas contraire, la cellule bien que complète, survit peu de temps et ne se divise pas. Donc, non seulement le noyau dirige le fonctionnement cellulaire, mais surtout, il détient un « pouvoir » qui définit l'espèce et la distingue des autres : **Le noyau contient l'information génétique d'une cellule.**

II – La division cellulaire : la mitose

1 – Les étapes de la division cellulaire

De manière classique, la mitose se déroule en quatre phases successives : la **prophase**, la **métaphase**, l'**anaphase** et la **télophase**. Chaque phase étant caractérisée essentiellement par le comportement des chromosomes.

Les observations microscopiques des différentes phases de la mitose se présentent de la manière suivante :



Doc. 2: Photos montrant les différentes étapes de la mitose.

1.1 – La mitose dans la cellule animale

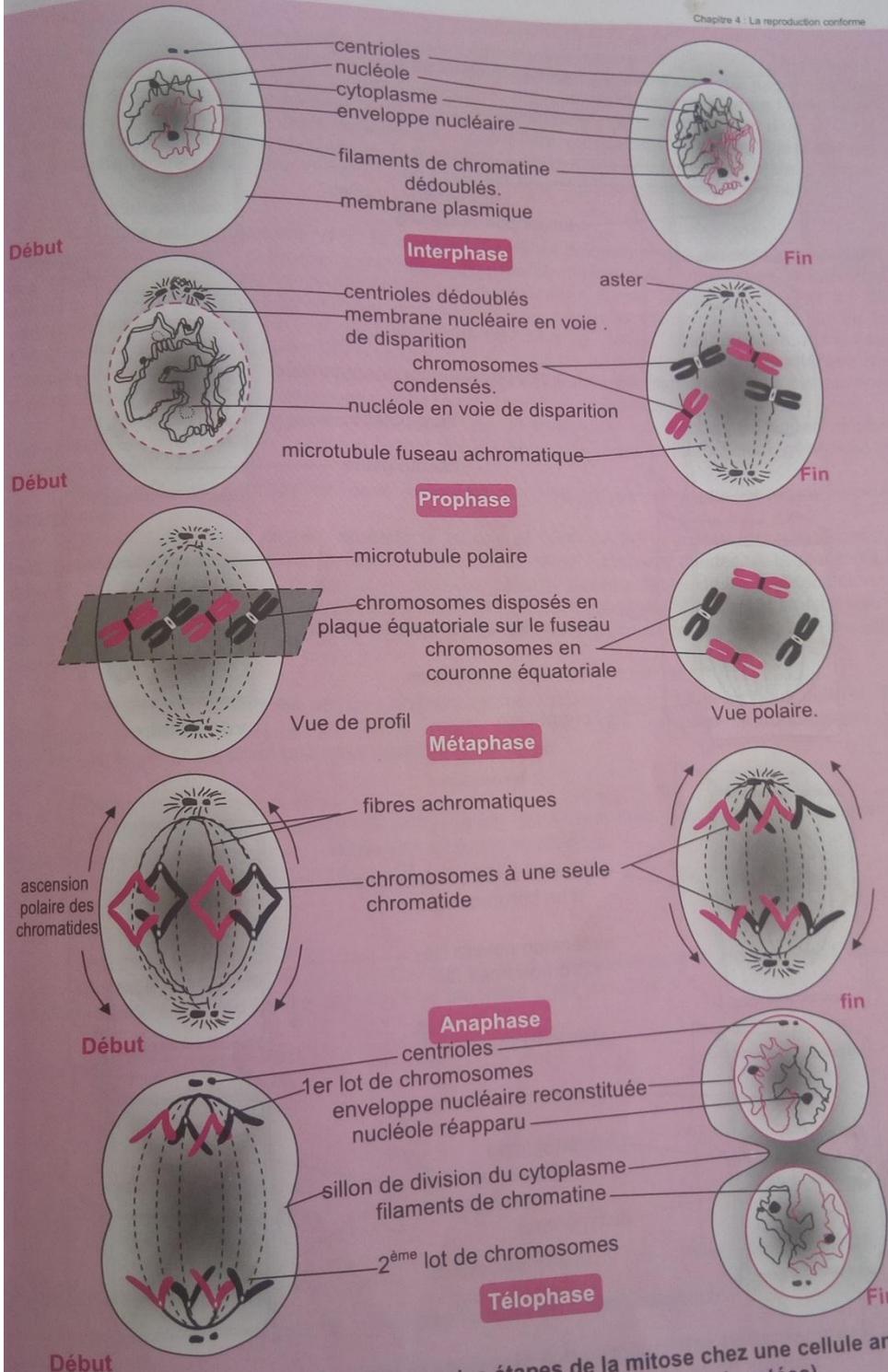
a) La prophase

Elle dure environ 30 à 50 minutes. Au cours de cette phase, l'enveloppe nucléaire se désorganise, le nucléole disparaît, les centrosomes se dédoublent, s'entourent des fibres et deviennent des asters qui migrent chacun vers un pôle de la cellule. Pendant ce temps se met en place le fuseau achromatique qui guide les **chromosomes fissurés**. Chaque chromosome fissuré, constitué de deux chromatides se condense et devient visible au microscope optique.

b) La métaphase

Elle dure environ 10 à 20 minutes. Le fuseau de division est bien constitué. Les **chromosomes** condensés au maximum sont disposés dans le plan équatorial du fuseau à égale distance des deux pôles et forment ainsi la **plaque équatoriale**. Chaque centromère est fixé à une fibre du fuseau. À ce stade, on a la possibilité de compter les chromosomes et de réaliser le **caryotype** de la cellule.

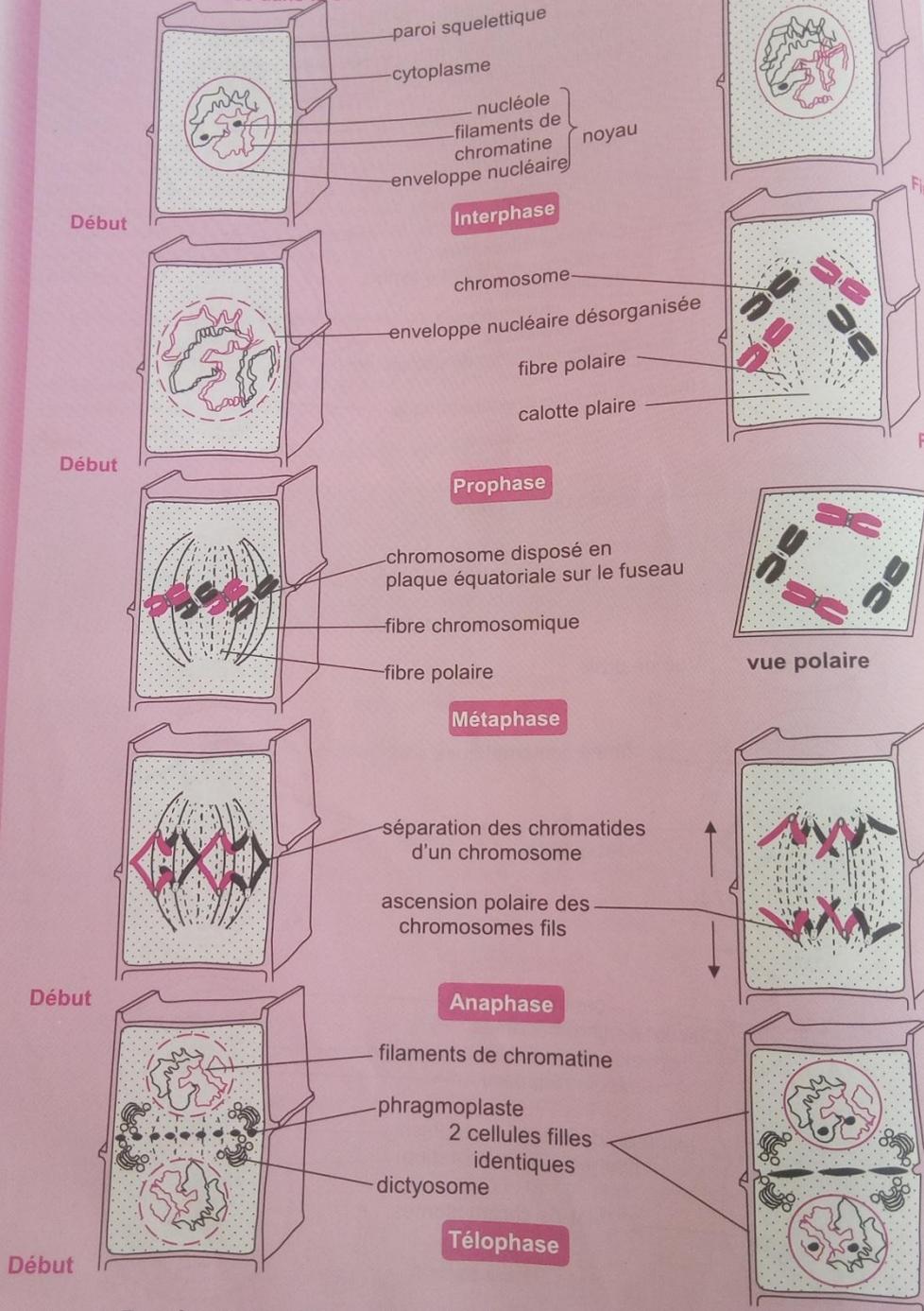
NB : Toute substance pouvant bloquer la formation du fuseau, comme la **colchicine**, empêche la mitose de se poursuivre au-delà de la métaphase, sans toutefois inhiber les autres processus.



Doc. 3: Représentation schématique des étapes de la mitose chez une cellule animale (seules deux paires de chromosomes ont été représentées)

TERMINALE C

1.2 - Mitose dans la cellule végétale



Doc. 4: Représentation schématique des étapes de la mitose chez une cellule végétale (seules deux paires de chromosomes ont été représentées)

c) L'anaphase

La durée est variable d'environ 5 minutes. Les centromères des chromosomes se séparent simultanément. Chaque chromatide devient alors un chromosome indépendant qui migre vers les pôles opposés de la cellule : c'est l'**ascension polaire**, phénomène caractéristique de l'anaphase. Il est facile de reconnaître l'anaphase parce que les chromosomes prennent la forme d'un V. On a donc deux lots identiques de chromosomes qui migrent vers les pôles de la cellule. Dans chaque lot, on a le même nombre de chromosomes à une seule chromatide comme au début de la mitose (**reproduction conforme**). Dès la fin de l'anaphase, la séparation du cytoplasme commence.

d) La télophase

La durée est variable d'environ 10 minutes. Au début de cette phase, on note la disparition progressive des fuseaux achromatiques, tandis que les chromatides (chromosomes-fils) arrivent aux pôles du fuseau. Une nouvelle enveloppe nucléaire se forme autour de chaque lot de chromosomes-fils qui se décondensent progressivement en nucléofilaments. C'est la fin de la **caryocynèse**. La masse de chromatine réapparaît dans le noyau ainsi que les nucléoles. L'étranglement médian de la cellule s'achève par la division du cytoplasme ou **cytodiérèse** qui conduit à la formation de deux cellules filles identiques. La cytodiérèse (division du cytoplasme) commence en fait à la fin de l'anaphase et se termine après la télophase.

La répartition parfaitement équitable de l'information génétique dupliquée durant l'interphase est ainsi assurée : chaque cellule fille possède une copie de l'information génétique de la cellule mère.

Deux mitoses successives sont séparées par une phase de repos cellulaire appelée **interphase**.

Dans le cas de la cellule végétale la mitose se déroule de la même façon que dans la cellule animale. Cependant, l'absence du centriole entraîne l'absence d'aster. À la place de ce dernier, on a une zone du cytoplasme appelée **calotte polaire** issue de la condensation du cytoplasme périnucléaire. La cytodiérèse ne se fait pas par étranglement mais par la synthèse du phragmoplaste (nouvelle paroi) à l'équateur de la cellule qui provoque la séparation des deux cellules filles identiques.

En définitive, la **mitose** est une division indirecte d'une cellule mère en deux cellules filles identiques entre elles et à la cellule mère, tant du point de vue morphologique que chromosomique. C'est donc une **reproduction conforme**.

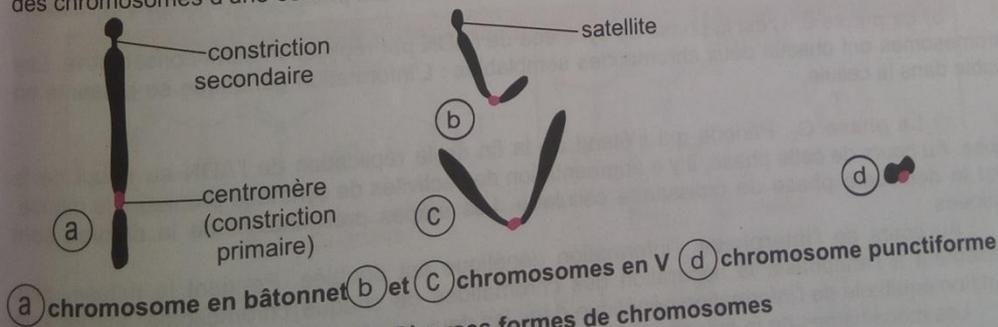
2 - Structure d'un chromosome

Les chromosomes, support de l'information génétique, sont des filaments colorables qui apparaissent dans le noyau des cellules eucaryotes en division.

On distingue trois principales formes de chromosomes :

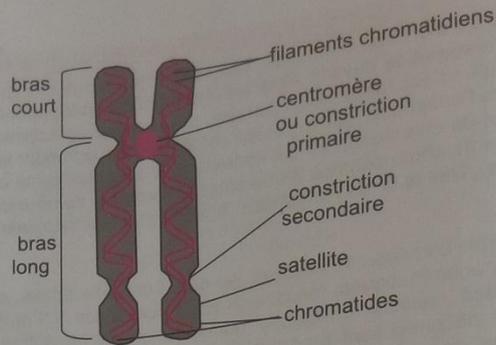
- en bâtonnet,
- en V ;
- en point (punctiformes).

Le nombre et la forme des chromosomes sont caractéristiques d'une espèce. L'ensemble des chromosomes d'une cellule constitue sa garniture chromosomique.



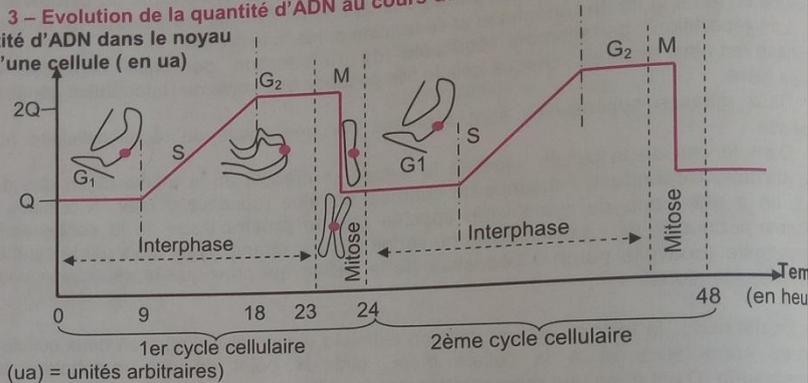
Doc. 5 : Diverses formes de chromosomes

L'observation au microscope électronique d'un chromosome montre qu'il est constitué de filaments chromatidiens enroulés en hélice.



Doc. 6 : Structure d'un chromosome

3 - Evolution de la quantité d'ADN au cours de la mitose
 Quantité d'ADN dans le noyau d'une cellule (en ua)



Doc. 7 : Évolution de la quantité d'ADN pour un noyau et structure d'un chromosome pendant le cycle cellulaire.

Le cycle cellulaire est l'ensemble des changements qui se déroulent dans une cellule entre le début de l'interphase et la fin de la mitose. Dans les cellules eucaryotes, le cycle cellulaire se divise en deux grandes périodes : l'interphase et la mitose.

1 - L'interphase comporte trois phases :

a) La phase G₁. Période qui s'étend de la fin d'une mitose (télophase) au début de la réplication de l'ADN. C'est pendant cette phase que la cellule est métaboliquement plus active pour préparer la duplication de l'ADN. La phase G₁ est la première phase de croissance cellulaire.

b) La phase S. C'est la phase de synthèse de l'ADN par réplication semi-conservative. À la fin de cette phase, les chromosomes ont chacun deux chromatides semblables : l'information génétique se présente double dans la cellule.

c) La phase G₂. Période qui s'étend de la fin de la réplication de l'ADN au début de la mitose. Au cours de cette phase, il y a augmentation des activités de synthèse préparant la mitose. C'est la deuxième phase de croissance cellulaire. Les étapes préliminaires de la division sont terminées.

Au cours de l'interphase, l'information génétique est doublée. Pendant la mitose, précisément à l'anaphase, la séparation des chromatides de chaque chromosome assure la répartition équitable de l'information génétique dans les deux cellules-filles.

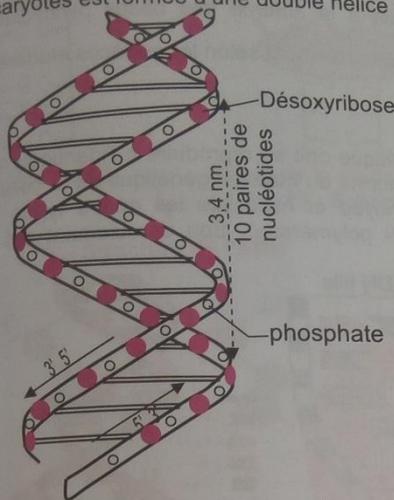
Les mécanismes de la mitose aboutissent à doter chaque cellule qui en résulte d'une copie de chaque molécule d'ADN de la cellule initiale.

III - Structure des acides nucléiques (ADN et ARN)

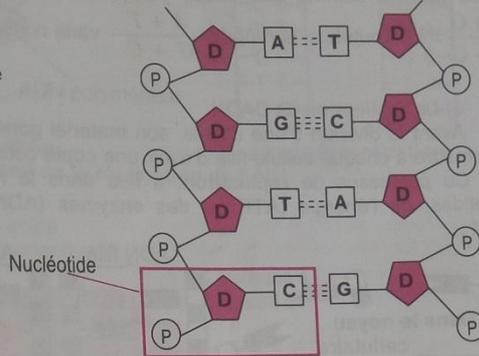
1 - Structure de L'ADN

Chapitre 4 : La reproduction conforme

D'après les expériences de Francis Watson et James Crick (1953), la molécule d'ADN des eucaryotes est formée d'une double hélice (bicaténaire) ayant de nombreux tours de spires.



Doc. 8: L'illustration d'une portion de la molécule d'ADN

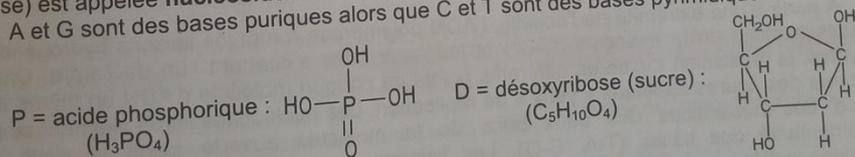


Doc. 9: Composition chimique d'une portion de la molécule d'ADN.

Déroulée et mise à plat, la molécule d'ADN se présente comme une échelle très longue dont les montants sont formés par le désoxyribose (sucre en C₅ ou **pentose**) et l'**acide phosphorique** ; les barreaux sont constitués par deux couples de **bases azotées** reliées entre elles par des **liaisons hydrogène**. L'adénine (A) est reliée à la thymine (T) par deux liaisons hydrogène (A = = = = T), tandis que la cytosine (C) est reliée à la guanine (G) par trois liaisons hydrogène (C = = = = G). Les deux brins de la double hélice sont antiparallèles, c'est-à-dire orientés en sens inverse.

Un **nucléotide** est une sous-unité de l'échelle formé d'un acide phosphorique, d'un sucre (désoxyribose) et d'une base azotée (A, T, C ou G). L'association d'une base azotée et d'un sucre (pentose) est appelée **nucléoside**.

A et G sont des bases puriques alors que C et T sont des bases pyrimidiques.



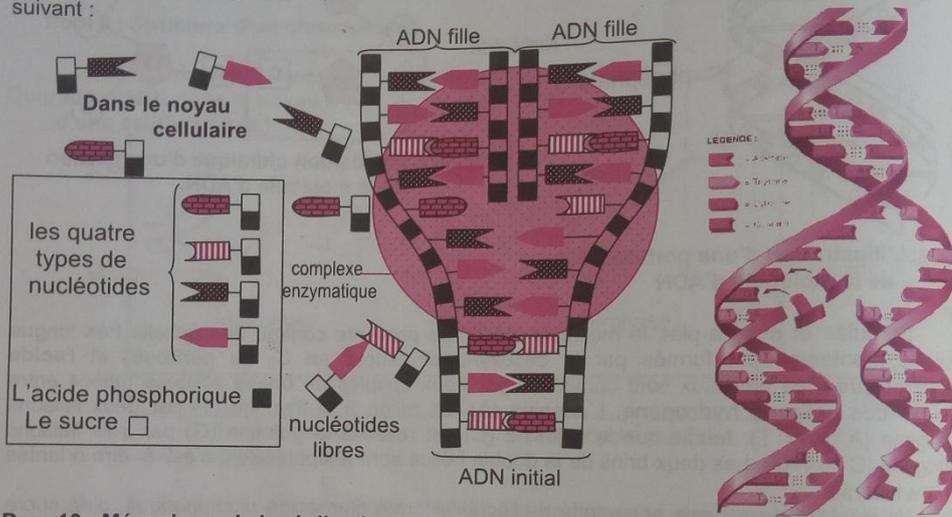
Les 4 bases azotées	
Les 2 bases puriques	Les 2 bases pyrimidiques
<p>Adénine</p>	<p>Thymine</p>
<p>Guanine</p>	<p>Cytosine</p>

TERMINALE C

Des analyses chimiques d'ADN purifiés ont montré que dans une molécule d'ADN bicaténaire, il y a toujours autant de bases puriques que de bases pyrimidiques. ($\frac{A}{T} = \frac{G}{C} = 1$). D'autre part, la somme des bases puriques est égale à la somme des bases pyrimidiques. ($\frac{A+G}{T+C} = 1$). Toutefois, le rapport $\frac{A+T}{G+C}$ varie considérablement selon les espèces étudiées.

a) La réplication de l'ADN

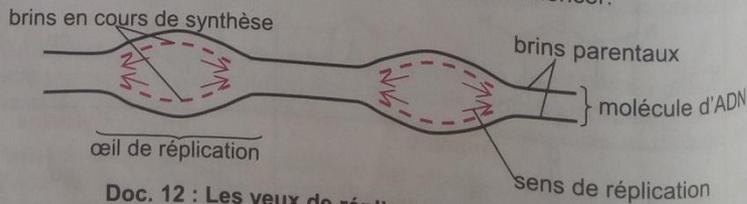
Avant la division d'une cellule, son matériel génétique doit se reproduire à l'identique afin de permettre à chaque cellule-fille d'avoir une copie conforme du matériel génétique de la cellule mère. Ce processus de **réplication**, a lieu dans le noyau et nécessite les quatre types de nucléotides, de l'énergie (ATP) et des enzymes (ADN polymérase). Son déroulement est le suivant :



Doc. 10 : Mécanisme de la réplication de la molécule aplatie

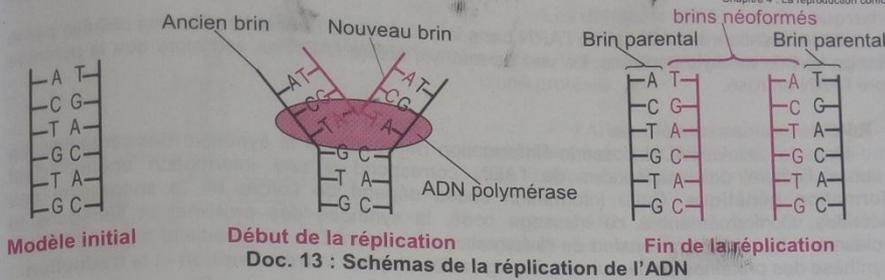
Doc. 11 : Réplication en double hélice

À partir d'une extrémité de l'échelle, l'ADN polymérase rompt les liaisons hydrogène entre les bases azotées de la molécule d'ADN et les deux brins s'écartent l'un de l'autre. Chez les eucaryotes, la réplication s'initie en différents points de chaque molécule d'ADN en même temps. Cela forme des figures appelées « yeux » de réplication. Les nucléotides libres viennent se placer en face des nucléotides des deux brins de la molécule ouverte selon la règle de la complémentarité des bases (T-A, C-G). Les liaisons covalentes créées entre les différents nucléotides voisins constituent un nouveau brin. Les deux nouvelles molécules d'ADN ainsi formées ont chacune un brin parental et un brin néoformé : on dit que la **réplication est semi-conservative**. C'est à ce moment que la division cellulaire peut alors commencer.



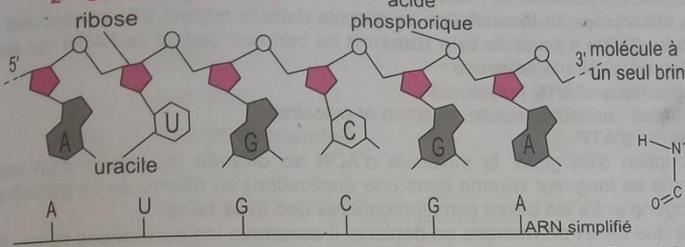
Doc. 12 : Les yeux de réplication

Au cours de la réplication, d'éventuelles erreurs peuvent subvenir : un remplacement d'un nucléotide par un autre, une addition d'un nucléotide, une perte d'un nucléotide ou d'un fragment de nucléotides. Ces accidents sont appelés **mutations**.

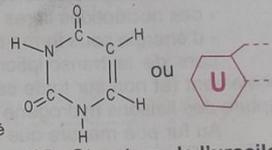


Doc. 13 : Schémas de la réplication de l'ADN

2 - Structure de l'ARN



Doc. 14 : La molécule d'ARN



Doc. 15 : Structure de l'uracile

Le sigle ARN signifie Acide RiboNucléique. L'ARN est une molécule chimiquement identique à celle de L'ADN, mais simple-brin (monocaténaire). Le sucre ribose remplace le désoxyribose et l'uracile remplace la thymine. Comme l'ADN, l'ARN possède quatre bases azotées mais la thymine de l'ADN est remplacée par l'uracile au cours de la transcription.

Nucléotides de l'ADN	Nucléotides de l'ARN
Thymine (T)	Adénine (A)
Adénine (A)	Uracile (U)
Cytosine (C)	Guanine (G)
Guanine (G)	Cytosine (C)

Il existe trois types d'ARN : l'ARN messenger, l'ARN de transfert et l'ARN ribosomal.

Comparaison des deux types d'acides nucléiques

Eléments de comparaison		ADN	ARN
Composition chimique	Structure spatiale	Chaîne bicaténaire en hélice, (assemblée grâce à la complémentarité des bases : A et T, G et C)	Chaîne monocaténaire linéaire
	sucre	- Désoxyribose,	- Ribose,
	Bases azotées	- Adénine, Thymine, Guanine et Cytosine,	- Adénine, Uracile, Guanine et Cytosine,
	Acide minéral	Acide phosphorique	Acide phosphorique
Rôle	Localisation	- Noyau - Mitochondries et chloroplastes	- Nucléole, - Cytoplasme.
		Support de l'information génétique	ARNm : indique l'ordre de succession des acides aminés d'une protéine, ARNt : adaptateur entre le codon et l'acide aminé correspondant. ARNr : constitutif principal des ribosomes, responsable de la création des liaisons peptidiques entre les acides aminés d'une protéine.
	Durée de vie	Très longue	Courte

Remarque

La localisation de l'ADN et de l'ARN dans la cellule se fait par coloration des cellules par le mélange vert de méthyle-pyronine. Le vert de méthyle colore l'ADN en vert alors que la pyronine colore l'ARN en rose.

IV - Rôle des acides nucléiques

Dans la cellule, l'ADN possède l'information nécessaire à la synthèse des protéines. La séquence linéaire des nucléotides de l'ADN correspond à une information codée : c'est l'**information génétique**. Cette information codée dépend de l'ordre de la succession des nucléotides. Conformément à ce message codé, la synthèse des protéines a lieu dans le cytoplasme. Il faut donc un transfert de l'information au moyen d'un intermédiaire qui est l'ARNm. La synthèse des protéines se déroule en deux grandes étapes : la **transcription** et la **traduction**.

1 - La transcription ou synthèse de l'ARN

Chez les cellules eucaryotes, la transcription se déroule dans le **noyau**. Elle correspond à la synthèse d'une molécule d'ARN à partir du **brin transcrit** ou brin non codant de l'ADN qui sert de matrice. La transcription nécessite la présence :

- d'une enzyme spécifique : l'ARN polymérase,
- des nucléotides libres : adénine, uracile, guanine et cytosine,
- d'énergie sous forme d'ATP.

Lors de la transcription d'un gène, la molécule d'ADN se dégrafe (ouverture d'un œil) localement (et non sur toute sa longueur comme dans une duplication) au niveau de ce gène par rupture des liaisons hydrogène entre les bases complémentaires des deux brins.

Au fur et à mesure que l'ARN polymérase se déplace, il assemble les nucléotides libres, A, U, G ou C en chaînes polynucléotidiques constituant la molécule d'ARN messager (ARNm) et selon un système de complémentarité des bases avec le brin transcrit de l'ADN.

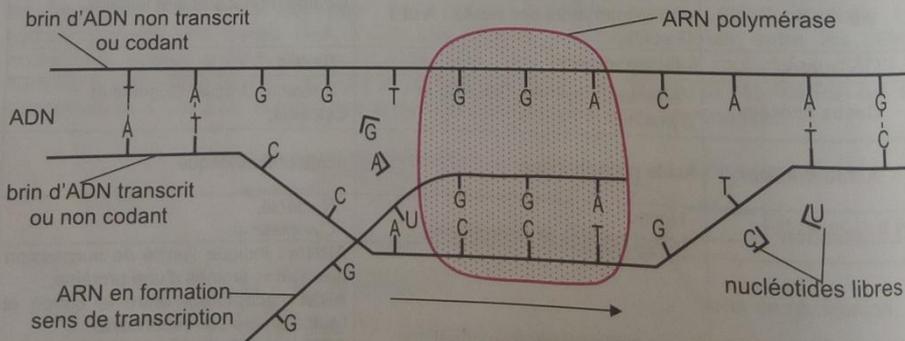
Le tableau suivant montre la règle de la complémentarité des nucléotides lors de la transcription.

Nucléotides du brin d'ADN transcrit	Nucléotides complémentaire l'ARN
Thymine (T)	Adénine (A)
Adénine (A)	Uracile (U)
Cytosine (C)	Guanine (G)
Guanine (G)	Cytosine (C)

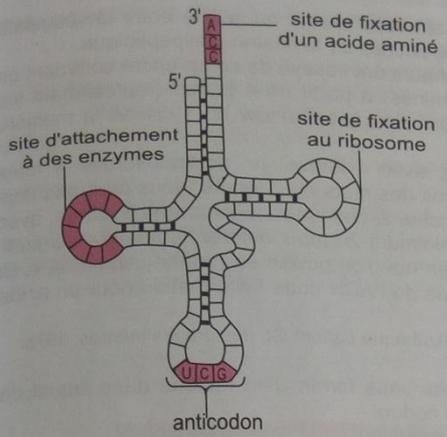
L'ARN polymérase joue un rôle essentiel :

- elle reconnaît des signaux de début et de fin de transcription qui délimitent le gène,
- elle lit le brin du gène, ou brin transcrit base après base,
- elle utilise le principe de la complémentarité des bases pour assembler les nucléotides de

l'ARN.



Doc. 16 : Mécanisme de la transcription de l'ADN en ARN

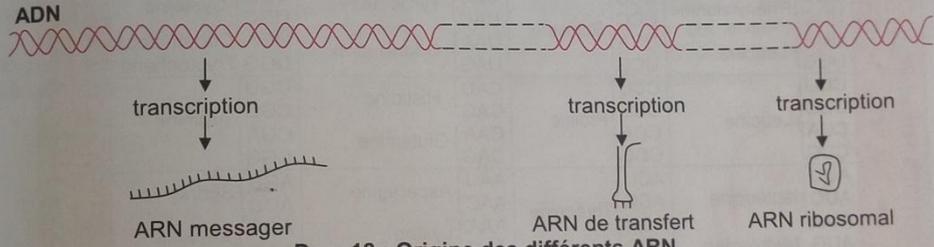


Doc. 17 : L'ARN de transfert

Les différents ARN :

- l'ARN **messenger** ou **ARNm**, qui contient l'information nécessaire à la synthèse d'une protéine ;
- l'ARN **ribosomal** ou **ARNr**, qui constitue avec les protéines, les sous-unités des ribosomes qui participent à la traduction ;
- l'ARN **de transfert** ou **ARNt**, qui apporte les acides aminés au niveau des ribosomes.

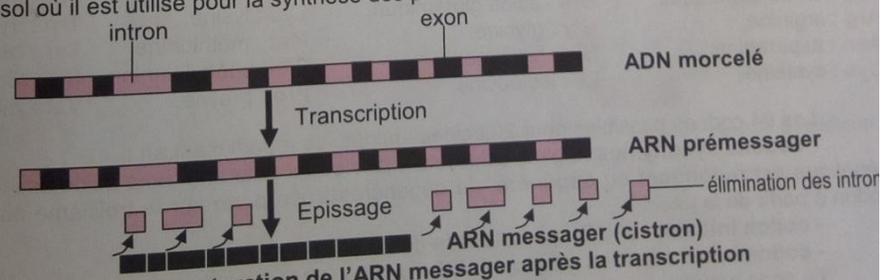
Arrivée à une séquence nucléotidique de terminaison, l'ARN polymérase se détache. La nouvelle molécule formée se sépare de la molécule d'ADN les deux filaments d'ADN se lient de nouveau prêts à être utilisés une nouvelle fois.



Doc. 18 : Origine des différents ARN

Les différents ARN synthétisés quittent le noyau cellulaire à travers les pores de l'enveloppe nucléaire et passent dans le cytoplasme où la traduction aura lieu.

NB : Chez les eucaryotes, le gène est morcelé c'est-à-dire qu'il renferme des portions codantes ou **exons** alternant avec des portions non codantes ou **introns**. En effet, la transcription aboutit à un ARN pré-messager ou transcription primaire qui doit subir certaines corrections (maturation) avant de quitter le noyau. C'est le phénomène d'**épissage** qui consiste à supprimer tous les introns et à réunir tous les exons bout à bout pour former le **cistron** qui est l'ARNm fonctionnel qui peut diriger la traduction au niveau des ribosomes. L'ARNm se déplace du noyau vers le cytosol où il est utilisé pour la synthèse des protéines.



Doc. 19 : La maturation de l'ARN messenger après la transcription

2 - La traduction ou synthèse des protéines proprement dite

Elle se déroule dans le cytoplasme au niveau des ribosomes et correspond au décodage de l'information portée par l'ARNm. Ce décodage consiste en l'assemblage des acides aminés en chaînes polypeptidiques dans l'ordre imposé par l'information véhiculée par l'ARNm. Le décodage du langage nucléaire en langage protéique se fait à l'aide d'un code génétique.

a) La nécessité d'un code génétique

On appelle **code génétique**, le système de correspondance qui existe entre la séquence des nucléotides de l'ARNm et la séquence des acides aminés de la chaîne polypeptidique.

Il existe 20 acides aminés naturels. Les chercheurs ont essayé de comprendre comment on peut former 20 mots (représentant les 20 acides aminés) à partir de 4 lettres (représentant les bases azotées de l'ADN). La réponse fut donnée par Georges Gamow en 1954 de la manière suivante :

« Si chaque mot ne possédait qu'une lettre, avec 4 lettres, on pourrait former 4 mots différents, ce qui se révèle insuffisant. Si nous utilisons des mots de 2 lettres, nous pourrions déjà former 16 mots, ce qui est encore trop peu. En revanche, si chaque mot comprend 3 lettres, avec 4 lettres distinctes, il est possible de composer au minimum 20 mots différents, nombre qui suffit déjà, car il correspond à celui des acides aminés, bien que l'on puisse en former jusqu'à 64 ». Et Gamow de conclure que « [...] chaque triplet de bases de l'ADN code l'information pour un acide aminé donné ».

Le Code génétique, Bibliothèque Laffont Gt, des grands thèmes, 1975.

Par convention, on présente le code génétique sous forme d'un tableau dans lequel on peut lire le nom de l'acide aminé désigné par tel ou tel codon.

		NUCLÉOTIDES 2ème position				U C A G	NUCLÉOTIDES 3ème position
		U	C	A	G		
NUCLÉOTIDES 1ère position	U	UUU } Phénylalanine UUC } UUA } Leucine UUG }	UCU } UCC } Sérine UCA } UCG }	UAU } Tyrosine UAC } UAA } Codon-stop UAG }	UGU } Cystéine UGC } UGA } Codon-stop UGG } Tryptophane	U	NUCLÉOTIDES 3ème position
	C	CUU } CUC } Leucine CUA } CUG }	CCU } CCC } Proline CCA } CCG }	CAU } Histidine CAC } CAA } Glutamine CAG }	CGU } CGC } Arginine CGA } CGG }	C	
	A	AUU } AUC } Isoleucine AUA } AUG } Méthionine	ACU } ACC } Thréonine ACA } ACG }	AAU } Asparagine AAC } AAA } Lysine AAG }	AGU } Sérine AGC } AGA } Arginine AGG }	A	
	G	GUU } GUC } Valine GUA } GUG }	GCU } GCC } Alanine GCA } GCG }	GAU } Acide GAC } aspartique GAA } Acide GAG } glutamique	GGU } GGC } Glycine GGA } GGG }	G	
		A: Adénine	U: Uracile	G: Guanine	C: Cytosine		

Doc. 20 : Tableau du code génétique

Les 20 acides aminés représentés dans le tableau du code génétique sont symbolisés par les abréviations suivantes :

- | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Ala : alanine, | Gln : glutamine, | Leu : leucine, | Thr : thréonine, |
| Asp : acide aspartique, | Glu : acide glutamique, | Lys : lysine, | Trp : tryptophane, |
| Arg : arginine, | Gly : glycine, | Met : méthionine, | Tyr : tyrosine, |
| Asn : asparagine, | His : histidine, | Phe : phénylalanine, | Ser : sérine, |
| Cys : cystéine, | Ile : isoleucine, | Pro : proline, | Val : valine. |

Les 64 codons possibles pour 20 acides aminés, se répartissent en :

- **codons synonymes** (triplets différents mais codant pour un même acide aminé). Le code génétique est **redondant** ou **dégénéré**, (la dégénérescence porte sur le troisième nucléotide du codon à partir de la gauche).

- **codon initiateur** (AUG) qui indique le début de la traduction,

- **codons ponctuations** ou **stop** (UAG, UAA ou UGA) qui indiquent la fin de la traduction.

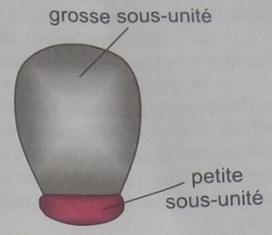
Le code génétique est **non ambigu** ; car chaque codon correspond à un seul acide aminé.

La lecture des codons est faite de manière continue, triplet par triplet, de façon unidirectionnelle et sans chevauchement (une base n'appartient qu'à un seul codon, de façon lien entre les acides aminés et les codons est assuré par les ARNt. Chacun d'entre eux reconnaît le codon grâce à trois de ses nucléotides qui forment l'**anticodon**. Malgré quelques exceptions (cas de la paramécie), le code génétique est le même chez tous les êtres vivants. Il est donc **universel**.

Une modification de l'ADN engendre une modification de codon(s) de l'ARNm qui peut se traduire par une modification de la protéine ou un arrêt de synthèse.

b) Les principaux acteurs de la traduction

- Ces acteurs de la traduction sont :
- l'**ARNm** : c'est le détenteur de l'information codée ou le plan de fabrication d'une protéine,
 - le **ribosome** : c'est le site de lecture ou atelier de synthèse des protéines,
 - l'**ARNt** : c'est « l'adaptateur » qui assure la correspondance entre le codon de l'ARNm et l'acide aminé. Il existe au moins autant d'ARNt que d'acides aminés,
 - les **acides aminés** stockés dans la cellule,
 - un fournisseur d'**énergie** (l'ATP) et des **enzymes**.



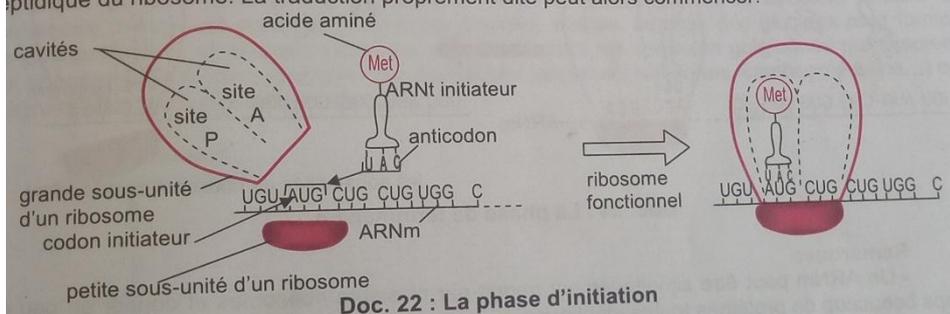
Doc. 21 : Structure d'un ribosome

Pour que la traduction se poursuive, une molécule d'ARNm doit d'abord se lier à un ribosome. La traduction comporte trois phases : l'initiation, l'élongation et la terminaison.

*** La phase d'initiation**

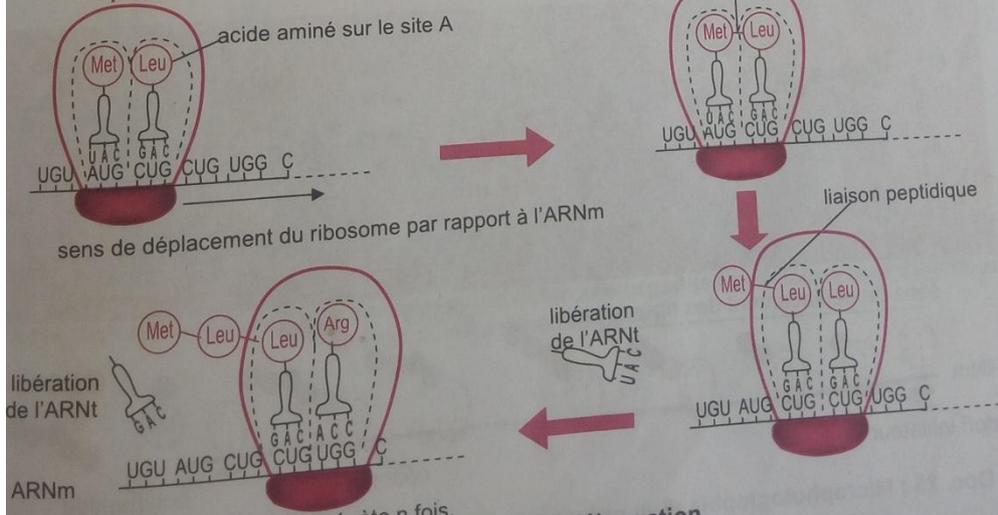
Un ARNm se fixe à la petite sous-unité ribosomale et un ARNt portant la méthionine se fixe au codon d'initiation d'ARNm. La petite sous-unité se déplace sur l'ARNm jusqu'au niveau d'un codon AUG, correspondant à la méthionine : c'est le codon correspondant à l'anticodon UAC.

- la grosse sous-unité ribosomale vient se positionner sur cet ensemble. Le ribosome complet est alors prêt à fonctionner et l'ARNt porteur de la méthionine occupe le site P du ribosome. La traduction proprement dite peut alors commencer.



Doc. 22 : La phase d'initiation

*** La phase d'élongation ou de lecture**



Ce processus décrit ici se répète n fois.
Doc. 23 : La phase d'élongation

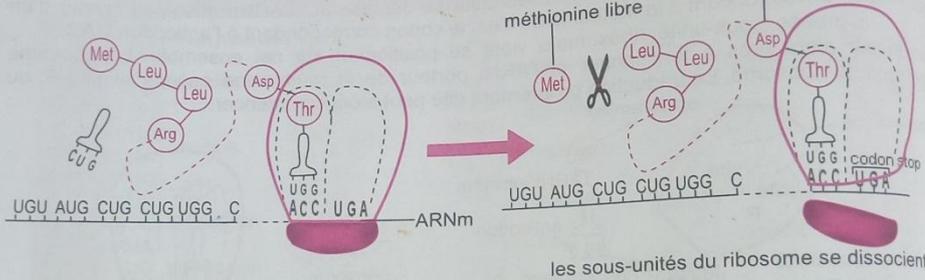
TERMINALE C

Au cours de la phase d'élongation, on note :

- la fixation d'un nouvel ARNt sur le site A ou aminoacyl en face du deuxième codon CUG (grâce à son anticodon qui apporte un deuxième acide aminé approprié (dans cet exemple leucine) pour qu'il soit « lu »).
- la formation par le ribosome d'une **liaison peptidique** entre le premier acide aminé (méthionine) et le deuxième acide aminé (leucine)
- le ribosome déplace l'ARNt qui porte le deuxième acide aminé vers le site E. Simultanément, il pousse l'ARNt initiateur et le libère dans le cytosol. Il se positionne alors jusqu'à l'ARNt qui porte le troisième acide aminé (leucine). Une autre molécule d'ARNt se lie au troisième codon apportant le troisième acide aminé (leucine). Le ribosome lie les deux acides aminés au troisième et libère le deuxième ARNt. Le processus se poursuit tout le long de l'ARNm, entraînant de proche en proche l'allongement de la chaîne peptidique dans l'ordre imposé par la succession des codons de l'ARNm.

*** La phase de terminaison**

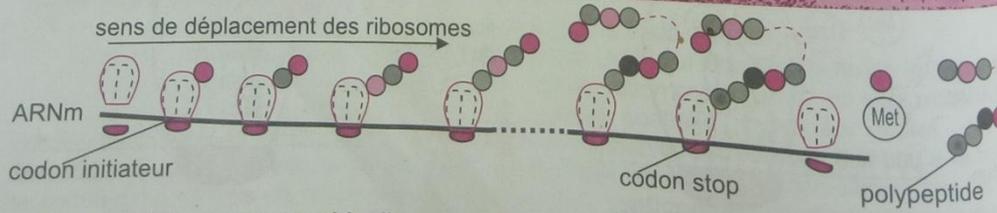
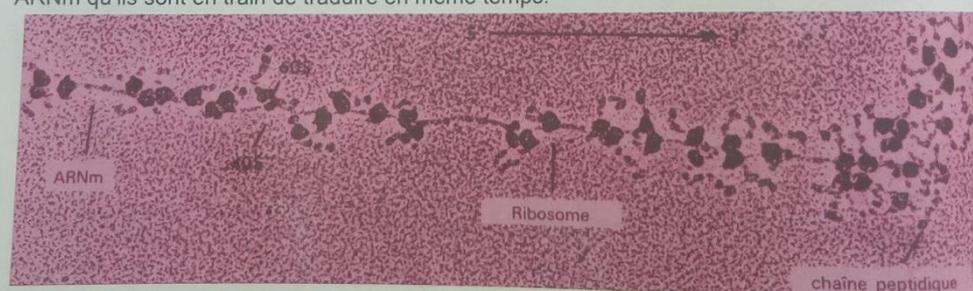
Lorsque le ribosome arrive à un codon stop (UAG, UAA ou UGA), il n'existe pas d'ARNt complémentaire et la synthèse s'arrête. Le complexe « ARNm, les deux sous-unités ribosomales, l'ARNt et la chaîne polypeptidique » se dissocie. Les éléments de ce complexe pourront être réutilisés pour un nouveau démarrage de la traduction (la méthionine est supprimée de la chaîne polypeptidique et la traduction est terminée).



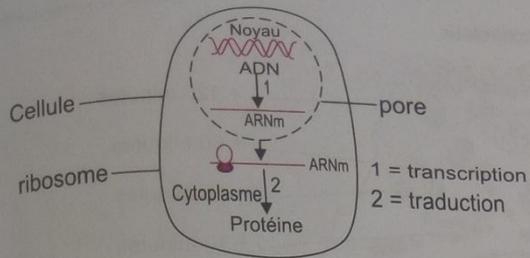
Doc. 24 : La phase de terminaison

Remarques

- Un ARNm peut être simultanément traduit par plusieurs ribosomes et donner en peu de temps beaucoup de protéines toutes identiques.
- Un **polysome** ou polyribosome est un ensemble de ribosomes reliés entre eux par un ARNm qu'ils sont en train de traduire en même temps.



Doc. 25 : Microphotographie d'un polysome en activité et son schéma d'interprétation



Chapitre 4 : La reproduction conforme

- Chez les procaryotes, la transcription et la traduction se font simultanément dans le cytoplasme puisqu'ils n'ont pas de noyau. L'ARNm en cours de formation se trouve directement en contact avec les ribosomes qui entament la traduction alors que la transcription n'est pas encore terminée.

Doc. 26 : Les étapes simplifiées de synthèse d'une protéine

V - Rôle de l'ergastoplasme et du dictyosome

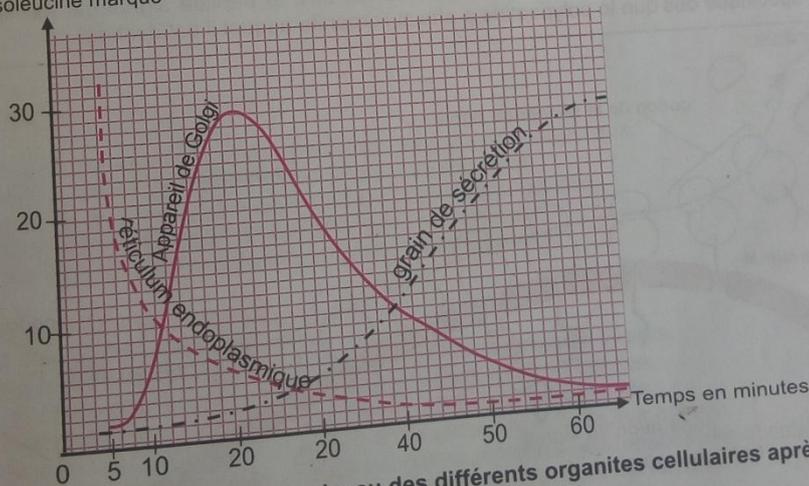
1 - Le devenir des protéines synthétisées dans les cellules

Les protéines peuvent être synthétisées soit par des ribosomes libres dans le cytoplasme soit par des ribosomes liés à la face externe de la membrane du réticulum endoplasmique. Le devenir de ces deux groupes de protéines n'est pas le même :

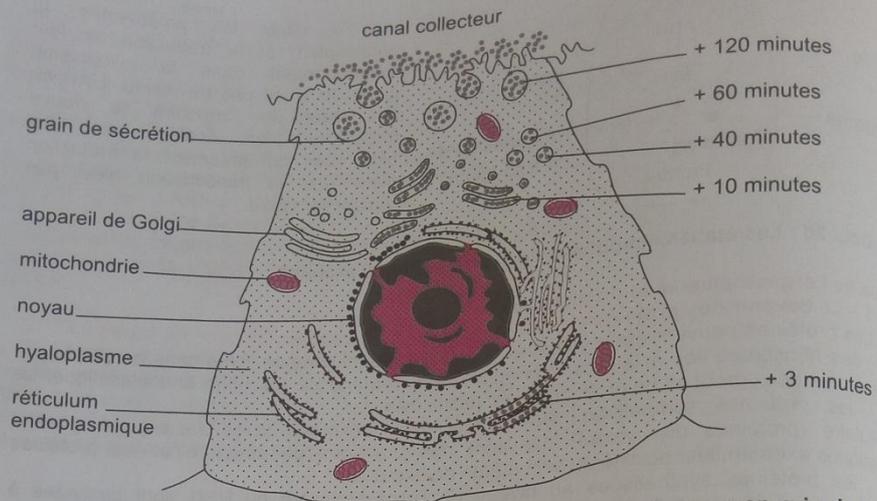
- les protéines synthétisées au niveau des ribosomes libres restent en général intracellulaire (protéines du cytosol). Ce sont des protéines de structure et les protéines enzymatiques exerçant leur activité au sein même de la cellule.

- les protéines synthétisées au niveau de l'ergastoplasme ou REG sont destinées à l'exportation ou à être enchâssées dans la double couche lipidique des membranes cellulaires. Après passage dans les tubules du réticulum endoplasmique, elles regagnent les saccules golgiennes où elles subissent une maturation et un tri (acquisition de la structure tertiaire et quaternaire, clivage de certaines séquences d'acides aminés, addition des glucides pour former les glycoprotéines), et peuvent alors être emballées dans les vésicules golgiennes qui assurent leur concentration et leur exportation par **exocytose** (enzymes, hormones, immunoglobuline...) ou intégrées dans les membranes cellulaires.

Radioactivité en %
d'isoleucine marqué



A. Évolution de la radioactivité au niveau des différents organites cellulaires après injection d'un acide aminé radioactif.

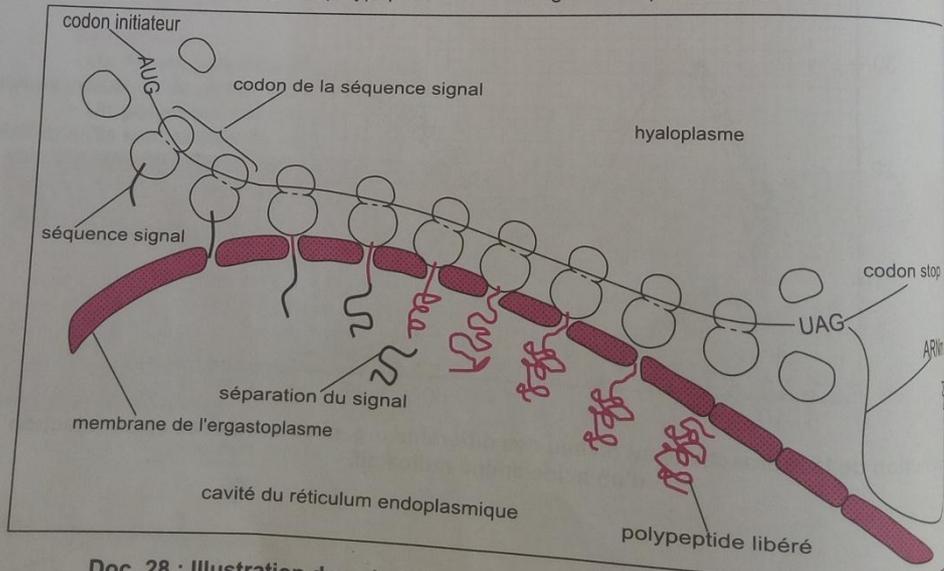


B. Cheminement des polypeptides radioactifs en fonction du temps ; en gris, la leucine radioactive.

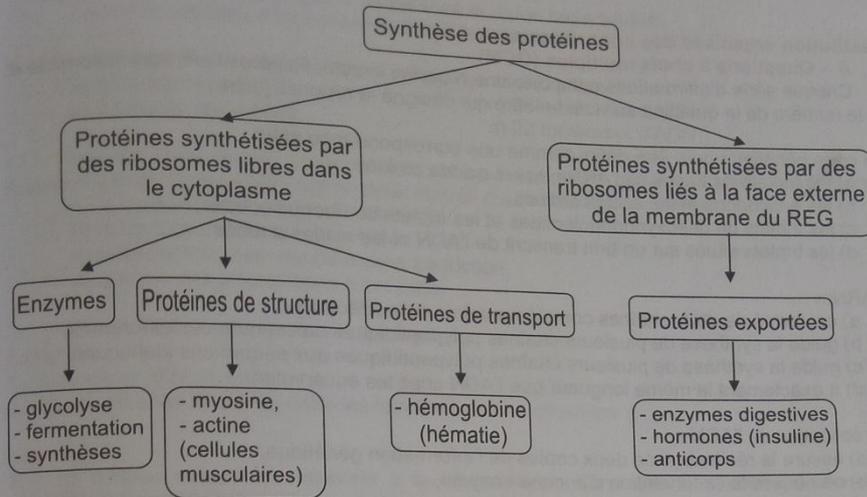
Doc. 27 : Illustration du transport des polypeptides à l'intérieur de la cellule après leur synthèse

Remarque 1

L'élongation des chaînes polypeptidiques destinées à la mitochondrie, au chloroplaste ou à l'exportation, débute par la synthèse d'une séquence de 15 à 30 acides aminés qui n'est présente dans la protéine achevée. Cette séquence, appelée **peptide signal**, permet à la protéine d'être dirigée vers son lieu d'utilisation. Dans tous les cas, le peptide signal est excisé par une enzyme spécifique dès que le polypeptide a atteint l'organite auquel il est destiné.



Doc. 28 : Illustration du polyribosome et de l'intervention du peptide signal



Doc. 29 : Devenir des protéines synthétisées.

2 - Rôle

Le **réticulum endoplasmique rugueux** est le lieu de stockage et de transport des protéines synthétisées par les ribosomes associés à la membrane du réticulum vers le complexe golgien

L'**appareil de Golgi** modifie, concentre et emballe les protéines et les lipides qu'il reçoit du réticulum endoplasmique rugueux et les achemine vers différentes destinations à l'intérieur ou à l'extérieur de la cellule.

Conclusion

- Importance de la mitose

La mitose permet :

- la formation des différents tissus chez les embryons d'animaux,
 - l'allongement des tiges et racines chez les végétaux,
 - le renouvellement des tissus chez les êtres vivants adultes,
 - la reproduction conforme de l'information génétique.
- C'est donc grâce à la mitose que les individus survivent.

- Importance de la cellule

La théorie cellulaire stipule que :

- les cellules sont les constituants de base des organismes vivants
- les êtres vivants (animaux et végétaux) sont formés de cellules,
- toute cellule est issue exclusivement d'une cellule préexistante
- les cellules contiennent l'information héréditaire contrôlant leur activité,
- la cellule est le siège de toutes les réactions métaboliques (anabolisme et catabolisme),
- lorsque les conditions du milieu sont favorables, la cellule est capable de se multiplier « *in vitro* »

- toutes les cellules sont bâties sur le même plan d'organisation (membrane, cytoplasme et noyau).

Exercices

I - Restitution organisée des connaissances
A - Questions à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 - Le code génétique peut être défini comme une correspondance entre :
- a) les triplets de bases de l'ARNm et les acides aminés.
 - b) les anticodons et les acides aminés,
 - c) les triplets de désoxyribonucléotides et les triplets de ribonucléotides,
 - d) les triplets situés sur un brin transcrit de l'ADN et les acides aminés
- 2 - L'ARNm :
- a) est formé de deux chaînes complémentaires de nucléotides.
 - b) guide la synthèse de plusieurs chaînes polypeptidiques aux séquences différentes,
 - c) guide la synthèse de plusieurs chaînes polypeptidiques aux séquences identiques,
 - d) a exactement la même longueur que l'ADN chez les eucaryotes.
- 3 - La réplication de l'ADN :
- a) assure la réalisation de deux copies de l'information génétique,
 - b) ne nécessite l'intervention d'aucune enzyme,
 - c) se déroule dans le cytoplasme,
 - d) est observable au microscope optique au niveau des fourches de réplication.
- 4 - La traduction est une opération qui :
- a) s'effectue dans le noyau cellulaire,
 - b) nécessite de l'énergie,
 - c) fait intervenir l'ADN
 - d) permet la synthèse des acides aminés.
- 5 - La formation de la liaison peptidique se fait entre :
- a) un acide aminé et un ose,
 - b) un acide aminé et une enzyme,
 - c) un acide aminé et un acide nucléique,
 - d) un acide aminé et une base azotée,
 - e) deux acides aminés.
- 6 - Combien de bases azotées au moins sont-ils nécessaires pour la synthèse d'une chaîne polypeptidique de 20 acides aminés ?
- a) 20
 - b) 40
 - c) 66,
 - d) 60.
- 7 - Cherchez l'intrus :
- a) ADN,
 - b) ARNm,
 - c) polyribosome,
 - d) polysome,
 - e) codon,
 - f) anticodon,
 - g) ATP,
 - h) acide aminé.
- 8 - La fonction essentielle de la mitose chez un être pluricellulaire adulte est :
- a) le remplacement des cellules mortes,
 - b) la prolifération nécessaire à la croissance et au développement,
 - c) la reproduction asexuée,
 - d) un phénomène biologique qui ne conserve pas le nombre de chromosomes des cellules
- 9 - Dans une cellule, le réticulum endoplasmique rugueux intervient dans :
- a) la synthèse de certains composés lipidiques,
 - b) la synthèse des protéines,
 - c) la synthèse des monosaccharides,
 - d) le métabolisme des glucides.
- 10 - Un nucléotide est constitué :
- a) d'un pentose, d'ARN et d'ADN,

- b) d'une base organique et d'un acide phosphorique,
 - c) d'un acide phosphorique, d'un pentose et d'une base azotée,
 - d) d'un phosphate, d'un hexose et d'une base azotée.
- 11 - À la métaphase de la mitose, toute cellule humaine contient :
- a) 92 molécules d'ADN,
 - b) 23 molécules d'ADN,
 - c) 46 molécules d'ADN,
 - d) 22 molécules d'ADN.
- 12 - Chez les êtres vivants pluricellulaires, la synthèse d'une protéine à partir des informations détenues par un noyau s'effectue en deux étapes qui sont successivement :
- a) la transcription puis la traduction,
 - b) la traduction puis la transcription,
 - c) la traduction puis une deuxième traduction,
 - d) aucune des propositions n'est juste.

B - Questions à réponses ouvertes

Exercice 1

- 1 - Comparer ADN et ARN.
- 2 - Quelle relation existe-t-il entre les fonctions de ces organites ?

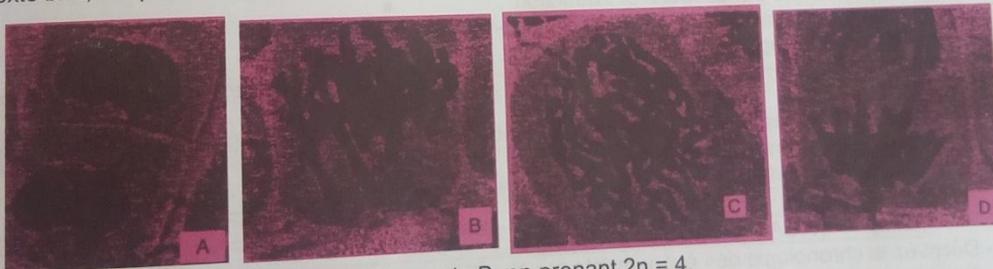
Exercice 2

1 - Le tableau suivant se rapporte à la comparaison d'une cellule animale et d'une cellule végétale. Complétez-le.

	Critères	Cellule animale	Cellule végétale
	Points communs		
Différences	Critères de différence		

2 - Le document ci-dessous, représente des cellules méristémiques végétales en cours de division.

a) Mettez les différents stades dans l'ordre de déroulement de la mitose et indiquez, par un texte bref, ce que montre chacun d'eux.



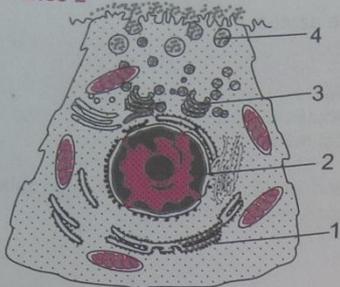
b) Faites un schéma détaillé du stade B, en prenant $2n = 4$.

- 3 - Comment l'information génétique est-elle dupliquée au cours de la réplication ?
- 4 - Comment la quantité d'information génétique est-elle conservée au cours de la mitose.
- 5 - Que signifie l'expression « semi-conservative » employée pour la réplication de l'ADN.

6 - Le tableau suivant représente le bilan de la mitose. Complétez-le

	Interphase		Mitose
	Cellule mère en phase G1	Cellule mère en phase G2	Cellules filles fin mitose
Nombre de cellules			
Nombre de chromosomes			
Nombre de chromatides/chromosomes			
Quantité d'ADN/cellule			

Exercice 2



On injecte dans des cellules pancréatiques de la leucine tritiée (acide aminé radioactif). Au bout de 5 minutes, on localise la zone cellulaire radioactive par autoradiographie.

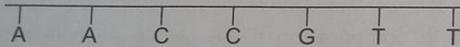
1 - Indiquez quelle est la macromolécule qui sera rendue radioactive suite à l'incorporation de la leucine tritiée. Expliquez pourquoi.
 2 - Annotez le document 3.
 3 - Expliquez pourquoi la radioactivité est localisée au niveau de l'élément 1.

Exercice 3

L'analyse ménagée de l'ADN montre que celui-ci est formé de sucre, d'acide phosphorique et de bases azotées, et qu'il présente une structure en hélice constituée de 2 chaînes complémentaires.

- 1 - a) Comment appelle-t-on le sucre de l'ADN ? *Deoxyribose*
 b) Citez les bases azotées de l'ADN. *A, C, T, G*

2 - Soit le fragment de brin d'ADN A ci-dessous :



- Reconstituez le brin complémentaire B.

3 - À partir de la molécule d'ADN, on obtient l'ARNm par transcription.

- a) Comment appelle-t-on le sucre de l'ARN ? *Ribose*
 b) Citez les bases de l'ARN.
 c) Reconstituez le fragment du brin d'ARN à partir du fragment A de l'ADN.
 d) Comment appelle-t-on ce brin A à partir duquel on a obtenu l'ARNm ?

Exercice 4

L'angiotensine II de bœuf a la séquence suivante :

Asn - Arg - Val - Tyr - Val - His - Pro - Phe

- 1 - Définissez les mots transcription et traduction.
 2 - Dans quel type de molécule organique classez-vous l'angiotensine ? Justifiez votre réponse.
 3 - Construisez la molécule d'ARNm qui a servi pour la synthèse de cette séquence d'angiotensine II.
 4 - À partir de l'ARNm reconstituez une séquence d'ADN correspondante en indiquant le brin transcrit ainsi que le sens de la lecture.

Le document ci-dessous représente un extrait du code génétique.

Tyr	Arg	Val	Phe	Pro	Asn	His
UAU	AGA	GUU	UUU	CCC	AAC	CAC

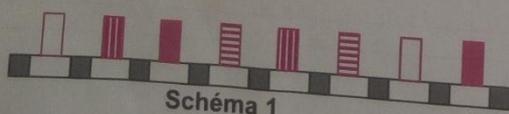
- Décrivez la chronologie des événements qui aboutissent à la synthèse d'un polypeptide.
 - Qu'est ce qui dirige la synthèse des protéines ?

Exercice 5

La synthèse des protéines, donc des enzymes, est commandée par les gènes portés par chromosomes. Ainsi, on note : « un gène → une protéine ».

La plus petite portion d'ADN capable de diriger la synthèse d'une protéine est un gène. On a représenté sur le schéma suivant un fragment d'ADN.

- a) Ce fragment est incomplet. Pourquoi ?
 b) Refaites le schéma 1 et complétez-le à l'aide des bases complémentaires qui sont données sur le schéma.
 c) Indiquez sur votre schéma ce qu'est un nucléotide.



■ Acide phosphorique,
 □ Désoxyribose,
 ▨ Guanine,
 □ Cytosine,
 ▨ Adénine,
 ■ Thymine.

2 - a) Que représente l'ensemble formant le schéma 2 ci-dessous ?

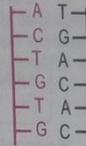
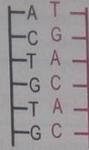
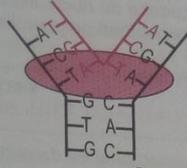
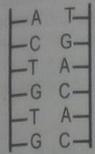
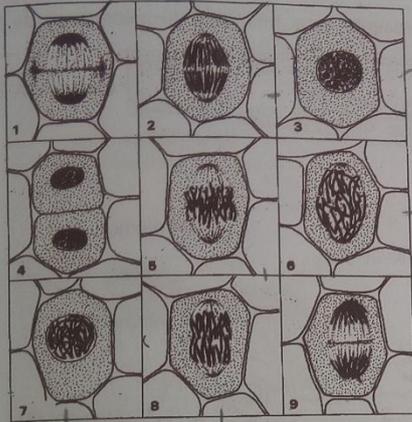


Schéma 2

b) Selon le point de vue génétique, quelle est la conséquence de ce mécanisme pour deux cellules-filles issues d'une mitose ?

Exercice 6



Le document ci-contre illustre un phénomène très important, fréquent dans les organes en croissance.

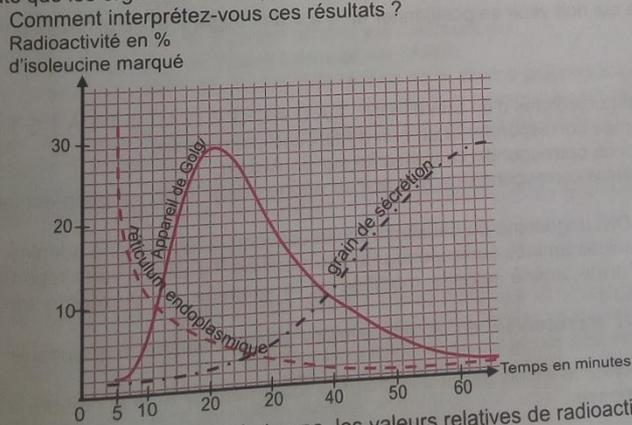
- Nommez le phénomène illustré.
- Ce phénomène se déroule-t-il dans les cellules animales ou dans les cellules végétales ? Justifiez votre réponse.
- Nommez et classez dans l'ordre chronologique ces différentes figures.
- À quel stade de la vie cellulaire a-t-on la chance d'identifier les chromosomes d'une cellule ?
- Redessinez l'étape 8 et l'annotez en supposant que $2n = 4$.

II - Exploitation des documents

Exercice 1

On injecte au temps t_0 à un cobaye un acide aminé (leucine) rendu radioactif. On fait des prélèvements successifs de pancréas (3 min, 10 min, 20 min, 40 min, 60 min, 120 min) après l'injection initiale. On isole par centrifugation des fractions contenant les différents constituants cellulaires. On mesure la radioactivité de chaque fraction.

- Comment interprétez-vous ces résultats graphiques ?
- Si on ajoute au début de l'expérience un inhibiteur métabolique bloquant la respiration, on constate que les organites n'incorporent pas la radioactivité. Comment interprétez-vous ces résultats ?



Exercice 2

L'encadré ci-dessous représente une séquence de nucléotides intervenant dans la mise en place des derniers acides aminés d'une des deux chaînes polypeptidiques qui, associées, forment l'insuline humaine (hormone).

ARN messager

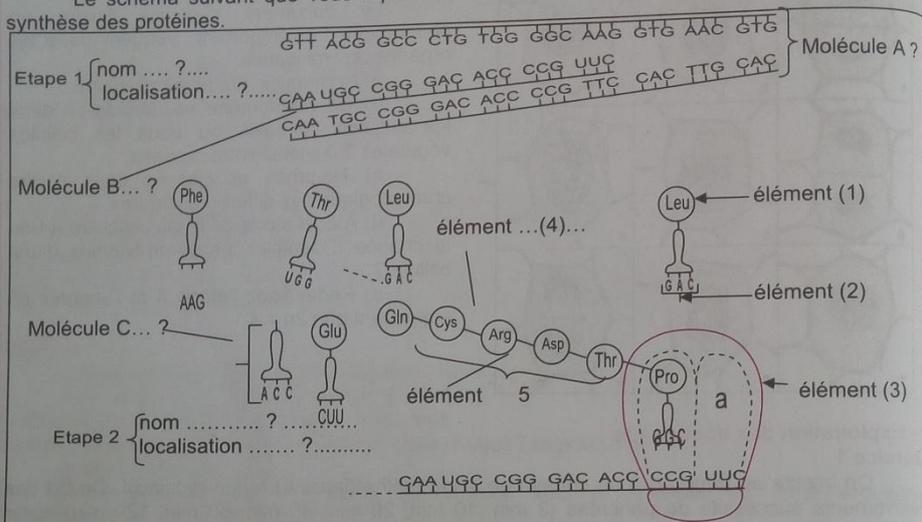
GU GGA GAG CGU GGC UUC UUC UAC ACU CCU AAG ACU

Dernier codon

- 1 - Reconstituez la séquence des huit derniers acides aminés de cette chaîne polypeptidique. Voir code génétique.
- 2 - Représentez la portion de gène (le brin d'ADN) contenant l'information nécessaire à la synthèse de cette séquence de huit acides aminés.

Exercice 3

Le schéma suivant que vous reproduirez présente deux moments du mécanisme de la synthèse des protéines.



- 1 - Mentionnez le nom des molécules A, B et C ?
- 2 - Quel est le nom des étapes 1 et 2 ? Précisez la localisation cellulaire de chaque étape.
- 3 - Complétez le schéma de la molécule B dans l'étape 1.
- 4 - Indiquez le nom de chaque élément désigné par la flèche et accompagné d'un point d'interrogation.
- 5 - Entourez la molécule qui doit venir se positionner en « a » de l'étape 2 et dessinez-la en place. Justifiez votre choix.

Exercice 5***

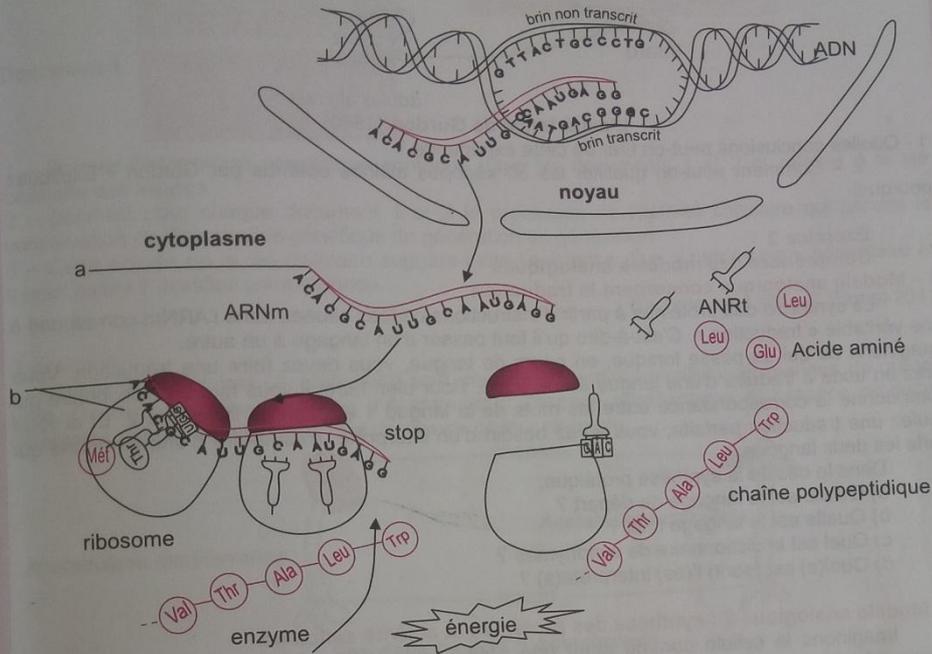
A - Soit une séquence de nucléotides d'un brin d'ADN : T A C A C G C G A T T T T A T G T A

- 1 - Représentez la séquence correspondante au brin d'ADN complémentaire.
 - 2 - Représentez la séquence correspondante transcrite sur un ARNm.
 - 3 - Représentez la séquence correspondante des acides aminés dont le polypeptide est traduit à partir de l'ARNm.
 - 4 - Sur ce même brin d'ADN, la guanine du deuxième triplet est remplacée par une adénine. La séquence des acides aminés correspondante est-elle modifiée ? Justifiez votre réponse. La structure de l'acide aminé est-elle modifiée si la guanine du deuxième triplet est remplacée par une cytosine ?
- B - La séquence d'ADN représentée en A est extraite d'une bactérie responsable de la fermentation alcoolique.
- 1 - La même séquence chez le chien aurait-elle donné forcément le même nombre d'acides aminés ? Justifiez votre réponse.

- 2 - Le code génétique utilisé pour la traduction en A peut-il l'être pour le cas présent ? Justifiez votre réponse.
- 3 - Etablissez succinctement la comparaison entre le processus de biosynthèse des protéines chez l'Homme, chez E. Coli (bactérie) et chez les virus.
- 4 - À partir du processus de la synthèse des protéines, dites pourquoi le virus est qualifié de parasite strict.

Exercice 4

Le document suivant illustre un phénomène cellulaire important.

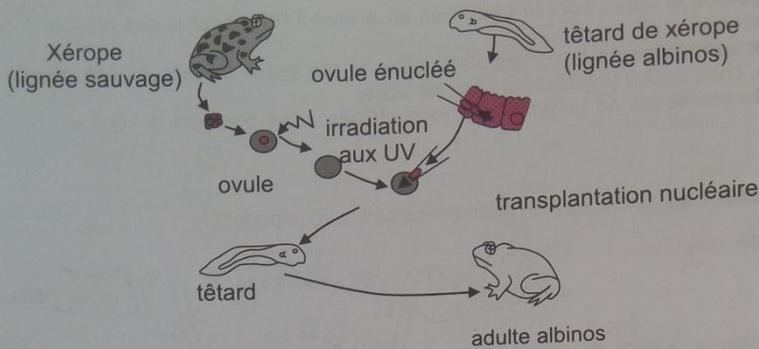


- 1 - Expliquez en 4 lignes au maximum ce qui se passe dans le noyau.
L'élément (a) formé sort du noyau, rejoint le cytoplasme et se fixe sur l'élément (b).
- 2 - a) Identifiez l'élément (b) et dire son rôle.
b) Donnez le rôle de l'ARNt.
- 3 - Par quels termes désigne-t-on :
a) Une séquence de 3 bases situées sur l'élément (a).
b) Une séquence de 3 bases situées sur l'ARNt.
- 4 - En 5 lignes maximum, expliquez la formation de la chaîne polypeptidique
- 5 - Le phénomène cellulaire illustré par le document ci-dessous se déroule dans le cytoplasme et le noyau ; par quels termes désigne-t-on les étapes respectives de ce phénomène :
a) Dans le noyau ?
b) Dans le cytoplasme ?
- 6 - Comparez la longueur d'une molécule d'ADN et une molécule d'ARNm.

IV - SAISIE DE L'INFORMATION

Exercice 1

En 1960, le biologiste anglais Gurdon travaille sur des amphibiens de l'espèce xénope. Par irradiation aux ultraviolets, il détruit les noyaux d'ovules pondus par des femelles de variété sauvage de couleur brun-vert. Dans ces ovules sont transplantés des noyaux de cellules d'intestin de têtard d'une lignée de xénopes albinos. Sur 54 œufs ainsi préparés, 30 ont donné des adultes, tous identiques entre eux, de même sexe et albinos.



L'expérience de Gurdon (1960)

- 1 - Quelles conclusions peut-on tirer de cette expérience ?
- 2 - Comment peut-on qualifier les 30 xénopes albinos obtenus par Gurdon ? Expliquez pourquoi.

Exercice 2

Comprendre des modèles analogiques

1 - Modèle analogique concernant la traduction

La synthèse des protéines à partir d'instructions codées situées dans l'ARNm correspond à une véritable « traduction ». C'est-à-dire qu'il faut passer d'un langage à un autre. Imaginons ce qui se passe lorsque, en cours de langue, vous devez faire une traduction. Vous avez un texte à traduire d'une langue à une autre. Pour bien faire, il vous faut un dictionnaire qui vous donne la correspondance entre les mots de la langue 1 et ceux de la langue 2. Et si vous voulez une traduction parfaite, vous aurez besoin d'un interprète, c'est-à-dire d'une personne qui parle les deux langues.

Dans le cas de la synthèse protéique.

- a) Quelle est le langage de départ ?
- b) Quelle est le langage final ?
- c) Quel est le dictionnaire de synonymes ?
- d) Quel(s) est (sont) l'(es) interprète(s) ?

2 - Modèle analogique 2 : synthèse des protéines et activité cellulaire

Imaginons la cellule comme étant une petite usine dont voici les caractéristiques (voir tableau suivant).

- a) Quels seraient dans la cellule, les analogues de ces différents éléments ?

Usine	Cellule
Archives /direction	Noyau
Centrale énergétique	
Atelier de fabrication	
Ensemble des plans	
Photocopieur	
Photocopie d'un plan	
Matière première	
Machine de fabrication des pièces	Ribosome
Pièce fabriquée	

- b) Pouvez-vous trouver au moins une limite à ce modèle ?
- c) Pourriez-vous étendre ce modèle en intégrant le devenir des pièces fabriquées ?

Exercice 3

Les documents 1 et 2 représentent deux espèces de levure, levure fissionnaire Schizosaccharomyces (document 1) et levure de boulanger Saccharomyces cerevisiae (document 2) dans une activité cellulaire.



Document 1



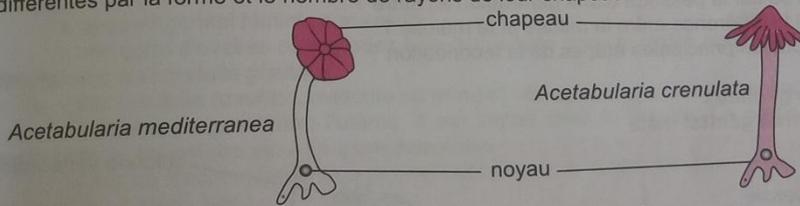
Document 2

- 1 – Donnez l'information scientifique contenue dans les documents 1 et 2 et relative à la vie cellulaire des levures.
- 2 – Décrivez pour chaque document 1 et 2 le processus de l'activité cellulaire qui permet la conservation de l'information génétique de génération en génération.
- 3 – Cette activité de la vie cellulaire suggère-t-elle l'existence d'un « patrimoine » héréditaire et transmissible ? Justifiez votre réponse.

Baccalauréat série C Partiel 2011

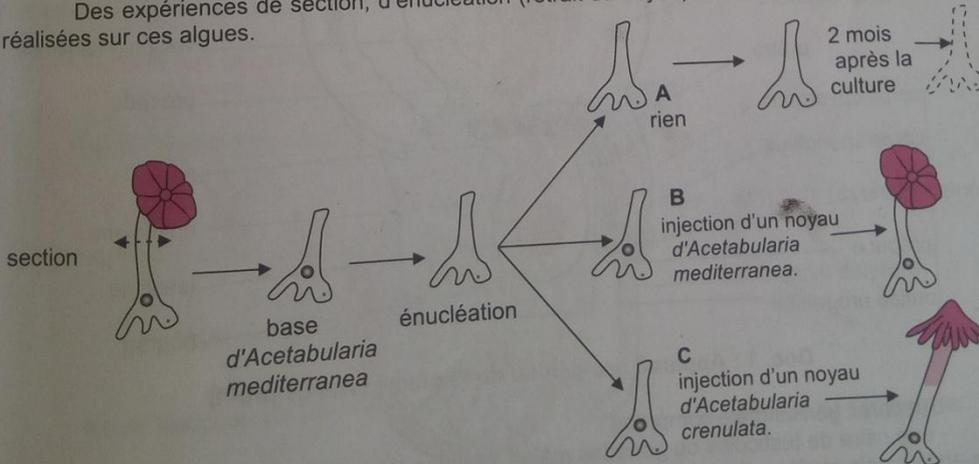
Exercice 4

Les acétabulaires (*Acetabularia*) sont des algues vertes unicellulaires marines de grande taille. On distingue deux espèces d'*Acetabularia* : l'espèce *mediterranea* et l'espèce *crenulata* différentes par la forme et le nombre de rayons de leur chapeau.



Les deux formes d'*Acetabularia*.

Des expériences de section, d'énucléation (retrait du noyau) et de greffe de noyau ont été réalisées sur ces algues.



- 1 – Comparez et interprétez les résultats de l'expérience A et B.
- 2 – Comparez et interprétez les résultats de l'expérience B et C.

CHAPITRE 5 : LES MÉCANISMES FONDAMENTAUX DE LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES MAMMIFÈRES

Objectifs pédagogiques spécifiques

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- décrire l'organisation des appareils génitaux des mammifères,
- d'identifier, de représenter et d'annoter les coupes de gonades,
- de distinguer et de citer les caractéristiques des différentes phases de la méiose,
- d'établir la différence entre mitose et méiose, d'énumérer et d'expliquer les conséquences de la méiose,
- d'identifier et de décrire les différentes étapes de la gamétogenèse,
- d'établir la différence entre la spermatogenèse et l'ovogenèse,
- d'identifier, de nommer et de décrire les différentes étapes de la fécondation,
- d'expliquer la notion de contrôle des naissances,

Les pré-requis

Les mammifères sont des vertébrés à sang chaud, dotés de poils, dont la femelle nourrit ses petits grâce au lait sécrété par ses mamelles.

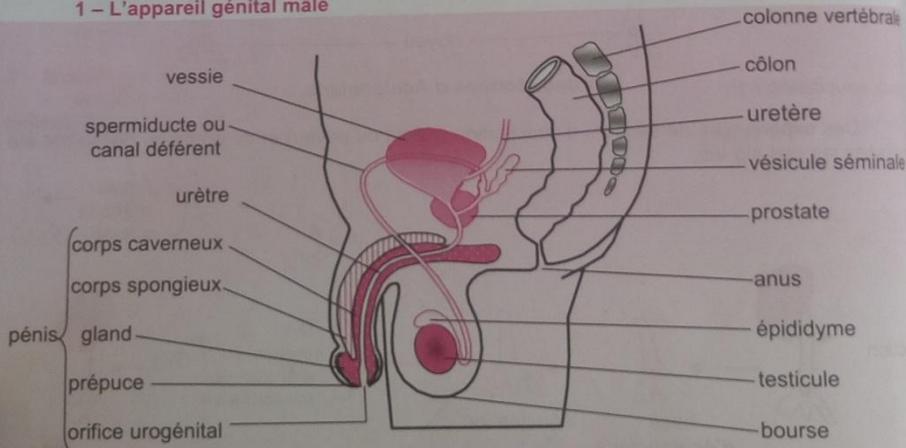
Chez les mammifères, pour passer d'une génération à l'autre, la reproduction fait intervenir les cellules sexuelles mâles et femelles encore appelées gamètes : on parle de reproduction sexuée.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Comment se forment les gamètes ?
- Comment se fait le passage d'une génération à l'autre ?
- Quelle est la différence entre la mitose et la méiose ?
- Quelles sont les principales étapes de la fécondation ?

I - Les appareils génitaux

1 - L'appareil génital mâle



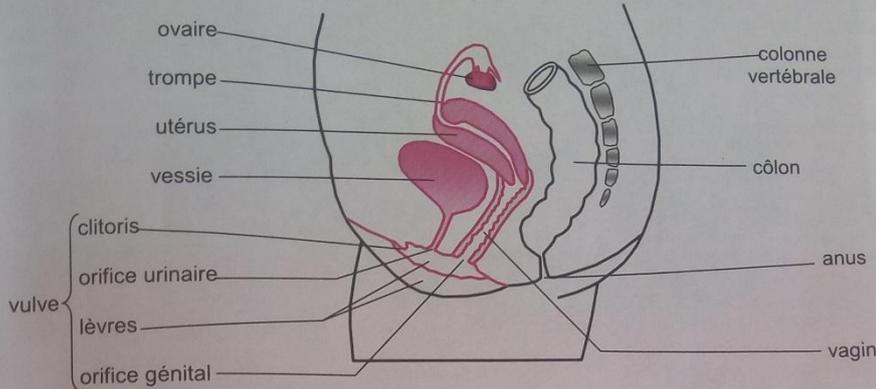
Doc. 1 : Appareil uro-génital de l'homme (vue de profil)

L'appareil génital mâle comprend :

- une paire de testicules ou gonades mâles (glandes reproductrices) située dans une poche extra-abdominale revêtue d'un tégument, le **scrotum** ou **bourses**,
- des conduits (**épididyme**, **canal déférent** ou **spermiducte**, et **urètre**) véhiculant les produits génitaux.

- des glandes annexes : prostate et **vésicules séminales**,
 - un organe copulateur ou d'accouplement qui est érectile : le **pénis ou verge**, organe constitué de différents tubes appelés « corps » : deux corps caverneux et un corps spongieux.
 À la naissance, l'extrémité du pénis ou gland est recouverte par une peau appelée **prépuce** qui sera supprimée chez certains peuples (circoncision).
 L'appareil génital de l'homme est étroitement lié à son appareil urinaire. L'ensemble formant l'appareil **uro-génital**.

2 - L'appareil génital femelle



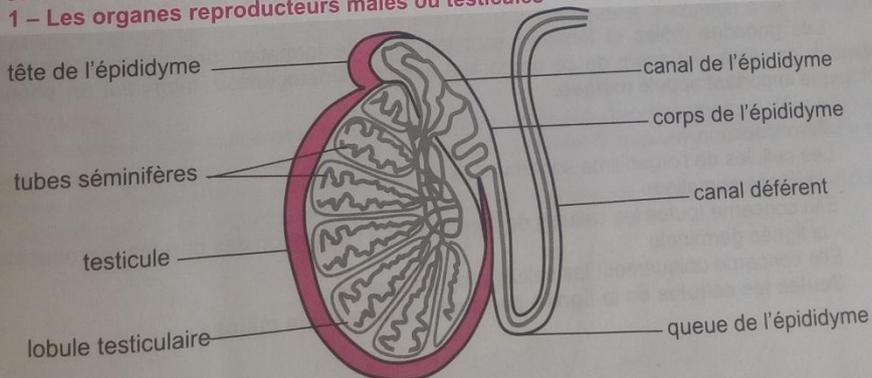
Doc. 2 : Appareil génital de la femme (vue de profil)

L'appareil génital féminin comprend :

- une paire d'ovaires ou gonades femelles, située dans la cavité abdominale et sans liaison directe avec les conduits génitaux,
- des conduits (pavillon, oviducte ou trompe) véhiculant les produits génitaux,
- l'organe de gestation : l'utérus. Il est impair chez la femme. La partie interne appelée muqueuse ou endomètre est à l'origine des règles,
- l'organe d'accouplement ou organe copulateur : le vagin. Il permet aussi l'écoulement des règles et la sortie du bébé,
- les structures externes : grandes et petites lèvres, clitoris, orifice génital et orifice urinaire, qui constituent la vulve. Chez les femmes dont l'activité sexuelle n'a pas encore commencé, l'orifice externe du vagin est recouvert d'une membrane appelée **hymen**.

II - La structure des gonades

1 - Les organes reproducteurs mâles ou testicules

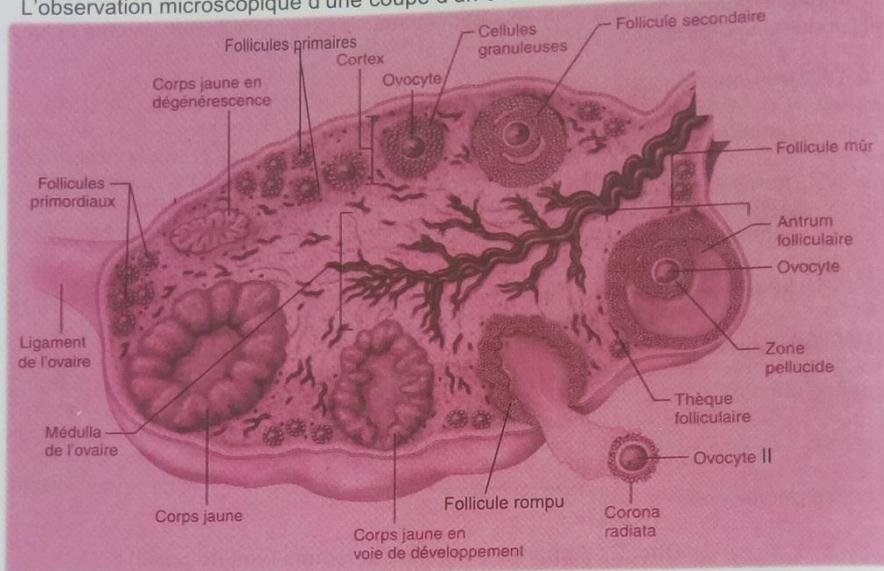


Doc. 3 : Coupe longitudinale schématique d'un testicule

La coupe longitudinale d'un testicule montre qu'il est entouré par une capsule qui le protège et le divise en lobules. Chaque lobule contient trois à cinq tubes séminifères contournés.

2 - Les organes reproducteurs femelles ou ovaires

L'observation microscopique d'une coupe d'un ovaire se présente de la manière suivante :



Doc. 4 : Coupe d'un ovaire de mammifère avec les étapes de maturation d'un follicule

Au nombre de deux, les ovaires sont l'équivalent des testicules observés chez l'homme. Une coupe de l'ovaire d'une femme pubère montre deux zones :

- la zone corticale qui renferme des follicules à différents stades.

Dans un **follicule primordial**, quelques cellules folliculaires entourent l'ovocyte.

Dans un **follicule primaire**, une seule couche de cellules folliculaires entoure l'ovocyte.

Dans un **follicule secondaire**, plusieurs couches de cellules folliculaires concentriques entourent l'ovocyte ; de petits espaces remplis de liquide se forment entre ces cellules.

Dans un **follicule mûr ou follicule de De Graaf**, plusieurs couches de cellules folliculaires entourent une cavité centrale remplie de liquide, qui pousse l'ovocyte sur le côté.

Après l'ovulation, le follicule rompu se transforme en **corps jaune** qui finit par dégénérer s'il n'y a pas fécondation ou persiste en cas de fécondation tout au long de la grossesse.

- la zone médullaire, essentiellement constituée de tissus conjonctifs et de vaisseaux sanguins.

Les gonades mâles et femelles sont les lieux de formation des cellules reproductrices appelées gamètes. Au cours de ce processus appelé gamétogenèse, intervient un phénomène biologique important appelé **méiose**.

Remarque

Les cellules de l'organisme sont divisées en deux lignées :

- la lignée somatique

Elle concerne toutes les cellules de l'organisme à l'exception des cellules reproductrices.

- la lignée germinale

Elle concerne uniquement les cellules reproductrices.

Seules les cellules de la lignée germinale subissent la méiose.

III – La méiose

La **méiose** est une succession de deux divisions cellulaires enchaînées dont la première est réductionnelle et la deuxième est équationnelle.

1 – Les différentes phases de la méiose

La méiose I ou division réductionnelle

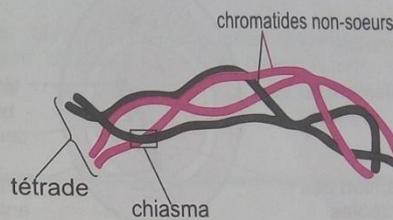
Elle comporte quatre phases : Prophase I, métaphase I, anaphase I et télophase I.

- Prophase I

Elle est caractérisée par la condensation des chromosomes à partir de la chromatine et l'appariement des chromosomes homologues sur leur longueur pour former des **tétrades** (4 chromatides par paires). Les bras des chromatides homologues subissent l'enjambement. Cette disposition des chromosomes favorise des échanges de segments de chromatides non-sœurs appelés **crossing-over**. Chaque point de contact est appelé un **chiasma**.



a) Microphotographie d'un crossing-over



b) Schéma d'interprétation

Doc. 5: Crossing-over au cours de la prophase I de la méiose

- Métaphase I

Chaque tétrade s'interagit avec le fuseau mitotique qui favorise sa migration vers l'équateur de la cellule pour former la plaque équatoriale. Les centromères sont de part et d'autre du plan équatorial, les deux chromosomes homologues se font face, chacun fixé sur une fibre du fuseau de division, et présente ses deux chromatides.

- Anaphase I

Les deux chromosomes homologues de chaque paire se séparent et migrent de façon aléatoire vers chaque pôle. Contrairement à ce qui se passe au cours de la mitose, les centromères ne se divisent pas au cours de l'anaphase I de la méiose. Cette ascension polaire concerne des chromosomes entiers formés chacun de deux chromatides. Le nombre de chromosomes en migration est égal à la moitié du nombre de départ. C'est la **réduction chromatique** caractéristique essentielle de la méiose.

Si le crossing-over n'avait pas eu lieu, le bivalent de chaque pôle serait composé de chromatides maternelles ou paternelles. Cependant, le crossing-over a conduit à la création de chromatides mosaïques d'origine maternelle et paternelle.

- Télophase I

La membrane nucléaire et le nucléole se reforment et les chromosomes se décondensent. Le fuseau mitotique disparaît, la chromatine apparaît au fur et à mesure que la télophase et la cytokinèse (division du cytoplasme) prennent fin.

La méiose I est appelée **réductionnelle** car le nombre de chromosomes est réduit de moitié.

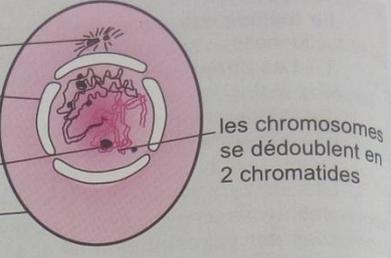
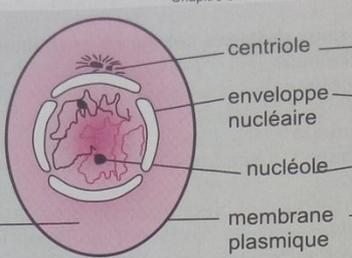
Interphase

Cellule à $2n$ chromosomes sous forme de long filament.

Méiose

Début

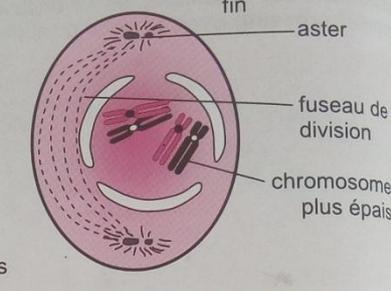
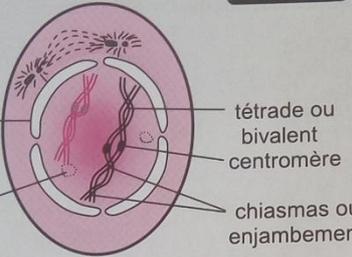
paire de centriole
gonflement du noyau
disparition des nucléoles



Prophase I

tétrade ou bivalent
centromère
chiasmats ou enjambements

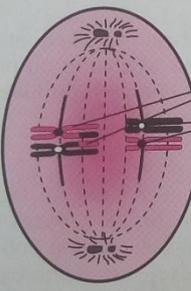
Les chromosomes homologues se condensent et s'apparient.



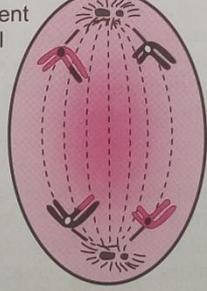
Formation des asters et du fuseau de division

Métaphase I

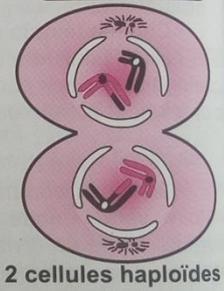
Les tétrades se déplacent dans le plan équatorial
 n tétrades
les centromères sont de part et d'autre du plan équatorial



Anaphase I

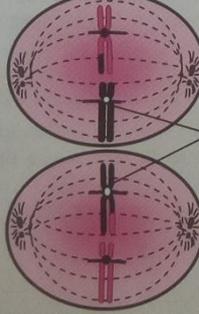


Télophase I et Prophase II



Métaphase II

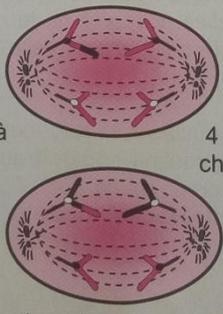
n chromosomes à 2 chromatides



Dans chaque cellule, les chromosomes se placent sur le plan équatorial.

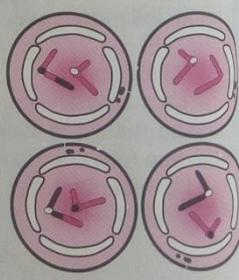
Anaphase II

4 cellules à n chromosomes



Dédoublment des centromères, séparation et ascension polaire des chromosomes et répartition en 2 lots de n chromosomes à une chromatide.

Télophase II



Division du cytoplasme, reconstitution des noyaux.

Doc. 6 : Etapes de la méiose chez une cellule animale. Pour simplifier, seulement deux paires de chromosomes ont été représentées

• **La méiose II ou division équationnelle**

La méiose II commence avec les deux cellules haploïdes formées au cours de la méiose I. Les deux cellules entrent dans une courte période interphasique sans une nouvelle réplication de l'ADN ; car les chromosomes sont déjà constitués de deux chromatides.

- **Prophase II**

La télophase I est souvent inachevée et est rapidement confondue avec la **prophase II**. Chaque bivalent est formé d'une paire de chromatides sœurs liées par un centromère.

- **Métaphase II**

Les chromosomes fissurés forment la plaque équatoriale. La métaphase II est conforme à la métaphase de la mitose simple décrite au chapitre 4.

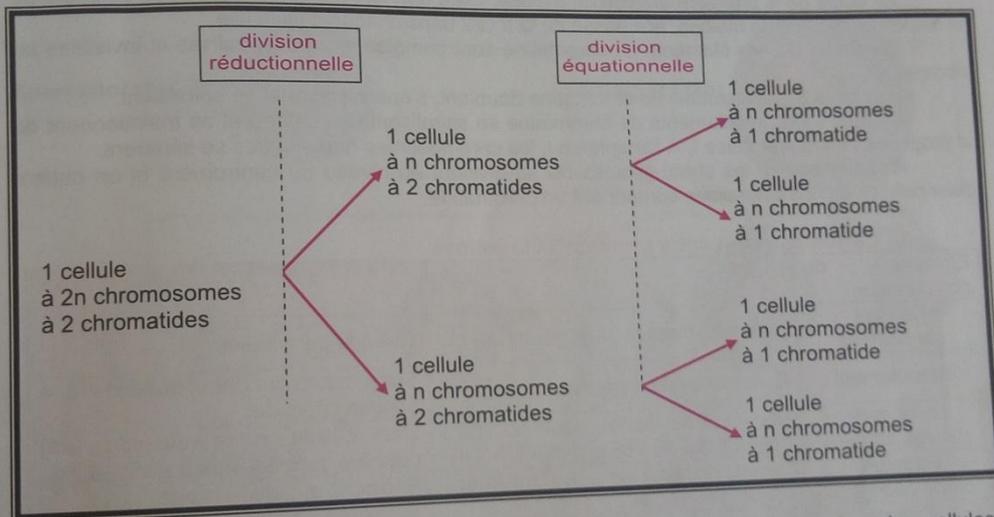
- **Anaphase II**

Les chromatides jumelles se séparent par clivage ou division du centromère et migrent vers chaque pôle de la cellule.

- **Télophase II**

Il y a décondensation des chromosomes, division du cytoplasme (cytotélerèse) et individualisation des quatre cellules filles contenant chacune n chromosomes à une seule chromatide.

2 – Les conséquences de la méiose
a) Du point de vue chromosomique



La méiose permet de réduire de moitié le nombre de chromosomes dans les cellules germinales.

À l'issue d'une méiose, on obtient quatre cellules filles chromosomiquement et génétiquement différentes.

La **méiose II**, tout comme la **mitose** simple est **équationnelle** et conduit à la formation de deux cellules ayant chacune la même garniture chromosomique que la cellule mère. Par contre, la **méiose I** est **réductionnelle** et conduit à la formation de deux cellules dont la garniture chromosomique est réduite de moitié par rapport à celle de la cellule mère.

La **méiose** est donc une suite de deux divisions cellulaires enchaînées au cours desquelles une cellule mère diploïde ($2n$ chromosomes) donne 4 cellules filles haploïdes (n chromosomes chacune).

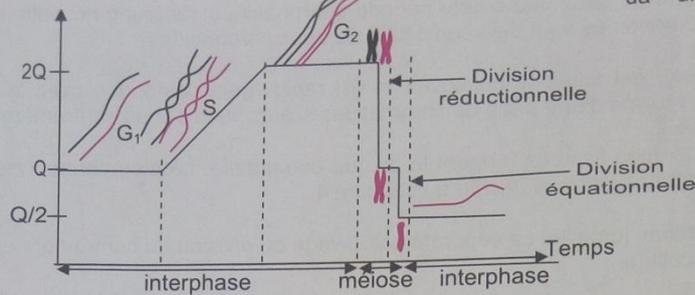
Remarque :

Seules les cellules de la lignée germinale subissent la méiose. Les cellules de la lignée somatique restent toujours diploïdes ; car elles ne subissent que des mitoses.

b) Du point de vue de la quantité d'ADN par cellule

Quantité d'ADN par cellule (en ua)*

* ua = unités arbitraires



Doc. 7 : Évolution de la quantité d'ADN et de la structure des chromosomes au cours d'une méiose (pour un noyau).

La courbe montre que pendant l'interphase, la quantité d'ADN double c'est-à-dire passe de Q à 2Q.

Au cours de la première division de méiose, cette quantité passe de 2Q à Q et, au cours de la deuxième division de méiose, elle passe de Q à Q/2 dans chaque cellule fille.

En phase G1, les filaments de chromatine sont complètement despiralisés et invisibles au microscope.

En phase S, les filaments de chromatine doublent, s'épaississent et se spiralisent.

En phase G2, les filaments de chromatine se spiralisent d'avantage et se maintiennent de la prophase I à la métaphase I. À l'anaphase I, les chromosomes homologues se séparent.

À l'anaphase II, les chromosomes fils se divisent au niveau du centromère et on obtient deux cellules à n chromosomes comportant un chromatide.

3 – La comparaison entre la mitose et la méiose

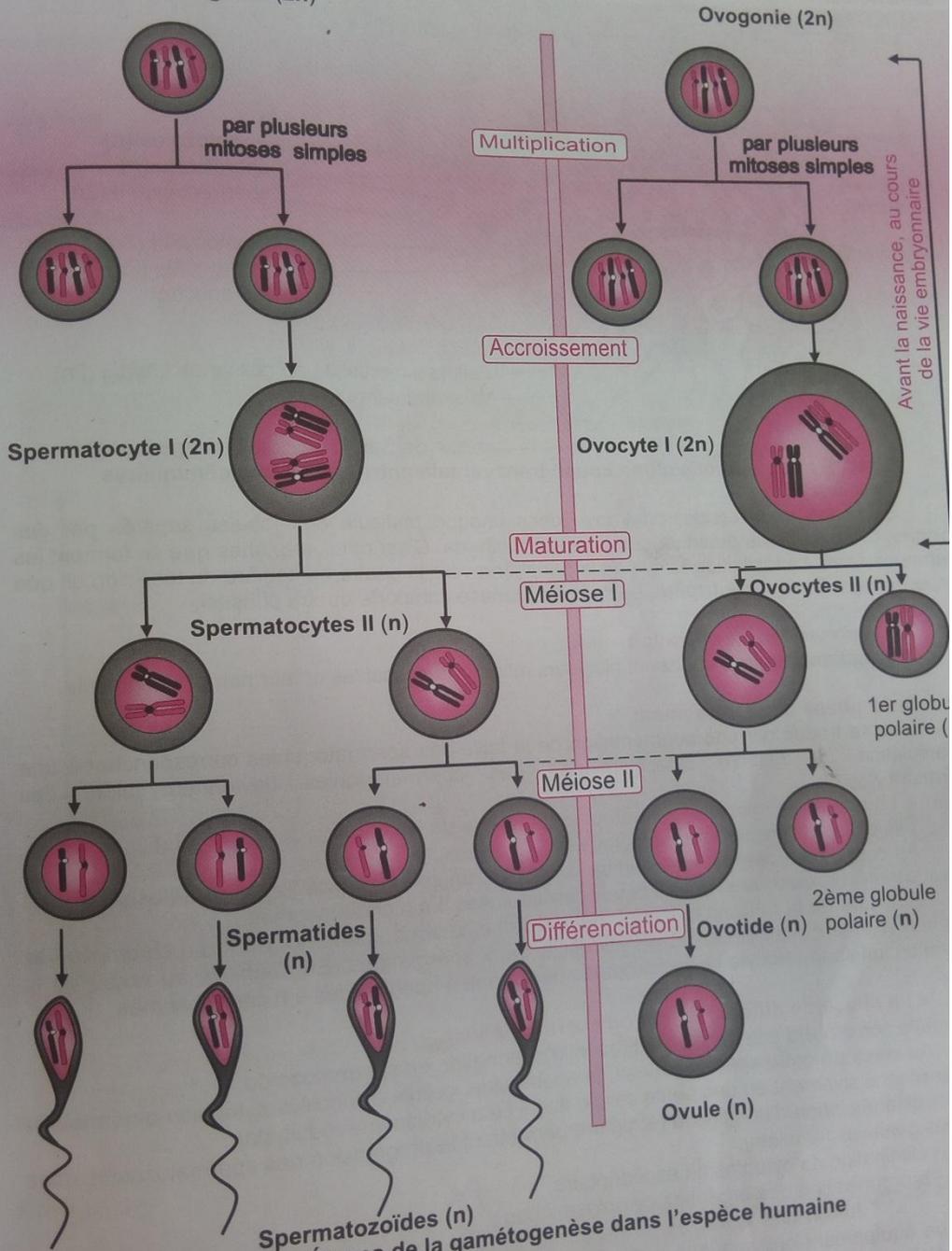
Éléments de comparaison	Mitose	Méiose
Cellules concernées	Cellules somatiques et germinales	Cellules germinales
Déroulement	Succession de 4 phases	Succession de deux divisions à 4 phases chacune
Nombre de cellules formées	Une cellule mère diploïde (2n) donne 2 cellules filles diploïdes (2n)	Une cellule mère diploïde (2n) donne 4 cellules filles haploïdes (n)
Garniture chromosomique	Conservation de la garniture chromosomique	Réduction de moitié de la garniture chromosomique
Période	Durant toute la vie de l'individu	À partir de la puberté seulement
Nombre de division et phases	1 division 4 phases	2 divisions 8 phases
Localisation dans le temps	Commence avec la segmentation de l'œuf et dure toute la vie	N'intervient que lors de la formation des gamètes

IV – La gamétogenèse

Chapitre 5 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères

La gamétogenèse est un ensemble de divisions cellulaires et de transformations qui conduisent à la formation des gamètes. Elle regroupe la spermatogenèse et l'ovogenèse.

1 – Les étapes de la gamétogenèse dans l'espèce humaine



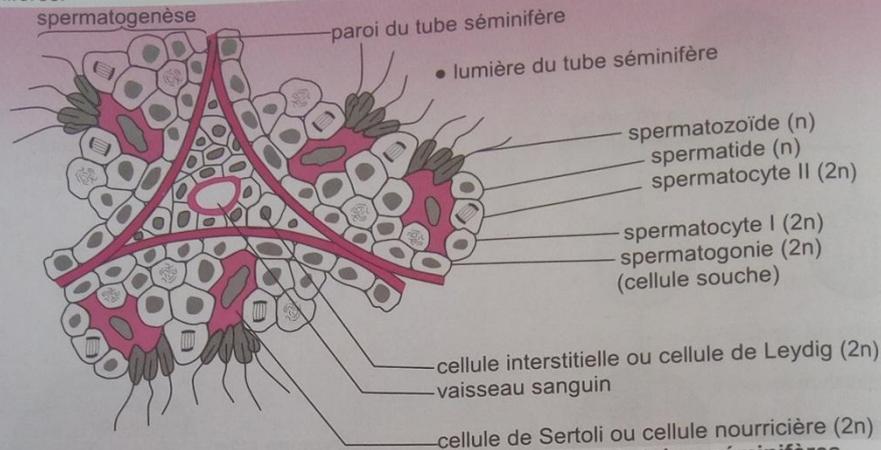
Doc. 8 : Étapes de la gamétogenèse dans l'espèce humaine

La gamétogenèse comporte quatre phases :

- la multiplication (mitoses),
- l'accroissement,
- la maturation (méiose),
- la différenciation.

2 - La spermatogenèse

La spermatogenèse est l'ensemble des transformations et des divisions cellulaires qui conduisent les spermatogonies à la formation des gamètes mâles ou spermatozoïdes. Le document suivant montre une coupe transversale effectuée entre trois tubes séminifères.



Doc. 9 : Vue partielle d'une coupe transversale entre trois tubes séminifères

En coupe transversale, on trouve dans chaque testicule des lobules séparés par des cloisons. Chaque lobule présente des tubes séminifères. C'est dans ces tubes que se forment les spermatozoïdes. La formation se fait de la périphérie vers le centre ou lumière du tube : on dit que la spermatogenèse est **centripète**. La spermatogenèse comporte quatre phases :

• La phase de multiplication

Les spermatogonies subissent plusieurs mitoses successives et leur nombre augmente.

• La phase d'accroissement

Elle se traduit par une augmentation de la taille des spermatogonies correspondant à une accumulation de réserve cytoplasmique ; Les spermatogonies deviennent alors des spermatocytes I.

• La phase de maturation (méiose et passage de la diploïdie à l'haploïdie)

Elle est caractérisée par une méiose.

Au cours de la première division de la méiose, un spermatocyte I à 2n chromosomes subit une réduction chromosomique et donne deux spermatocytes II à n chromosomes.

Au cours de la deuxième division de la méiose, chaque spermatocyte II à n chromosomes subit une mitose équationnelle et on aboutit à deux spermatides. En définitive au cours de la maturation, un spermatocyte I à 2n chromosomes donne 4 spermatides à n chromosomes.

• La phase de différenciation ou spermiogénèse

Elle correspond à la transformation de la spermatide en spermatozoïde.

Au cours de cette spermiogénèse, la spermatide, cellule arrondie à cytoplasme normal évolue progressivement en une petite cellule flagellée à cytoplasme réduit, par :

- différenciation d'un flagelle (structure permettant la progression des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles),

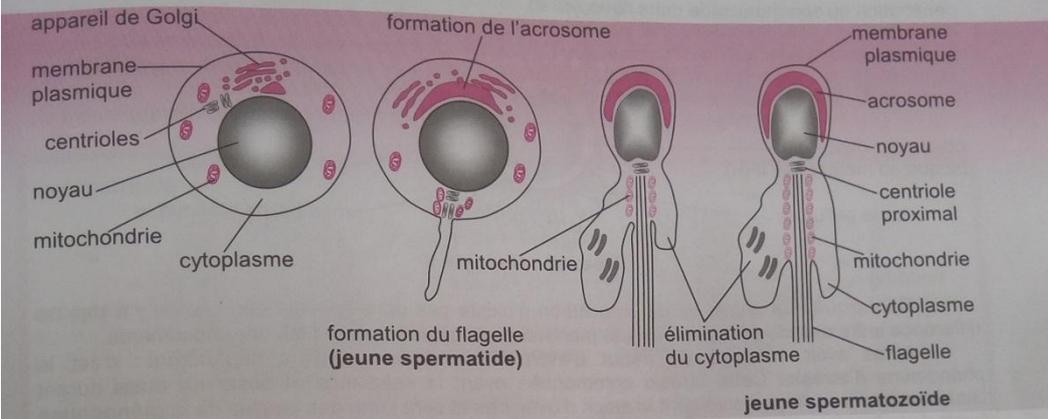
- élimination du cytoplasme excédentaire,

- réorganisation des organites cytoplasmiques :

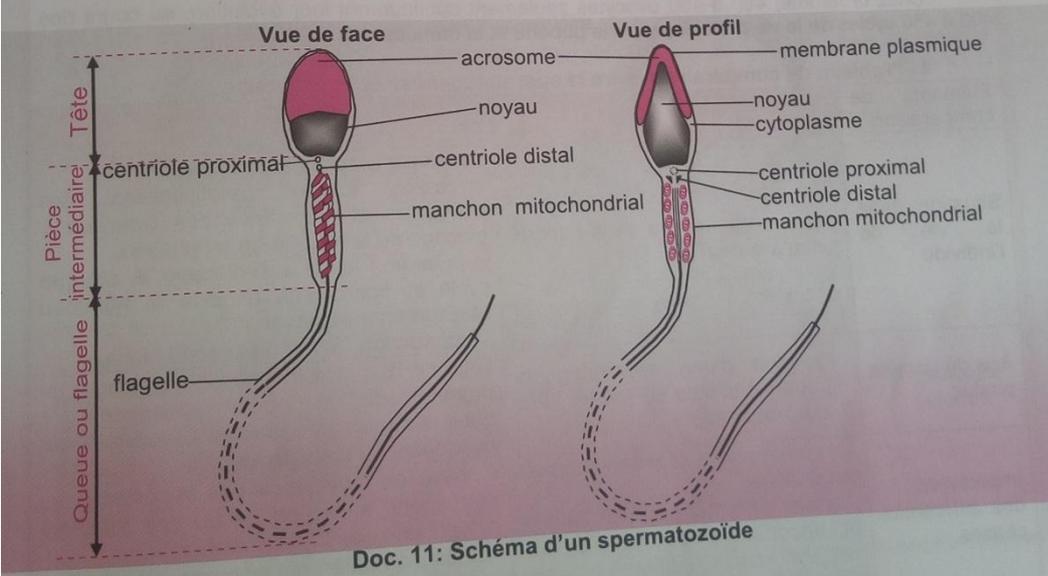
* fusion des vésicules de l'appareil de Golgi en un **acrosome** (structure contenant un équipement enzymatique permettant aux spermatozoïdes de traverser l'enveloppe de l'ovocyte II au moment de la fécondation) qui coiffe le noyau,

* élongation et aplatissement du noyau (qui donne sa forme à la tête du spermatozoïde) et condensation de la chromatine,

- * nouvelle disposition des centrioles au pôle opposé à l'acrosome et modification du centriole distal ou postérieur qui donne naissance aux microtubules du flagelle,
- * nouvelle répartition des mitochondries qui s'enroulent autour de la base du flagelle.



Doc. 10 : Spermio-genèse chez l'homme



Doc. 11: Schéma d'un spermatozoïde

3 - L'ovogenèse

L'ovogenèse est l'ensemble des transformations et des divisions cellulaires qui conduisent les ovogonies à la formation des gamètes femelles ou ovules. Elle comporte trois phases :

- **La phase de multiplication**

Dans l'ovaire fœtal, les ovogonies subissent des mitoses qui augmentent le nombre d'ovogonies.

- **La phase d'accroissement**

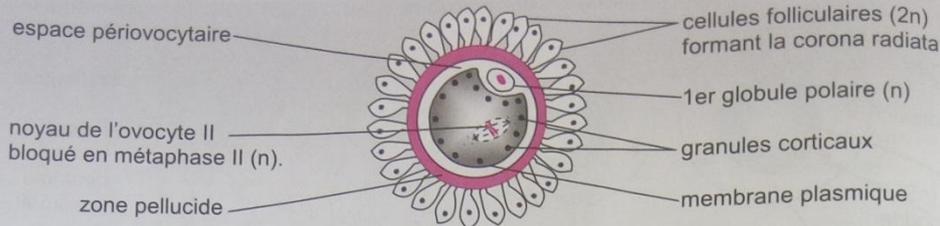
Les ovogonies augmentent de volume par accumulation de réserves, déplaçant ainsi le noyau cellulaire vers la périphérie. Elles prennent le nom d'ovocyte I.

- **La phase de maturation**

Au cours de la première division, l'ovocyte I subit une mitose réductionnelle et donne deux cellules de taille inégale : un ovocyte II à n chromosomes et un premier globule polaire, lui aussi

TERMINALE

n chromosomes. Au cours de la deuxième division, l'ovocyte II (n) subit une mitose équationnelle et donne également deux cellules de taille inégale : un ovotide à n chromosomes et le deuxième globule polaire à n chromosomes qui sera expulsé après la pénétration du spermatozoïde. Cependant cette deuxième division ne peut se réaliser qu'en cas de fécondation (après la pénétration du spermatozoïde dans l'ovocyte II).



Doc. 12 : Ovocyte II

Remarque : La phase de différenciation n'existe pas dans l'ovogenèse car il n'y a pas de différence entre ovotide et ovule, ni sur le plan morphologique ni sur le plan chromosomique.

Après avoir ébauché un début d'évolution, certains ovocytes dégénèrent : c'est le phénomène d'**atrésie**. Cette atrésie commencée avant la naissance et observée aussi durant l'enfance épuise progressivement le stock d'ovocytes et sera l'une des causes de la **ménopause** (arrêt de la fonction de reproduction chez la femme). Celle-ci intervient entre l'âge de 48 à 50 ans.

Chez la femme, 400 à 450 ovocytes seulement continueront leur évolution, au cours des 400 à 450 cycles de la vie génitale, entre la puberté et la ménopause.

4 – Tableau de comparaison entre la spermatogenèse et l'ovogenèse

Eléments de comparaison	spermatogenèse	ovogenèse
Situation dans la vie de l'individu	phénomène continu de la puberté jusqu'à la mort	se fait par étapes discontinues : - étape fœtale : multiplication des ovogonies et croissance des ovocytes - blocage de la méiose en prophase I, - puberté : levée du blocage à chaque cycle et ponte d'un ovocyte II, nouveau blocage en métaphase II, - fécondation : levée du second blocage.
Âge du gamète produit	l'évolution d'une spermatogonie en spermatozoïde se fait en 72 ± 2 jours de manière continue.	l'âge de l'ovocyte II = âge de la femme au moment de la ponte « ovulaire » + quelques mois (le stock de l'ovocyte II est déjà défini au stade fœtal).
Importance des différentes phases	- phase de croissance peu importante, - phase de différenciation longue et importante : on obtient des cellules très différentes des spermatozoïdes.	- phase de croissance très importante qui correspond à l'accumulation des réserves cytoplasmiques (cytodifférenciation), - phase de différenciation inexistante chez les mammifères car c'est l'ovocyte II qui est fécondé.
Caractéristique de la méiose	- méiose continue, - divisions cytoplasmiques égales.	- méiose discontinue, - divisions cytoplasmiques inégales. On obtient une grosse cellule : l'ovocyte II et une petite cellule : le globule polaire.
Quantité de gamètes produits	- chez l'homme en moyenne 10^8 spermatozoïdes/ml de sperme.	- chez la femme un peu plus de 300 ovocytes sont émis au cours de la vie.
Nombre de gamètes obtenus	une spermatogonie entrant en phase de croissance engendre 4 spermatozoïdes.	une ovogonie entrant en phase de croissance engendre théoriquement un ovocyte II.

Doc. 13 : Comparaison des étapes de la spermatogenèse et de l'ovogenèse chez l'Homme

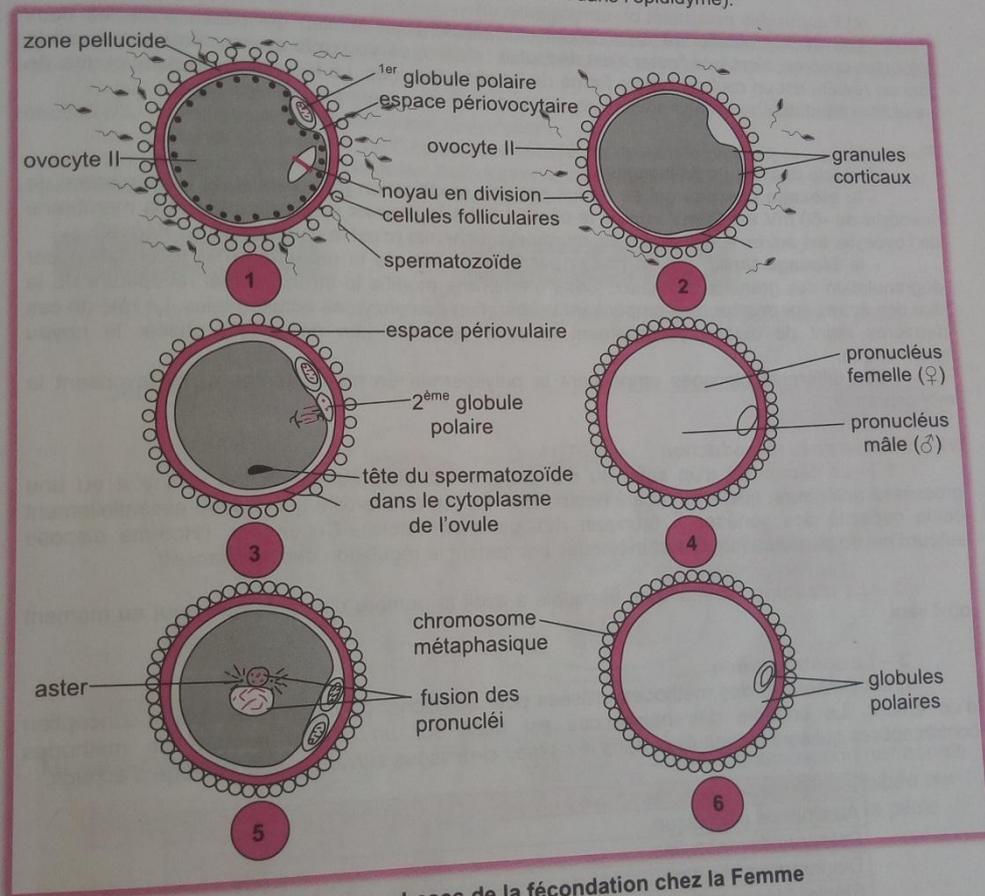
V – La fécondation

Chapitre 5 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères

La fécondation est la fusion du noyau d'un spermatozoïde avec celui de l'ovocyte. Elle se déroule en plusieurs phases :

a) Le rapprochement des gamètes mâles et femelles

La rencontre entre l'ovocyte et le spermatozoïde a lieu dans l'un des oviductes. La progression des spermatozoïdes vers les trompes est due aux contractions du muscle utérin et à la mobilité de ces derniers. C'est au cours de ce transit vers la trompe que le spermatozoïde acquiert le pouvoir fécondant : c'est la **capacitation** (phénomène consistant à éliminer le revêtement protéique qui a été déposé au cours du transit dans l'épididyme).



Doc. 14 : Les phases de la fécondation chez la Femme

b) La pénétration d'un spermatozoïde dans un ovocyte

L'accolement du spermatozoïde avec la zone pellucide déclenche la libération des enzymes contenues dans l'acrosome. Grâce à ses enzymes et son flagelle, le spermatozoïde traverse la zone pellucide et pénètre dans l'espace péri-ovocyttaire.

Dès cette pénétration, l'ovocyte II est activé et libère le contenu de ses granules corticaux dans l'espace périovocyttaire par exocytose ; ceux-ci modifient la zone pellucide qui devient imperméable aux autres spermatozoïdes afin d'éviter la polyspermie. L'activation de l'ovocyte II est marquée par :

- * la reprise de la méiose et l'expulsion du deuxième globule polaire,
- * la formation de la membrane de fécondation par expulsion des granules corticaux,
- * la reprise du métabolisme,

- * l'inversion de la polarité membranaire,
- * l'achèvement de la division méiotique bloquée en métaphase II.

La méiose est enfin achevée. Les noyaux mâle et femelle dans le cytoplasme de l'ovocyte devenu ovule, gonflent considérablement et deviennent ce que l'on appelle des **pronucléi** (*singulier pronucléus*) ou pronoyaux. Chaque pronucléus contient n chromosomes. Le pronucléus mâle se rapproche lentement du pronucléus femelle tout en effectuant une rotation de 180° (c'est ce qui place la pièce intermédiaire en direction du noyau de l'ovocyte), tandis que son centriole engendre un aster.

c) Fusion des pronucléi ou caryogamie

Les deux pronucléi se rapprochent et s'accolent sur le plan qui passe entre les deux globules polaires, alors que l'aster s'est dédoublé : c'est la **caryogamie** ou **amphimixie**. La cellule qui en résulte est un œuf ou zygote formé de $2n$ chromosomes. La fécondation a donc permis de rétablir la diploïdie.

Remarque

Il existe deux types de blocage :

- le **blocage précoce** qui se traduit par une modification du potentiel de la membrane de l'ovocyte de -60 mV à $+20$ mV ; après le contact entre le premier spermatozoïde et la membrane de l'ovocyte, les autres spermatozoïdes rebroussement chemin (c'est le chimiotactisme négatif).
- le **blocage tardif**, qui se traduit par la formation de la membrane de fécondation par dégranulation des granules corticaux. Cette membrane modifie la structure des récepteurs de la tête des autres spermatozoïdes empêchant la libération des enzymes acrosomiales. Le rôle de ces dernières étant de digérer partiellement la zone pellucide afin de laisser passer le noyau spermatique.

Ces différents blocages empêchent la polyspermie en même temps qu'ils favorisent la monospermie.

VI – Maîtrise de la reproduction

1 – La **fécondité** d'un sujet ou d'un couple est prouvée par le fait qu'il y a eu une grossesse antérieure, quelle en ait été l'issue. Elle est liée à la fertilité qui dépend essentiellement de la capacité des gonades à fabriquer des gamètes viables. Cependant, l'Homme dispose aujourd'hui de plusieurs moyens et méthodes permettant la régulation des naissances.

2 – Le **planning familial** aide le couple à avoir le nombre d'enfants qu'il veut au moment où il veut.

3 – La contraception

C'est l'ensemble des méthodes utilisées pour empêcher de façon réversible la conception d'un enfant. Le contrôle des naissances est basé sur un certain nombre de méthodes contraceptives qui sont récapitulées dans le tableau ci-dessous suivant le pourcentage d'échecs.

Méthode contraceptive utilisée	Pourcentage d'échecs
Abstinence périodique.	20%
Préservatifs masculins.	4 à 8%
Diaphragme féminin	2 à 4%
Stérilet (déconseiller aux jeunes filles)	0,3 à 3%
Pilules combinées (normo ou minidosées).	0,15 à 0,45%
Pilules « séquentielles »	0,4 à 0,7%
Retrait	17%
Spermicides	1,3 à 4%

Remarque

Le RU 486 est une pilule abortive (qui provoque l'expulsion de l'embryon). Il empêche la progestérone de jouer son rôle de maintien de la grossesse.

Les méthodes contraceptives utilisées pour contrôler les naissances empêchent la fécondation et/ou la nidation. En dehors des moyens naturels (abstinence périodique, retrait), la contraception fait appel à des moyens mécaniques et chimiques ou à des hormones ovariennes de synthèse.

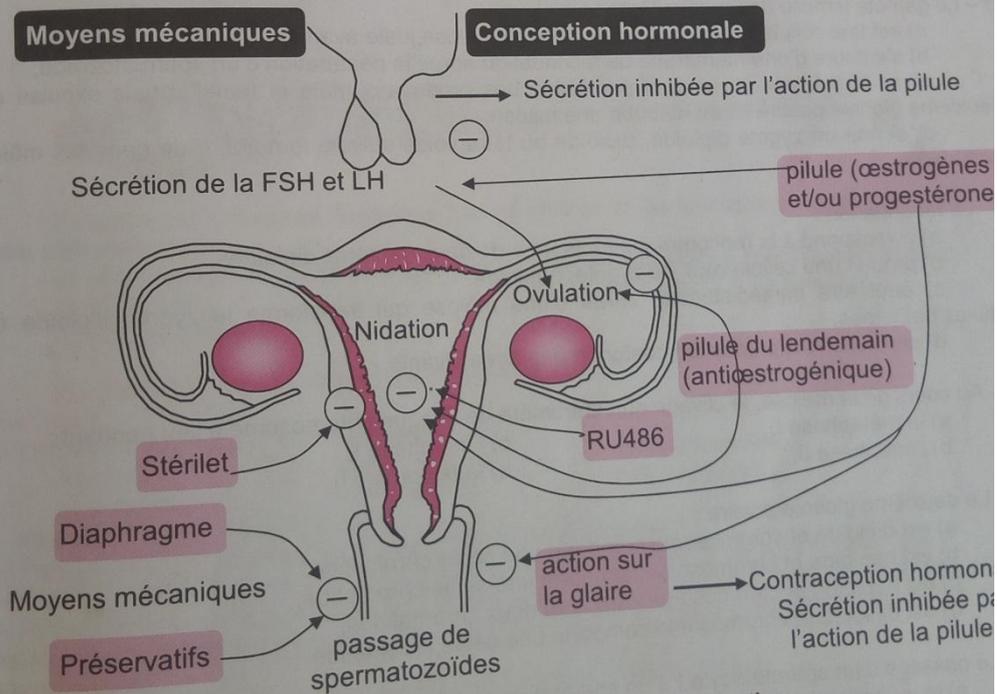
*** contraception non hormonale**

- utilisation des substances détruisant les spermatozoïdes (spermicides),
- utilisation des barrières empêchant la rencontre des gamètes (préservatifs, diaphragme),
- utilisation du stérilet qui rend la paroi de l'utérus inapte à la nidation,

*** contraception hormonale** (utilisation des pilules).

Les pilules sont des hormones ovariennes de synthèse. Les plus couramment utilisées sont pilules combinées, c'est-à-dire formées d'une association d'œstrogènes et de progestérone agissent à trois niveaux :

- au niveau de l'hypophyse, en inhibant la production des gonadostimulines par rétrocontrôle : il n'y a alors ni cycle ovarien, ni ovulation,
- au niveau de l'endomètre, de l'utérus qui s'atrophie et devient impropre à la nidation,
- au niveau de la glaire cervicale (substance sécrétée par le col de l'utérus) qui devient imperméable aux spermatozoïdes.



Doc. 15 : Les mécanismes de la contraception

I – Restitution organisée des connaissances

A – Questions à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 – Au cours de la prophase de la première division de méiose :
 - a) chaque chromosome aboutit à la réplication,
 - b) il se produit une ségrégation indépendante des chromosomes,
 - c) il se produit des échanges de segments entre chromosomes homologues,
 - d) il se produit une séparation des centromères.

- 2 – Après la méiose :
 - a) les cellules formées conduisent toujours à l'obtention de gamètes,
 - b) les cellules formées conduisent chez certaines espèces à la formation d'un organisme haploïde,
 - c) les cellules formées possèdent deux allèles de chaque gène de la cellule mère,
 - d) les cellules obtenues sont identiques à tout point de vue.

- 3 – Le gamète femelle des mammifères :
 - a) est une cellule haploïde qui a achevé sa méiose juste avant l'ovulation,
 - b) s'entoure d'une membrane de fécondation après la pénétration d'un spermatozoïde,
 - c) se transforme en un œuf par fusion des pronoyaux mâle et femelle, puis expulse un deuxième globule polaire avant de subir une mitose,
 - d) donne un zygote diploïde, triploïde ou tétraploïde suivant le nombre de gamètes mâles fécondants.

- 4 – La fécondation :
 - a) correspond à la rencontre « au hasard » de deux gamètes diploïdes,
 - b) produit une cellule œuf, ou zygote, haploïde,
 - c) peut être immédiatement suivie d'une méiose qui transforme le zygote diploïde en cellules haploïdes,
 - d) permet une reproduction conforme des êtres vivants.

- 5 – Au cours de la méiose, le clivage du centromère de chaque chromosome a lieu pendant :
 - a) la métaphase I,
 - b) l'anaphase I,
 - c) l'anaphase I,
 - d) la télophase II.

- 6 – Le deuxième globule polaire :
 - a) est diploïde et chromosome comporte une seule chromatide,
 - b) est haploïde et chromosome comporte une seule chromatide,
 - c) est haploïde et chromosome comporte deux chromatides,
 - d) est diploïde et chromosome comporte une seule chromatide.

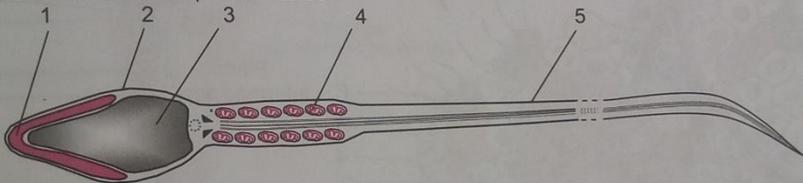
- 7 – Le passage d'un spermatocyte I à un spermatide se fait par :
 - a) la multiplication,
 - b) les mitoses,
 - c) la différenciation,
 - d) la maturation.

- 8 – Soit une cellule-mère d'un animal dont la garniture chromosomique est $2n = 32$ chromosomes, qui subit une mitose et une méiose, les cellules filles obtenues ont chacune :
 - a) 64 chromosomes,
 - b) 16 chromosomes,
 - c) 32 chromosomes,
 - d) 23 chromosomes.

- 9 – Lors de la spermatogenèse :
 - a) le spermatozoïde se forme par maturation du spermatocyte II,
 - b) les spermatogonies subissent plusieurs mitoses,
 - c) le spermatocyte II est diploïde,
 - d) il n'y a pas de phase de différenciation,

- 10 – Dans l'espèce humaine, le gamète est :
- a) un ovocyte I,
 - b) un ovocyte II,
 - c) un ovocyte,
 - d) une spermatogonie.
- 11 – Les cellules suivantes n'appartiennent pas à la lignée germinale :
- a) les spermatocytes I,
 - b) les globules polaires,
 - c) les cellules de Leydig des tubes séminifères,
 - d) les spermatogonies,
- 12 – durant la deuxième division de méiose, on observe :
- a) la séparation des chromosomes homologues,
 - b) l'appariement des chromosomes homologues,
 - c) la séparation des deux chromatides de chaque chromosome,
 - d) les échanges entre chromatides de chromosomes homologues.
- 13 – La cellule suivante, représentant l'une des étapes de formation des gamètes, possède n chromosomes fissurés (n chromosomes et 2 chromatides).
- a) la spermatogonie,
 - b) le spermatocyte I,
 - c) le spermatocyte II,
 - d) le spermatozoïde.

14 – Voici un schéma de spermatozoïde.



Associez les structures désignées par les chiffres et les fonctions suivantes classées par ordre alphabétique :

- a) conditionnement du matériel génétique,
- b) motricité,
- c) rôle énergétique,
- d) reconnaissance spécifique de l'ovocyte,
- e) traversée de la zone pellucide.

B – Questions à réponses ouvertes (QRO)

Exercice 1

1 – Définissez les mots et expressions suivants :

- a) méiose,
- b) corps jaune,
- c) gamétogenèse,
- d) crossing-over,
- e) contraception,
- f) reproduction.

2 – Quelle est l'utilité de la méiose ?

3 – Pourquoi la méiose I est-elle appelée mitose réductionnelle ?

4 – Quelles caractéristiques communes partagent deux chromosomes qui sont homologues ?

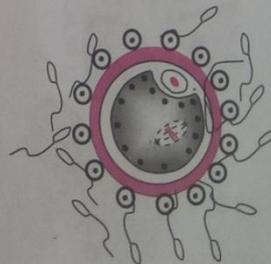
5 – Si deux chromosomes provenant de la même espèce ont en commun leur longueur et la même position du centromère mais ne sont pas homologues, qu'est ce qui diffère entre ces deux chromosomes ?

6 – Comparez la mitose simple, la division I et la division II de la méiose.

Exercice 2

Le document ci-contre représente une des phases d'un phénomène connu chez l'homme.

- a) De quel phénomène s'agit-il et quel stade est illustré sur le document ?
- b) Nommez les cellules en présence et donnez leur garniture chromosomique.
- c) Quels sont les chromosomes sexuels de l'homme et les chromosomes sexuels de la femme ?
- d) Comment est déterminé le sexe du nouvel individu au cours du phénomène ci-dessus.
- e) Citez deux conséquences importantes de la fécondation.



TERMINALE C

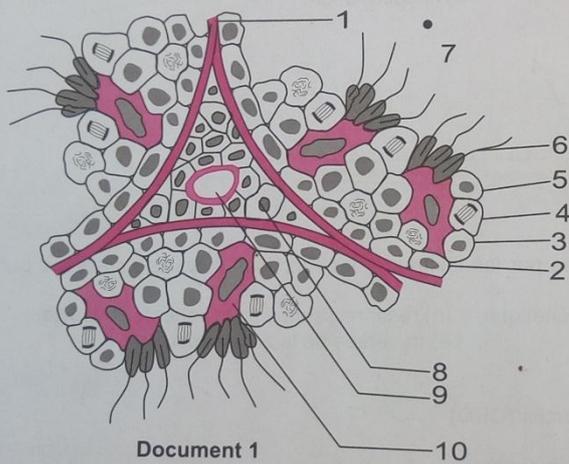
Exercice 3

A – Le document 1 représente une coupe transversale d'un organe de mammifère observé au microscope.

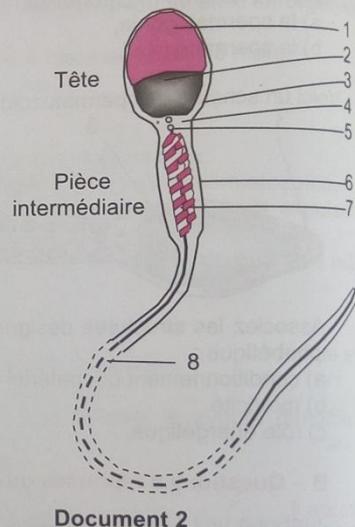
- Identifiez cet organe et annotez-le en utilisant les chiffres.
- Donnez le rôle de l'élément 8.
- Chez l'homme, $2n = 46$ chromosomes. Quelle est la garniture chromosomique :
 - d'une spermatogonie ?
 - d'un spermatocyte de second ordre ?
 - d'un spermatocyte de premier ordre ?

B – Le document 2 ci-dessous représente un spermatozoïde.

- Annotez ce schéma.
- Quel est l'organite cellulaire responsable de la mobilité de la cellule ?
- Quel organite de cette cellule contient des enzymes ?
- Quel est le rôle de ces enzymes au moment de la fécondation ?



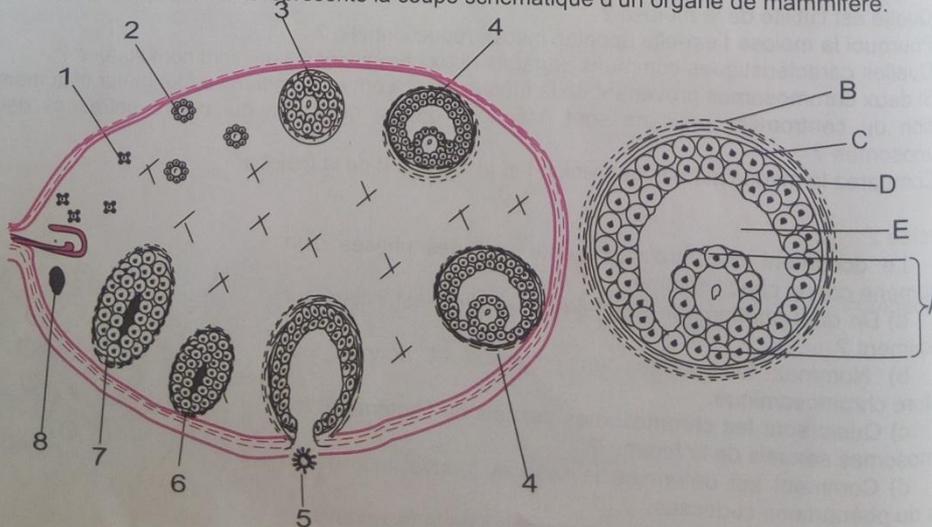
Document 1



Document 2

Exercice 4

Le document suivant représente la coupe schématique d'un organe de mammifère.



- 1 - Dans quel organe est réalisée la coupe ?
- 2 - Nommez les structures numérotées de 1 à 8.
- 3 - Complétez les légendes (de A à E) de la structure 4.
- 4 - Nommez l'évènement qui libère l'élément 5.
- 5 - D'où provient l'élément A (précisez son évolution depuis la cellule souche).
- 6 - Comment évoluera l'élément A ?

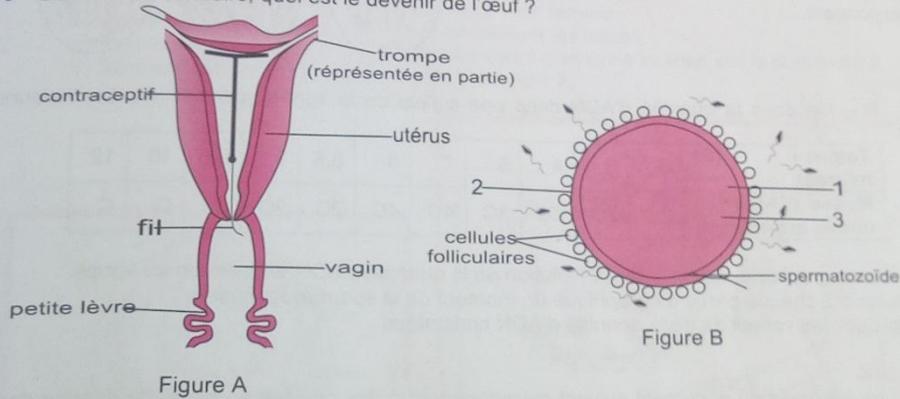
II - Exploitation des documents

Exercice 1

A - Le schéma de la figure A indique un contraceptif en place dans l'appareil génital d'un être vivant.

- 1 - Comment appelle-t-on ce contraceptif (le nommer) ?
- 2 - Dire s'il s'agit d'un homme ou d'une femme.
- 3 - On sait que la grossesse est conditionnée par la fécondation suivie de la nidation.
 - a) Où a lieu la fécondation dans l'espèce humaine ?
 - b) Laquelle de ces deux étapes est empêchée par le contraceptif de la figure A ?

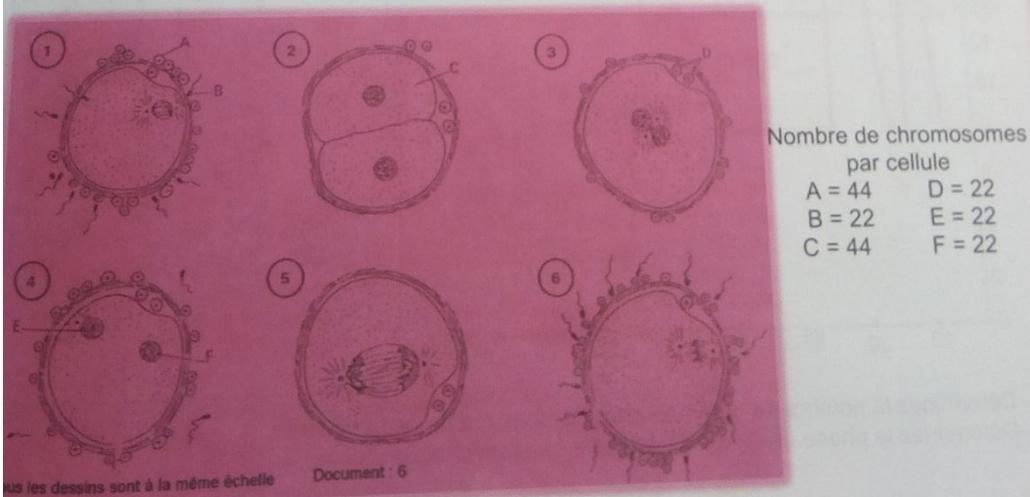
- B - 1 - Annoter le document de la figure B suivant les numéros qui y figurent.
 2 - Combien de spermatozoïdes pénètrent dans l'ovocyte II de la femme ?
 3 - Dans le cas contraire, quel est le devenir de l'œuf ?



Baccalauréat C 2013, partiel

Exercice 2

Après un accouplement avec des mâles fertiles, on prélève chez des lapines, à intervalles réguliers, des "œufs" que l'on observe au microscope optique. Les schémas du document 6 ci-dessous, présentent l'aspect de ces "œufs".

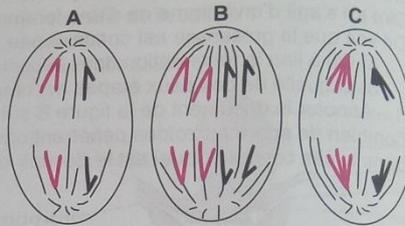


- 1 - En vous servant des numéros de (1) à (6), classez ces schémas dans l'ordre chronologique des événements biologiques en indiquant le titre des schémas (1), (3), (4) et (6).
- 2 - Reproduisez le schéma (1) et nommez sur ce dernier les éléments A et B.
- 3 - Citer quelques modifications du gamète femelle consécutives à la pénétration du spermatozoïde.

Exercice 3

A - L'observation microscopique des cellules du tube séminifère permet de réaliser les trois schémas d'interprétation suivants. Ils correspondent à des étapes différentes de la mitose qui précède la spermatogenèse, et de la méiose lors de la maturation. Pour simplifier les schémas, on a limité le nombre de chromosomes représentés, tout en conservant la même proportion de chromosomes figurés.

À partir des connaissances acquises et des trois schémas ci-contre, donner les démarches permettant de déterminer chacune des étapes auxquelles ils correspondent.



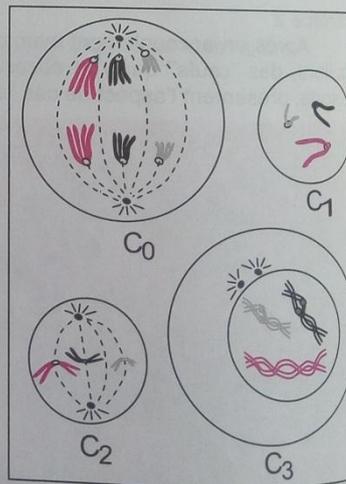
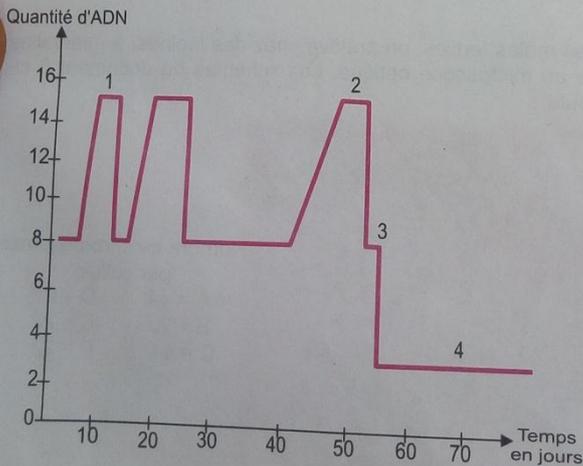
B - On dose la quantité d'ADN dans une cellule de la lignée spermatique. Les valeurs sont :

Temps (en heures)	(en)	0	3	4	5	7	8	8,5	9	9,5	10	12
Masse d'ADN (en unités arbitraires)		2C	2C	2C	3C	4C	4C	2C	2C	C	C	C

- 1 - Tracez le graphique représentant l'évolution de la quantité d'ADN en fonction du temps.
- 2 - Associez à chaque partie du graphique un moment de la spermatogenèse.
- 3 - Expliquez les variations de la quantité d'ADN constatées.

Exercice 4

Les schémas du document suivant correspondent à des cellules en cours de division dans les tubes séminifères.



- 1 - Déterminez le nombre de chromosomes de chacune de ces cellules.
- 2 - Déterminez la phase de division à laquelle se situe chaque cellule.

Le graphique de ce document montre la courbe de variation de la quantité d'ADN au cours de ces divisions successives.

- 3 - Faites correspondre chaque cellule (C0, C1, C2, C3) à chaque étape (1, 2, 3, 4) de l'évolution de la quantité d'ADN.
- 4 - Déterminer de la question précédente la relation entre le nombre de chromosomes ou de chromatides et la quantité d'ADN.
- 5 - Décrivez le phénomène qui se produit entre les chromosomes homologues dans la cellule C3.
- 6 - Expliquez, à partir de la cellule C3, pourquoi chaque groupe de chromatides est appelé tétrade.

Baccalauréat C partiel 2009

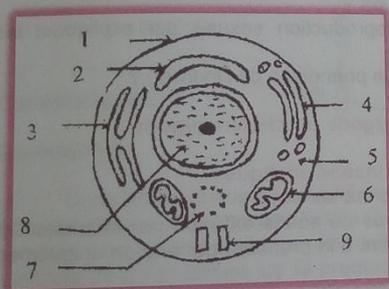
Exercice 5

A - Le document 1 représente une coupe au niveau de la tête d'une cellule germinale prélevée dans un testicule normal, proche de la lumière du tube séminifère.

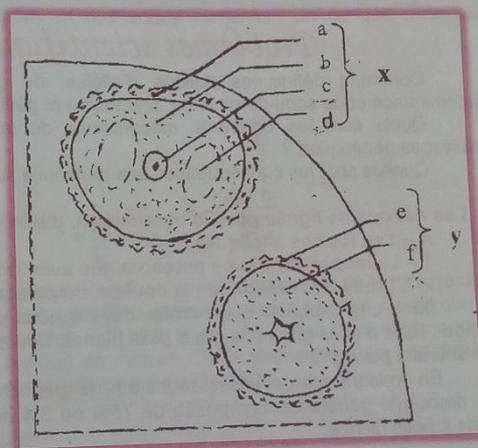
- 1 - Identifiez les structures désignées par les chiffres (2 = acrosome).
- 2 - Quel est le stade de la spermatogenèse illustré par ce document ?
- 3 - Précisez le rôle des structures 2, 6 et 7.
- 4 - Quel est le devenir de la cellule germinale représentée par le document 1.

B - Le document 2 représente une portion de la gonade femelle.

- 1 - Sans reproduire ce document, annoter-le en utilisant les lettres.
- 2 - a) Identifiez les structures observables au cours d'un cycle ovarien sur le document 2.
- b) Schématisez les structures x et y du document 2.



Document 1



Document 2

CHAPITRE 6 : LE BRASSAGE GÉNÉTIQUE AU COURS DE LA REPRODUCTION SEXUÉE

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- de définir les notions de gène et d'allèle,
 - de définir les notions de dominance, de récessivité, de codominance et de semi-dominance, phénotype et génotype,
 - d'expliquer le brassage interchromosomique,
 - de déterminer le nombre de recombinaisons,
 - d'expliquer le brassage intrachromosomique,
 - d'expliquer et de dégager les conséquences d'une mutation génique favorable ou défavorable.

Les pré-requis

La reproduction sexuée entraîne un brassage des chromosomes maternels et paternels. Les chromosomes sont constitués de molécules d'ADN. L'information génétique d'un individu est contenue dans la molécule d'ADN. Les mutations qui affectent la molécule d'ADN peuvent avoir des conséquences sur le phénotype de l'individu.

Problèmes scientifiques à résoudre :

Comment définir les notions d'allèles, de gène, de dominance, de récessivité, de codominance et de semi-dominance, phénotype et génotype ?

Quels sont les différents mécanismes de la reproduction sexuée qui expliquent les brassages génétiques ?

Quelles sont les conséquences des mutations sur le phénotype de l'individu ?

I - Les notions de lignée pure, d'hybridation, d'homozygotie et d'hétérozygotie

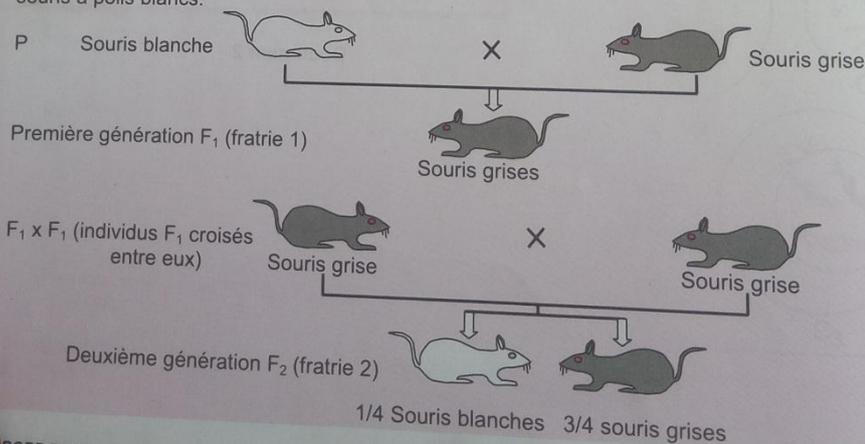
A - Les formes alléliques

1 - Le monohybridisme autosomique avec dominance allélique

a) L'étude d'un exemple : la couleur du pelage chez les souris

Dans une expérience, on croise deux lignées pures de souris différant par la couleur du pelage : l'une à poils gris et l'autre à poils blancs. On obtient à la première génération uniquement des souris à poils gris.

En croisant entre elles les souris à poils gris obtenues à la première génération, on obtient une deuxième génération composée de 75% ou 3/4 de souris à poils gris et de 25% ou 1/4 de souris à poils blancs.



Interprétation des résultats

Les parents à l'origine du croisement sont désignés par P. La première génération issue du croisement est désignée par F₁ (fratrie 1) et la seconde génération est désignée par F₂.

Le caractère couleur du pelage est l'expression d'une portion d'ADN localisé sur le chromosome appelée **gène**. Les deux couleurs du pelage gris et blanc sont les deux formes différentes d'expression du gène de la couleur : ce sont les **allèles** ou **formes alléliques** du gène. Ils s'excluent mutuellement. L'allèle gris qui s'exprime seul à la première génération (F₁) est dit **dominant**. L'allèle blanc qui ne s'exprime pas à la première génération est dit dominé ou **récessif**.

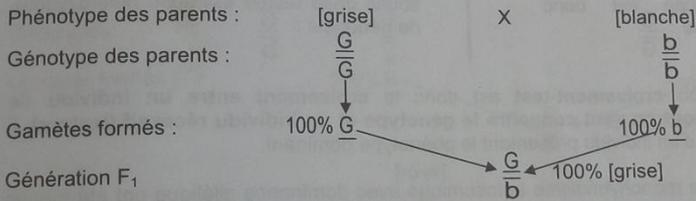
L'allèle qui contrôle le trait dominant est représenté par la lettre majuscule et celui qui contrôle le trait récessif, par la lettre minuscule. Ainsi, pour la couleur du pelage, « G » représente l'allèle dominant et « b » l'allèle récessif. Du fait que chaque cellule de la souris possède deux allèles pour chaque gène, les cellules peuvent avoir deux allèles G, deux allèles b, ou un allèle G et un allèle b. La souris qui possède deux allèles identiques d'un gène (GG ou bb) est dite **homozygote** ou de **race pure** et celle qui possède deux allèles différents est dite **hétérozygote** ou **hybride**.

La combinaison des allèles (GG, Gb ou bb) constitue le **génotype**. Le gène étant porté par le chromosome, la barre qui porte la lettre représente ce chromosome ($\frac{G}{G}$, $\frac{b}{b}$ ou $\frac{G}{b}$).

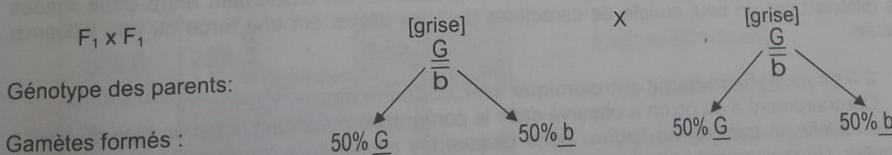
L'apparence physique de la souris constitue le **phénotype** et s'écrit entre les crochets ([grise] et [blanche]).

Toutes les souris de la première génération F₁ sont identiques (grises) : on dit qu'il y a **uniformité des hybrides de la première génération F₁** : c'est la **première loi de Mendel**.

En F₂, on a obtenu des souris grises et des souris blanches : on dit que c'est une génération **polymorphe** ou **hétérogène**.



Contrairement aux parents, chaque hybride fournit en quantité égale lors de la méiose deux types de gamètes: l'un portant l'allèle G et l'autre l'allèle b, jamais les deux à la fois. On dit que les gamètes sont purs. Cette pureté des gamètes est due à la séparation des chromosomes homologues à l'anaphase de la première division de méiose. Cette **disjonction** ou **ségrégation des caractères alléomorphes** constitue la **deuxième loi de Mendel**.



Échiquier de croisement

	♂	50% \underline{G}	50% \underline{b}
♀	50% \underline{G}	25% $\frac{G}{G}$ [grise]	25% $\frac{G}{b}$ [grise]
	50% \underline{b}	25% $\frac{G}{b}$ [grise]	25% $\frac{b}{b}$ [blanche]

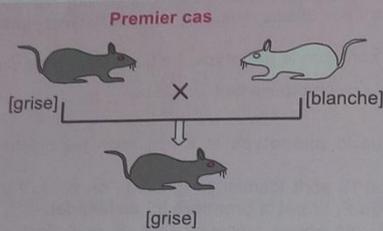
- Résultats :**
- **Proportions phénotypiques**
 - 3/4 ou 75% [grise],
 - 1/4 ou 25% [blanche].
 - **Proportions génotypiques**
 - 25% ou 1/4 de G/G,
 - 50% ou 1/2 de G/b,
 - 25% ou 1/4 de b/b.

Remarque

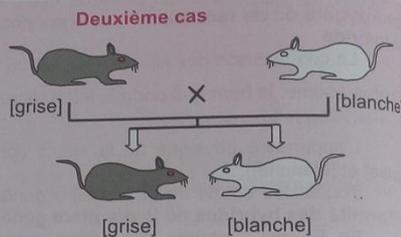
Lorsqu'il y a dominance d'un allèle sur l'autre, le croisement entre les hybrides donne des individus présentant deux phénotypes dans les proportions 1/4 de caractère récessif et 3/4 de caractère dominant, et trois génotypes dans les proportions 1/4, 2/4 et 1/4. Dans certains cas de monohybridisme, la descendance présente les proportions de 2/3, 1/3 au lieu de 3/4, 1/4. Ces résultats s'interprètent par l'intervention de certains allèles qui entraîne la mort chez l'individu homozygote pour le gène : ce sont des **allèles létaux**.

b) La notion de test-cross

Dans un test-cross, une souris de phénotype dominant (grise), mais de génotype inconnu est croisée avec une souris de phénotype récessif (blanche). On effectue les deux croisements suivants :



On a une génération homogène : la souris grise testée est donc homozygote de génotype : $\frac{G}{G}$



On obtient une génération polymorphe : la souris grise testée est donc hétérozygote de génotype : $\frac{G}{b}$

Le **test-cross** ou **croisement-test** est donc le **croisement entre un individu de phénotype dominant dont on veut connaître le génotype et un individu récessif (testeur)**. Il révèle donc le génotype d'un individu présentant le phénotype dominant.

Les travaux sur le monohybridisme autosomique avec dominance allélique ont été menés par Gregor Mendel sur les pois (aspect des graines, couleur des graines, aspect des gousses, couleur des gousses, couleur de la fleur, position de la fleur et la taille de la plante). Il a obtenu des résultats similaires dans les croisements impliquant l'ensemble des sept caractères.

Conclusion

Le monohybridisme autosomique avec dominance est un croisement entre deux lignées pures différant par un seul couple de caractères dont les allèles ont une force ou une influence différente.

2 – Le monohybridisme autosomique avec codominance

Contrairement à ce qu'on a observé dans le paragraphe précédent, c'est un type d'hérédité où aucun allèle ne domine sur l'autre. Dans ce cas, les allèles sont représentés par les lettres majuscules. Un croisement entre les parents de race pure donne une descendance au phénotype intermédiaire.

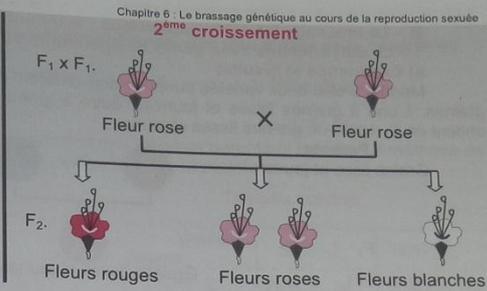
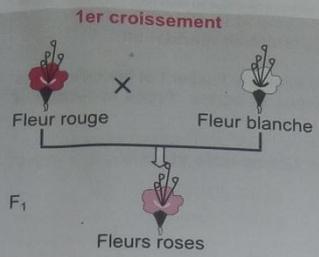
a) L'étude d'un exemple : La belle-de-nuit

Chez la belle-de-nuit, il existe trois lignées différant par la couleur de leurs fleurs : rouge, blanche et rose.

On croise une belle-de-nuit à fleurs rouges avec une belle-de-nuit à fleurs blanches. On obtient à la génération F₁ uniquement des belles-de-nuit à fleurs roses.

En croisant les belles-de-nuit à fleurs roses entre elles, on obtient une génération F₂ polymorphe composée de 50% de belle-de-nuit à fleurs roses, 25% de belle-de-nuit à fleurs blanches et 25% de belle-de-nuit à fleurs rouges.

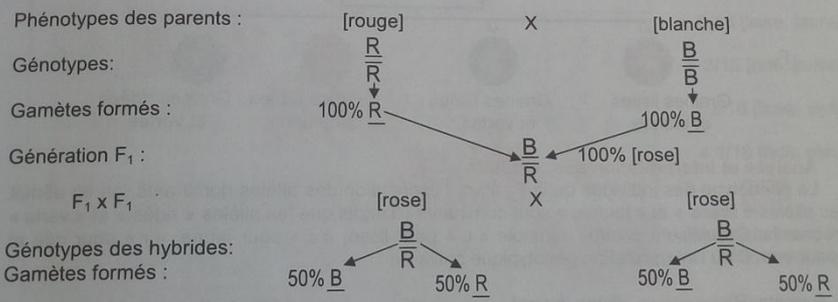
n sexuée
e des
1/4 de
3, 1/3
ne la
onnu



Interprétation

Toute la génération F₁ est uniforme, à fleurs roses, couleur intermédiaire entre le rouge et le blanc. On en déduit qu'aucun des deux allèles n'exerce une dominance complète sur l'autre. Ainsi, ce type d'hérédité est reconnu comme une **codominance**. Par convention, les deux allèles sont représentés par des lettres majuscules. Ainsi, on utilisera comme symbole « R » pour l'allèle rouge et « B » pour l'allèle blanc.

Les parents étant de lignée pure, chacun produit au cours de la méiose un seul type de gamètes. Par contre, les belles-de-nuit à fleurs roses produisent en quantité égale deux types de gamètes.



Échiquier de croisement

	♂	50% \underline{B}	50% \underline{R}
♀	50% \underline{B}	25% $\frac{B}{B}$ [blanche]	25% $\frac{B}{R}$ [rose]
	50% \underline{R}	25% $\frac{B}{R}$ [rose]	25% $\frac{R}{R}$ [rouge]

Résultats

- 1/2 ou 50% [rose],
- 1/4 ou 25% [rouge],
- 1/4 ou 25% [blanche].

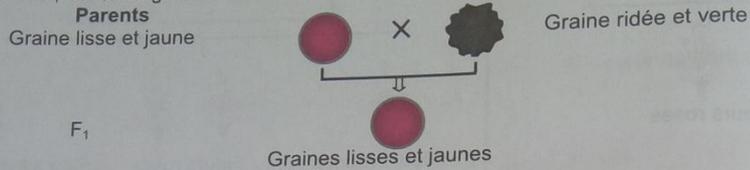
Conclusion

Lorsqu'il y a codominance entre un couple d'allèles, le croisement entre les hybrides donne des individus présentant trois phénotypes différents correspondant à trois génotypes différents dans les proportions 1/4, 1/2 et 1/4.

Deux allèles sont dits **codominants**, lorsque présents chez un hybride, ils produisent un phénotype en général intermédiaire de celui des parents de race pure.

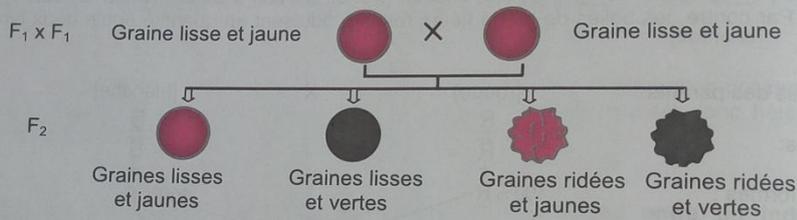
B – Le brassage interchromosomique : le monohybridisme et le dihybridisme
1 – Le dihybridisme avec gènes indépendants ou dihybridisme mendélien
a) Expérience et résultat

Mendel croise deux variétés pures de pois différant entre elles par l'aspect et la couleur des graines. L'une à graines lisses et jaunes, l'autre à graines ridées et vertes. Après la récolte, il obtient en F₁ 100% de graines lisses et jaunes.



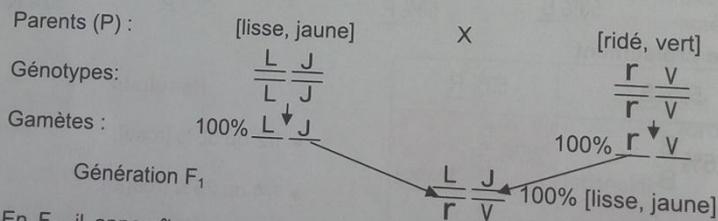
Mendel sème en suite les graines de la F₁ et laisse les fleurs s'autoféconder. Il obtient après la récolte une génération F₂ constitué de quatre types de graines dans les proportions suivantes :

- 9/16 ≈ 56,25% de graines lisses et jaunes,
- 3/16 ≈ 18,75% de graines lisses et vertes,
- 3/16 ≈ 18,75% de graines ridées et jaunes,
- 1/16 ≈ 6,25% de graines ridées et vertes.



Analyse et interprétation des résultats

Le phénotype des individus de la F₁ étant l'expression des allèles dominants, on en déduit que les allèles « lisses » et « jaunes » sont dominants ; Tandis que les allèles « ridés » et « verts » sont récessifs. On utilisera comme symbole « L » pour lisse, « J » pour jaune, « r » pour ridé et « v » pour vert. D'où l'interprétation génotypique suivante :



En F₂, il apparaît en plus des phénotypes parentaux ([L, J] et [r, v]), deux phénotypes nouveaux ([L, v] et [r, J]) : La génération F₂ est dite polymorphe. Pour expliquer ce résultat, Mendel a formulé une nouvelle hypothèse : Lors de la formation des gamètes, chez les hybrides, les allèles des deux couples de caractères (couleur et l'aspect du pois) se séparent indépendamment l'un de l'autre et se répartissent **équitablement** dans les gamètes, sachant qu'un gamète ne peut porter qu'un seul allèle de chaque gène.

L'allèle L peut s'associer au hasard avec J ou avec v.
 L'allèle r peut s'associer au hasard avec J ou avec v.

Cette disjonction ou ségrégation indépendante des différents couples de caractères constitue la troisième loi de Mendel.

Cette troisième loi de Mendel est une illustration du brassage interchromosomique (répartition aléatoire, au cours de l'anaphase de la première division de méiose des chromosomes dupliqués de chaque paire).

Remarque

Cette loi ne s'applique que lorsqu'on étudie la transmission d'au moins deux caractères.

$F_1 \times F_1$:
 Génotypes : $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [lisse, jaune] X $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [lisse, jaune]

Le problème délicat ici est la détermination des gamètes parentaux formés. La méthode de l'arbre logique ou la méthode de tableau permet de résoudre le problème.

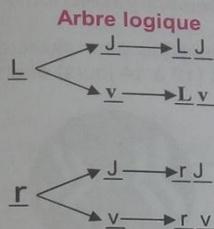


Tableau suivant

	Couleur	50% \underline{J}	50% \underline{v}
Aspect			
50% \underline{L}		25% $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$	25% $\frac{L}{r} \frac{v}{v}$
50% \underline{r}		25% $\frac{r}{r} \frac{J}{v}$	25% $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$

Dans un cas de dihybridisme à ségrégation indépendante, les hybrides fournissent quatre types de gamètes en proportions équiprobables (soit 25% ou 1/4 de chaque type).

Échiquier de croisement de F_2

♂	$\underline{L} \underline{J}$	$\underline{L} \underline{v}$	$\underline{r} \underline{J}$	$\underline{r} \underline{v}$
♀	$\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J]	$\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ [L, v]	$\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ [r, J]	$\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v]
$\underline{L} \underline{J}$	$\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J]	$\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ [L, v]	$\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ [r, J]	$\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v]
$\underline{L} \underline{v}$	$\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J]	$\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ [L, v]	$\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ [r, J]	$\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v]
$\underline{r} \underline{J}$	$\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J]	$\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ [L, v]	$\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ [r, J]	$\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v]
$\underline{r} \underline{v}$	$\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J]	$\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ [L, v]	$\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ [r, J]	$\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v]

Résultats

- 9/16 [lisse, jaune],
- 3/16 [ridé, jaune],
- 3/16 [lisse, vert],
- 1/16 [ridé, vert].

Diagonale des individus homozygotes

Dans un cas de dihybridisme à ségrégation indépendante, le croisement des hybrides donne quatre phénotypes dans les proportions 9/16, 3/16, 3/16 et 1/16.

b) La notion de back-cross

Le **back-cross** ou **croisement en retour** est le croisement entre un hybride (F_1) et un parent récessif. Dans ce cas il est aussi considéré comme un test-cross car permet de déterminer la localisation des gènes sur les chromosomes (savoir si les gènes sont indépendants ou liés).

Hybride F_1 : $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ [L, J] X $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r, v] Parent double récessif

Génotypes : $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ X $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$

Gamètes : $\underline{L} \underline{J}, \underline{L} \underline{v}, \underline{r} \underline{J}, \underline{r} \underline{v}$ X $\underline{r} \underline{v}$

Échiquier de croisement

	Hybride	25% $\underline{L} \underline{J}$	25% $\underline{L} \underline{v}$	25% $\underline{r} \underline{J}$	25% $\underline{r} \underline{v}$
Parent					
100% $\underline{r} \underline{v}$		25% $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$	25% $\frac{L}{r} \frac{v}{v}$	25% $\frac{r}{r} \frac{J}{v}$	25% $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$

Résultats

- 1/4 ou 25% de [lisse, jaune],
- 1/4 ou 25% de [ridé, jaune],

- 1/4 ou 25% de [lisse, vert],
- 1/4 ou 25% de [ridé, vert].

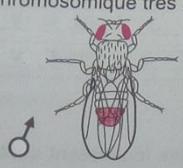
Dans un cas de dihybridisme aux caractères indépendants, le back-cross donne quatre phénotypes ayant les proportions équitables (1/4 ou 25% pour chacun).

C – Le brassage intrachromosomique : dihybridisme avec crossing-over et liaison absolue

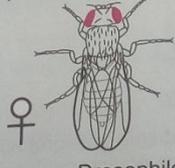
1 – Le dihybridisme avec gènes liés sans crossing-over ou liaison absolue

• L'étude d'un exemple : la drosophile (*Drosophila melanogaster*) ou mouche vinaigre

La drosophile est un modèle intéressant à étudier en génétique pour plusieurs raisons : petite taille, facile à élever, reproduction rapide, cycle de vie court (10 à 14 jours) et une garniture chromosomique très simple (2n = 8 chromosomes).



Drosophile mâle et sa garniture chromosomique



Drosophile femelle et sa garniture chromosomique

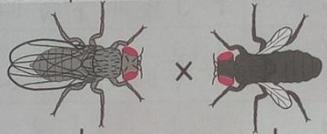


Thomas Morgan a effectué une série d'expériences sur les drosophiles.

Expérience 1

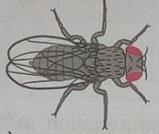
Morgan croise deux lignées pures de drosophiles, l'une à corps gris et à ailes longues normales (type sauvage) l'autre à corps noir et à ailes vestigiales ou atrophiées (type muté).

Drosophile à corps gris et à ailes longues ou normales



Drosophile à corps noir et à ailes vestigiales ou atrophiées

F₁.



- Drosophiles à corps gris et à ailes longues ou normales.

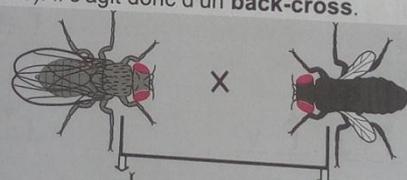
Tous les individus de la F₁ sont à corps gris et à ailes longues. Nous déduisons que les allèles **gris (G)** et **long (L)** sont **dominants** ; tandis que les allèles **noir (n)** et **vestigiale (v)** sont **récessifs**.

Les deux gènes sont-ils indépendants ou liés ?

Expérience 2

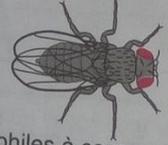
Morgan effectue un croisement entre un mâle de F₁ et une femelle double récessive (corps noir et à ailes vestigiales). Il s'agit donc d'un **back-cross**.

Mâle hybride à corps gris et à ailes longues



Femelle à corps noir et à ailes vestigiales

F₂



- 50% de drosophiles à corps gris et à ailes longues

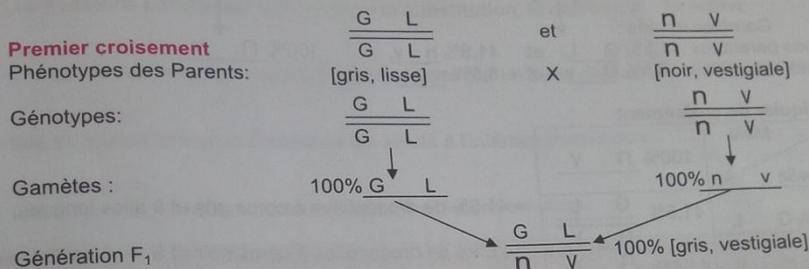
- 50% de drosophiles à corps noir et à ailes vestigiales

Interprétation

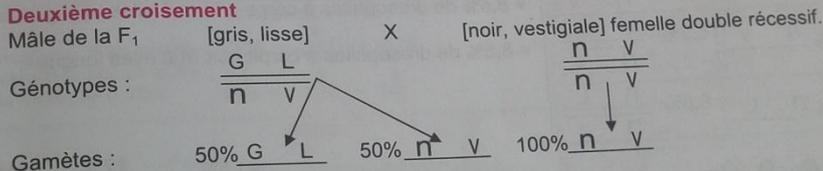
Ce résultat est celui d'un monohybridisme ; pourtant, on est dans un dihybridisme. Pour expliquer ce résultat, on admet que les deux gènes sont portés par la même paire de chromosomes homologues. Cette liaison ou linkage a pour conséquence la transmission en bloc couples d'allèles (pas de phénotypes nouveaux, pas de disjonction indépendante des couples d'allèles). Il s'agit d'une **exception à la 3ème loi de Mendel**.

Comment écrire les génotypes quand les gènes sont liés ?

Nous pouvons représenter les gènes d'un même chromosome en positionnant leurs allèles au-dessus et au-dessous d'une double ligne horizontale. Les allèles placés au-dessus sont localisés sur l'un des chromosomes homologues, ceux en-dessous sont localisés sur l'autre chromosome homologue. Le génotype des parents de race pure s'écrit :



Deuxième croisement



Échiquier de croisement

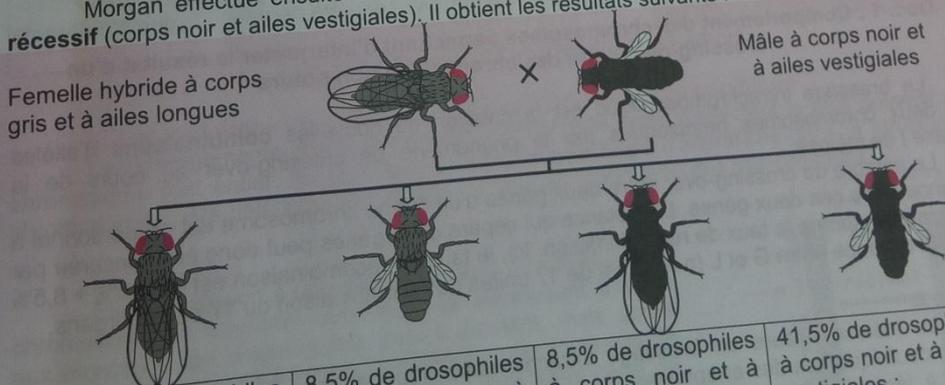
	Mâle	50% G L	50% n v
Femelle		$\frac{G \ L}{n \ v}$	$\frac{n \ v}{n \ v}$
100% n v		50% $\frac{G \ L}{n \ v}$	50% $\frac{n \ v}{n \ v}$

- Résultats**
- 50% [gris, lisse],
 - 50% [noir, vestigiale].

2) Le dihybridisme avec gènes liés imparfaitement ou liaison partielle

Expérience

Morgan effectue ensuite un croisement entre une femelle hybride et un mâle double récessif (corps noir et ailes vestigiales). Il obtient les résultats suivants :



41,5% de drosophiles à corps gris et à ailes longues : [G, L]	8,5% de drosophiles à corps gris et à ailes vestigiales : [G, v]	8,5% de drosophiles à corps noir et à ailes longues 8,5% : [n, L]	41,5% de drosophiles à corps noir et à ailes vestigiales : [n, v]
---	--	---	---

Interprétation

Le résultat statistique de ce nouveau back-cross, réciproque au précédent, ne ressemble pas à celui d'une disjonction indépendante des différents couples d'allèles, ni à celui d'une liaison absolue entre les gènes. L'apparition des phénotypes [G, v] et [n, L] ne peut s'expliquer que par le phénomène de **crossing-over** qui s'est produit chez la femelle hybride lors de l'ovogénèse. **Cependant, il ne se produit jamais de crossing-over chez le mâle de drosophile.**

Troisième croisement

Femelle de la F₁ [gris, lisse] x mâle [noir, vestigial] double récessif.

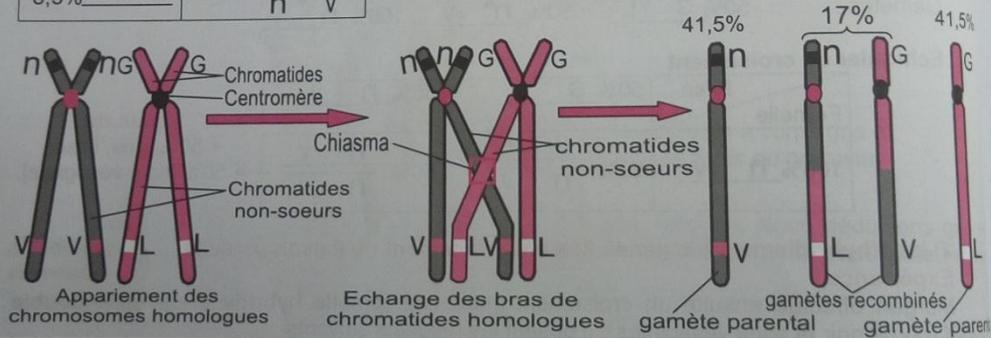
Génotype : $\frac{G}{n} \frac{L}{v}$ x $\frac{n}{n} \frac{v}{v}$

Gamètes formés : 41,5% $\frac{G}{n} \frac{L}{v}$ et 41,5% $\frac{n}{n} \frac{v}{v}$
 Types parentaux 8,5% $\frac{G}{n} \frac{v}{v}$ et 8,5% $\frac{n}{n} \frac{L}{v}$

Échiquier de croisement

	Mâle	100% $\frac{n}{n} \frac{v}{v}$
Femelle	41,5% $\frac{G}{n} \frac{L}{v}$	41,5% $\frac{G}{n} \frac{L}{v}$
	41,5% $\frac{n}{n} \frac{v}{v}$	41,5% $\frac{n}{n} \frac{v}{v}$
	8,5% $\frac{G}{n} \frac{v}{v}$	8,5% $\frac{G}{n} \frac{v}{v}$
	8,5% $\frac{n}{n} \frac{L}{v}$	8,5% $\frac{n}{n} \frac{L}{v}$

- 41,5% de drosophiles à corps gris et à ailes longues,
- 41,5% de drosophiles à corps noir et à ailes vestigiales,
- 8,5% de drosophiles à corps gris et à ailes vestigiales,
- 8,5% de drosophiles à corps noir et à ailes longues.



Doc. 1 : Comportement des chromosomes permettant d'interpréter le résultat d'un crossing-over entre des chromatides non-sœurs

Le brassage intrachromosomique est la création de nouvelles **combinaisons** d'allèles entre deux chromosomes homologues par le phénomène de crossing-over au cours de la phase I de méiose.

Le nombre de crossing-over entre deux gènes d'un même chromosome est proportionnel à la distance entre ces deux gènes. La distance qui sépare deux gènes peut donc être mesurée par le nombre qui exprime le taux de recombinaison. Ici, le taux de recombinaison est de 8,5% + 8,5% = 17%. La distance entre G et L (n et v) est de 17 unités de recombinaison ou 17 centimorgans.

Remarques

- La méiose assure un brassage intrachromosomique en prophase I et un brassage interchromosomique lors des anaphases.
- La fécondation, résultat de la rencontre aléatoire des gamètes, dote le zygote d'une combinaison originale des différents allèles caractéristiques du génome de l'espèce.

II - Polymorphisme génétique

1 - Les différents types de mutations

Les mutations désignent l'apparition brusque, chez un individu, d'un caractère nouveau ou plus exactement un changement brusque du génotype, se traduisant par le changement d'un caractère héréditaire. Ce sont des événements rares et imprévisibles.
Il existe deux types de mutations : les mutations géniques et les mutations chromosomiques.

a) Les mutations géniques

Elles affectent une portion du gène. Les mutations les plus simples et les plus courantes sont les **mutations ponctuelles**. Elles correspondent au changement d'un seul nucléotide de l'ADN. Les mutations ponctuelles comprennent la **substitution**, la **délétion** et l'**insertion**.

• **La substitution**

Elle se produit lorsqu'un nucléotide est remplacé par un autre dans une molécule d'ADN.

• **L'insertion**

Elle se produit lorsqu'un nucléotide est ajouté à l'intérieur d'un codon.

• **La délétion**

Elle se produit lorsqu'un nucléotide est éliminé dans un codon.

Type de mutation	ARNm correspondant au gène normal + protéine synthétisée	ARNm correspondant au gène muté + protéine synthétisée
Substitution : remplacement d'un couple de nucléotides par un autre dans la molécule d'ADN	<p style="text-align: center;">remplacement</p> <p style="text-align: center;">CCA - GAG - ACU</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Pro - Glu - Thr</p>	<p style="text-align: center;">CCA - GUG - ACU</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Pro - Val - Thr</p>
Délétion : perte d'un couple de nucléotides dans la molécule d'ADN	<p style="text-align: center;">perte</p> <p style="text-align: center;">UAC - ACC - ACG - A</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Tyr - Thr - Thr</p>	<p style="text-align: center;">UAC CCA CGA</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Tyr Pro Arg</p>
Insertion : ajout d'un couple de nucléotides dans la molécule d'ADN	<p style="text-align: center;">UAC - ACC - ACG</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Tyr - Thr - Thr</p>	<p style="text-align: center;">ajout</p> <p style="text-align: center;">UAC - GAC - CAC - G</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Tyr - Asp - His</p>
Inversion : retournement d'un triplet de nucléotides dans la molécule d'ADN	<p style="text-align: center;">inversion</p> <p style="text-align: center;">UUC UGG GCA</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Phé Try Ala</p>	<p style="text-align: center;">UUC - GGU - GCA</p> <p style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</p> <p style="text-align: center;">Phé - Gly - Ala</p>

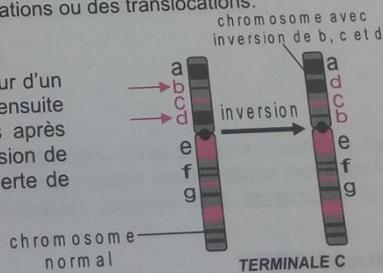
Les principaux types de mutations géniques

b) Les mutations chromosomiques ou aberration chromosomique

Les changements impliquent plus d'un nucléotide, mais n'affectent le plus souvent qu'un chromosome tout entier. Ils peuvent concerner quatre types d'altérations dans la structure des chromosomes : des délétions, des inversions, des duplications ou des translocations.

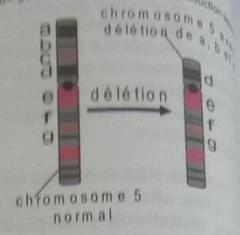
• **L'inversion**

Elle correspond à une double cassure à l'intérieur d'un chromosome, le fragment ainsi isolé se ressoude ensuite aux morceaux de chromosome dont il provient, mais après avoir subi une rotation de 180°; il en résulte une inversion de la position relative des gènes concernés, mais sans perte de matériel chromosomique.



• La délétion

La délétion est la perte d'un fragment plus ou moins important de chromosome. La plus fréquente des délétions est la perte d'une région particulière ou une partie plus grande du sommet du bras court de l'un des chromosomes homologues 5. L'individu porte bien l'ensemble des 46 chromosomes, mais une partie ou la totalité du bras court de l'un des deux chromosomes de la paire 5 manque. Celle la mieux connu entraîne une anomalie appelée syndrome du cri du chat. À la naissance, le nouveau-né a un faible poids, sa face est ronde et il émet un léger miaulement comme le chat.



• La duplication

Une copie supplémentaire d'un chromosome ou une partie de celui-ci apparaît.

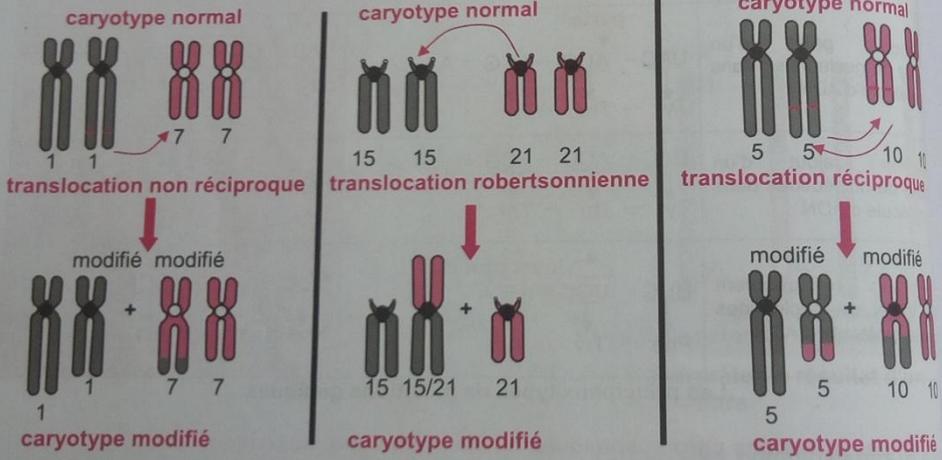
• La translocation

La translocation est un remaniement structural qui résulte du transfert d'un segment chromosome ou d'un chromosome entier sur un autre chromosome. Il existe :

- la **translocation simple** ou équilibrée. Les sujets qui la portent ont un phénotype normal mais, lors de la gamétogenèse, au moment de la méiose, des gamètes anormaux vont se former à cause d'une mauvaise ségrégation des chromosomes homologues. Les enfants risquent alors d'être anormaux. Ainsi, une translocation équilibrée du chromosome 21 chez le père ou la mère, transmise à l'enfant, donnera une trisomie 21.

Il existe trois principaux types de translocation :

- la translocation non réciproque,
- la translocation robertsonnienne,
- la translocation réciproque.



Doc. 2 : Mécanismes entraînant des translocations



Caryotype d

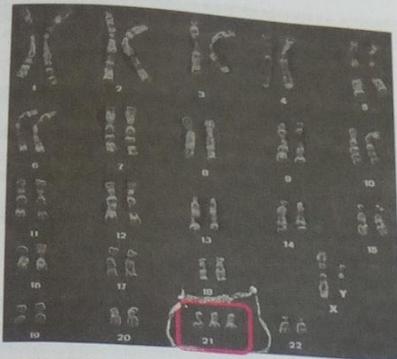


Caryotype

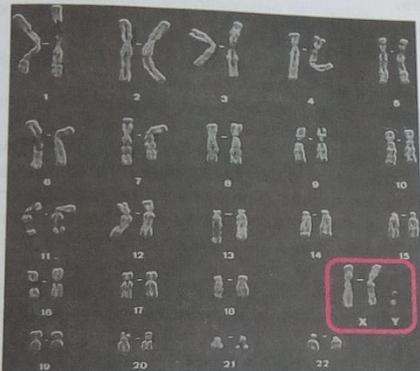
méiose de pol un per

Diple Cary

mon gèn des BOF



Caryotype d'un individu atteint du syndrome de Down



Caryotype d'un individu atteint du syndrome de Klinefelter

Chapitre 6 - Le brassage génétique au cours de la reproduction sexuée
 Les mutations qui affectent les chromosomes entiers peuvent donner lieu à des cellules qui ont plus ou moins un nombre de chromosomes particuliers. Cette anomalie est appelée **aneuploïdie**. La garniture chromosomique est donc à $2n \pm x$ chromosomes. La perte d'un seul chromosome génère une **monosomie** dont la garniture chromosomique est à $2n - 1$, alors que le gain d'un seul chromosome génère une **trisomie** dont la garniture chromosomique est à $2n + 1$.

Chez les êtres humains, pour un gain d'un chromosome autosomique par exemple le chromosome n° 21, on a le **syndrome de Down** ou le **Mongolisme** (voir photographie ci-contre).

Le caryotype des individus présentant le syndrome de Down comprend 47 chromosomes, dont trois chromosomes n°21. Le caryotype d'un individu normal comporte 46 chromosomes.

Une perte ($44 + X$) ou un gain ($44 + XXY$) d'un chromosome sexuel entraîne respectivement le **syndrome de Turner** ou le **syndrome de Klinefelter**.

Le caryotype des individus présentant le syndrome de Turner comporte 45 chromosomes, dont un unique chromosome sexuel X et 44 autosomes.

Le caryotype des individus présentant le syndrome de Klinefelter compte 47 chromosomes, dont deux chromosomes X, un chromosome Y et 44 autosomes.

L'**aneuploïdie** résulte habituellement de la **non-disjonction** des chromatides pendant la méiose.

Pour un nombre de plus de deux jeux complets de chromosomes, on désigne sous le nom de **polyplôïdie**. Ainsi, un **triploïde** possède $3n$ chromosomes, un **tétraploïde**, $4n$ chromosomes, un **pentaploïde** $5n$ chromosomes.



Caryotype normal de drosophile

Cas de polyplôïdie chez la drosophile

Les mutations sont causées par certains facteurs:

- les radiations ionisantes,
- les substances chimiques,
- les rayons ultraviolets.

Les mutations génèrent des formes alléliques différentes. Elles peuvent toucher à tout moment des gènes de toutes les cellules de l'organisme ; mais seules les mutations modifiant les gènes des cellules reproductrices (**mutations germinales**) peuvent être transmises à la descendance.

2 – Les conséquences des mutations

Elles se situent à l'échelle du polypeptide et de la fonction de la protéine d'une part, au niveau de l'individu et de l'espèce d'autre part.

a) À l'échelle du polypeptide

La substitution d'un nucléotide par un autre donne un codon qui désigne le même acide aminé en raison de la redondance du code génétique. On parle alors de **mutation silencieuse**.

La substitution d'un nucléotide par un autre donne un codon qui désigne un autre acide aminé : On parle de **mutation faux-sens**.

La substitution d'un nucléotide par un autre donne un codon désignant un codon stop. On parle de **mutation non-sens**.

L'addition et la délétion d'un nucléotide entraîne un décalage du cadre de lecture de l'ARNm correspondant : On parle dans ce cas de **mutation décalante**.

b) Au niveau de la fonction des protéines

Une modification de la séquence polypeptidique peut influencer sur la fonction de la protéine. Ainsi, certaines mutations faux-sens, non-sens et la plupart des mutations décalantes sont ainsi des mutations défavorables.

Il peut arriver parfois qu'une modification de la structure de la protéine n'affecte pas la fonction de la protéine : on parle de **mutations neutres**.

Certaines mutations aboutissent à des protéines plus efficaces. Ces mutations peuvent être qualifiées de favorables.

c) Au niveau des individus et des espèces

À cette échelle, une mutation d'un gène peut survenir à n'importe quel moment et dans n'importe quelle cellule de l'organisme. Deux cas sont possibles :

- Si elle concerne une cellule de **lignée somatique**, elle n'est **pas transmissible** à la descendance. Ainsi, des mitoses de la cellule mutée peuvent au plus aboutir à la formation d'un groupe de cellules présentant le caractère mutant : certaines taches pigmentaires de la peau ont cette origine. Les **mutations somatiques** affectant des séquences géniques dans les cellules productrices d'anticorps peuvent augmenter la diversité de ceux-ci, et donc la capacité d'un individu à résister à telle ou telle maladie.

- Si elle concerne une cellule de la **lignée germinale**, elle peut être **transmise** à la descendance. Selon les cas, l'expression de la mutation conduit à un phénotype mutant **dominant** ou à un phénotype **récessif**.

Le taux de mutation pour un gène donné est toujours faible. Les mutations, source d'innovation, ne sont pas toujours défavorables. Beaucoup sont neutres, d'autres sont favorables.

3 – La diversité des allèles

La rareté des mutations pour un gène donné permet le maintien d'une génération à l'autre, des fonctions et des structures permettant la vie. Mais l'existence des mutations permet l'évolution de l'espèce à une échelle plus grande c'est-à-dire son adaptation ou sa disparition face à de nouvelles conditions du milieu ; car les mutations sont à l'origine du polymorphisme génétique sur lequel joue la sélection naturelle. Dans une population, les mutations successives qui affectent le génome sont à l'origine d'un polyallélisme. Un gène est dit polymorphe lorsqu'il existe dans la population sous au moins deux formes alléliques présentes chez au moins 1% des individus.

4 – La variabilité du génome

Le génome est constitué d'ADN. L'ADN des chromosomes présente des portions codantes et des portions non codantes. La plupart des portions codantes sont transcrites sous forme d'ARNm, lui-même traduit en une chaîne polypeptidique.

Au sein d'une espèce, l'ADN de chaque individu possède des variantes propres. Ces variations portent sur des parties non codantes ou codantes de l'ADN. Dans la population, un grand nombre de gènes existent sous des formes d'allèles différentes : il y a **polyallélisme**.

Le polyallélisme génère un grand nombre de combinaisons génotypiques. Au sein d'une espèce le polyallélisme (pour un gène) et la diversité des combinaisons alléliques sur chaque chromosome déterminent une diversité génétique souvent supérieure au nombre d'individus de cette même espèce. De ce fait, chaque organisme est unique, aussi bien génétiquement que phénotypiquement.

La résolution d'un exercice de génétique formelle correspond le plus souvent à l'analyse des résultats de croisements expérimentaux.

Etape 1 : Analyser les données de l'exercice

- Recenser les caractères étudiés.
- Poser une hypothèse concernant le nombre de gènes mis en jeu dans le croisement étudié. Si les symboles représentant les gènes ne sont pas imposés dans l'exercice, préciser ceux qui seront utilisés dans la réponse.

Etape 2 : Déterminer les caractéristiques du croisement

- En fonction des proportions observées dans la descendance, déterminer les caractéristiques du croisement :
- en justifiant, retrouver la dominance ou la codominance allélique pour chaque gène,
 - déterminer s'il s'agit d'un test-cross ou d'un croisement simple,
 - si le croisement fait intervenir deux gènes, déterminer si les gènes sont liés (situés sur le même chromosome) ou indépendants (situés sur deux chromosomes différents)

Etape 3 : Mettre en évidence les caractéristiques du croisement

- Utiliser ses connaissances et, à l'aide de schémas, retrouver les caractéristiques posées précédemment. Pour cela :
- retrouver les génotypes parentaux,
 - déterminer les génotypes des gamètes parentaux et leurs proportions,
 - construire l'échiquier de croisement permettant de retrouver les phénotypes observés dans la descendance dans les mêmes proportions,
 - établir la relation entre les phénotypes des descendants et les génotypes correspondants.

Proportions phénotypiques observées dans la descendance	Déduction
3/4, 1/4	- un seul gène en jeu par caractère, - croisement de deux hétérozygotes, - dominance d'un allèle sur l'autre.
1/2, 1/4, 1/4	- un seul gène en jeu par caractère, - croisement de deux hétérozygotes, - codominance de deux allèles
2/3, 1/3	- un seul gène en jeu par caractère, - croisement de deux hétérozygotes, - un allèle létal (mortel) à l'état homozygote.
Descendance 100% homogène	- un seul gène en jeu par caractère, - parents de race pure (homozygote), - si le phénotype de la descendance est identique à un des phénotypes parentaux : dominance d'un allèle sur l'autre, - si le phénotype de la descendance est différent des phénotypes parentaux : codominance des allèles du gène.
9/16, 3/16, 3/16, 1/16.	- deux gènes en jeu, un gène par caractère, gènes indépendants, - dominance d'un allèle sur l'autre, - parents hétérozygotes.
1/4, 1/4, 1/4, 1/4	- deux gènes en jeu, un gène par caractère, gènes indépendants, - dominance d'un allèle sur l'autre, - test-cross : double homozygote récessif croisé avec un double hétérozygote.
Phénotypes parentaux et recombinés avec une fréquence des phénotypes parentaux supérieure à la fréquence des phénotypes recombinés	- deux gènes en jeu, un gène par caractère, gènes liés, - test-cross : double homozygote récessif croisé avec un double hétérozygote. - le pourcentage des phénotypes recombinés apparaissant dans la descendance correspond au taux de recombinaison lié aux crossing-over.

Si le pourcentage des phénotypes est distribué selon le ratio sexe : l'hérédité est liée au sexe, voir si c'est le mâle (cas le plus fréquent) ou si c'est la femelle qui est hétérogamétique.

Mais, l'étude de la génétique n'est pas synonyme de recette ; de nombreux cas ne sont pas envisagés ici (un gène avec dominance et avec codominance, un gène lié au sexe et un autre porté par un autosome, un dihybridisme dont les gènes indépendants ont une codominance...). Il faut donc réfléchir, émettre des hypothèses pour arriver à résoudre les cas les plus complexes. **Toute réponse doit être justifiée.**

Exercices

I – Restitution organisée des connaissances

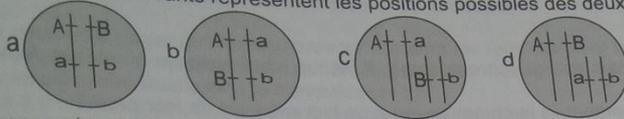
A – Questions à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 – Soient A et a les allèles d'un gène, B et b les allèles d'un autre gène. Une cellule de génotype A/a B/b peut former le gamète suivant :
- a) A/a/,
 - b) a/a/,
 - c) A/B/,
 - d) B/b/.
- 2 - La première loi de Mendel stipule qu'il y a :
- a) uniformité des hybrides de la deuxième génération,
 - b) uniformité des hybrides de la première génération,
 - c) uniformité des individus de toutes les générations lorsqu'un caractère est dominant,
 - d) uniformité des individus de toutes les générations lorsque les caractères sont dominants.
- 3 - Les différentes variétés d'un gène sont appelées :
- a) antigènes,
 - b) allèles,
 - c) génotypes,
 - d) centromères.
- 4 – En faisant un test-cross entre les cochons d'inde, on obtient des cochons d'inde gris et des cochons d'inde blancs. Les génotypes des parents étaient ? :
- a) $\frac{G}{G} \times \frac{b}{b}$
 - b) $\frac{G}{G} \times \frac{G}{b}$
 - c) $\frac{G}{b} \times \frac{b}{b}$
 - d) $\frac{G}{b} \times \frac{G}{b}$
- 5 – On croise deux individus de race pure qui ne diffèrent que par un seul caractère. Le croisement en retour ou back-cross effectué sur les individus de la F₁ conduit à :
- a) deux phénotypes équitables,
 - b) quatre phénotypes équitables,
 - c) deux phénotypes dans les proportions différentes,
 - d) trois phénotypes dans les proportions différentes.
- 6 – On croise deux individus de race pure qui ne diffèrent que par un seul caractère. Le croisement-test ou test-cross effectué sur les individus de la F₂ conduit à :
- a) un seul phénotype,
 - b) deux phénotypes possibles,
 - c) plusieurs résultats possibles,
 - d) un seul génotype.
- 7 - Un individu porteur de chromosomes sexuels XXY est :
- a) un homme,
 - b) une femme,
 - c) un intersexué,
 - d) un homosexuel.
- 8 – Les hétérochromosomes sont des :
- a) gonosomes,
 - b) chromosomes à bras inégaux,
 - c) chromosomes d'origine féminin,
 - d) autosomes.
- 9 – Chez l'Homme, le nombre d'espèces différentes de chromosomes est de :
- a) 23,
 - b) 22,
 - c) 24,
 - d) 46.
- 10 – Les mutations non décalantes correspondent à une :
- a) substitution,
 - b) insertion,
 - c) délétion,
 - d) insertion et une délétion.

1 - L'écriture du génotype d'une souris hétérozygote est : $\frac{A}{a} \frac{B}{b}$

Les quatre modèles suivants représentent les positions possibles des deux gènes.



Parmi ces quatre représentations, laquelle est compatible avec l'écriture du génotype de la souris ?

- 12 - Le syndrome de Klinefelter est :
- a) une trisomie XXY,
 - b) une monosomie X0,
 - c) une trisomie XXX,
 - d) une trisomie 21.
- 13 - Un test-cross s'obtient en croisant :
- a) 2 hybrides entre eux,
 - b) 2 homozygotes entre eux,
 - c) 1 individu à phénotype dominant et 1 individu à phénotype récessif.
 - d) 1 hybride et 1 parent dominant.
- 14 - Le brassage chromosomique :
- a) est assurée par la mitose,
 - b) est assurée par la disjonction indépendante des chromosomes homologues,
 - c) s'effectue lors de la prophase de la première division de méiose,
 - d) s'effectue lors de la télophase de la première division de méiose.

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

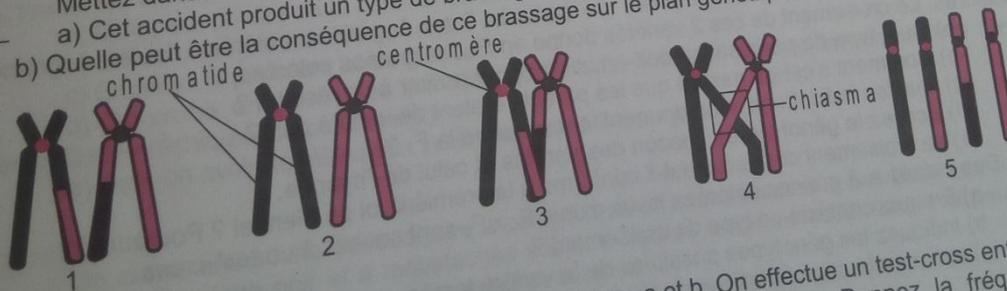
Exercice 1

- 1 - Définissez les mots suivants : dominance, récessivité, codominance, mutation génique, mutation chromosomique, allèle.
- 2 - Pour une espèce possédant un nombre de chromosomes égal à $2n$ à l'état diploïde, indiquez combien de chromosomes sont présents dans le noyau d'individus haploïdes, triploïdes, monosomiques, trisomiques, tétraploïdes ou tétrasomiques.
- 3 - Par quoi les gènes liés diffèrent-ils des gènes non liés ?
- 4 - Quelles informations pouvez-vous tirer d'un test-cross ?

Exercice 2

- 1 - Le document suivant présente un type « d'accident » qui survient généralement à la prophase I de la méiose.

- 2 - Mettez dans l'ordre chronologique les étapes du déroulement de cet accident et le nommer.
 - a) Cet accident produit un type de brassage chromosomique, lequel ?
 - b) Quelle peut être la conséquence de ce brassage sur le plan génétique ?



Exercice 3

On considère deux gènes récessifs autosomiques a et b. On effectue un test-cross entre hétérozygote pour les deux gènes et un homozygote double-mutant. Donnez la fréquence phénotypique des descendants dans les cas suivants :

- a) a et b sont localisés sur deux chromosomes différents,
- b) a et b sont liés sur le même chromosome mais si proche qu'un crossing-over n'a jamais se produire,

- c) a et b sont liés sur le même chromosome, mais suffisamment éloignés pour qu'un crossing-over puisse toujours se produire entre eux.
d) a et b sont liés sur le même chromosome et éloignés d'une distance de 10 unités de recombinaison.

Exercice 4

Les hommes ont un chromosome X et un chromosome Y et les femmes ont deux chromosomes X.

- 1 - Les hommes héritent-ils le chromosome X de leur mère ou de leur père ?
- 2 - Si une femme a un allèle récessif porté par un chromosome X et qui cause un désordre génétique, a-t-elle forcément ce désordre ? Justifiez votre réponse.
- 3 - La même question pour le cas d'un homme.
- 4 - Une femme est porteuse d'un désordre récessif porté par le chromosome X. Combien de types de gamètes peut-elle produire ?
- 5 - En supposant qu'un homme présentant un désordre génétique récessif porté par le chromosome X ait des enfants avec une femme qui ne porte pas l'allèle de la maladie.
 - a) Est-ce que leurs enfants pourraient avoir le désordre génétique ?
 - b) Est-ce que leurs enfants pourraient être porteurs de ce désordre ?

II - Exploitation des documents

Exercice 1

On croise des souris grises de race pure avec des souris blanches de race pure.

- a) Comment peut-on s'assurer de la pureté de ces deux races ?
- b) Toutes les souris obtenues à la première génération sont grises. Que peut-on en conclure ?
- c) Quelle loi de Mendel peut être appliquée dans ce cas ? Énoncer-la.
- d) Comment peut-on appeler les souris grises ainsi obtenues ?
- e) On croise entre elles les souris grises. Quels sont les résultats statistiques de ce type de croisement ?
- f) Était-il nécessaire de s'assurer de la pureté de la race de souris blanches ? Justifier votre réponse.

Exercice 2

On croise un cochon d'Inde noir homozygote avec un cochon d'Inde blanc homozygote. On obtient en F_1 uniquement des cochons d'Inde noirs.

- a) Qu'appelle-t-on individu homozygote ?
- b) Interpréter le résultat obtenu en F_1 en faisant intervenir les génotypes des parents.
- c) Deux cochons d'Inde noirs génétiquement identiques sont croisés entre eux. Il en résulte 20 noirs et 9 blancs. Quel était le génotype des parents ?
- d) Parmi les 20 cochons d'Inde noirs obtenus, les uns sont homozygotes et d'autres sont hétérozygotes. Comment pouvez-vous faire pour isoler les uns des autres ?

Exercice 3

On croise deux variétés pures de haricots l'une à graines colorées l'autre à graines incolores. Le croisement de ces 2 variétés donne en F_1 des graines colorées.

- 1 -
 - a) Quel type de pollinisation doit-on utiliser pour arriver à ce résultat ?
 - b) Comment s'est-on assuré que les parents étaient de variété pure ?
 - c) Quelles indications nous donnent le résultat de la F_1 ?
 - d) Écrivez le génotype de chacun des parents et celui de l'hybride.
 - e) Le croisement ci-dessus est-il conforme à la première loi de Mendel ? Pourquoi ?
- 2° - Des individus à graines colorées issus d'une $F_1 \times F_1$ sont soumis à un test-cross.
 - a) En quoi consiste ce type de croisement ?
 - b) Indiquez les génotypes possibles de la variété testée.
 - c) Indiquez la caractéristique de l'individu testeur.

Exercice 4

Dans l'étude de la transmission des caractères héréditaires, on dispose de deux cages. Dans la première cage, on met des drosophiles dont les femelles sont noires et les mâles sont bruns. Après plusieurs croisements, on obtient 60 drosophiles noires et 61 drosophiles brunes.

Dans la deuxième cage, on met des drosophiles dont les femelles sont noires et les mâles sont bruns. Après plusieurs croisements, on obtient toujours des drosophiles noires.

- De quel caractère étudie-t-on la transmission ?
- S'agit-il d'un mono ou dihybridisme ? Justifier votre réponse.
- Qu'appelle-t-on allèle dominant et allèle récessif ?
- Dans le cas présent, quel est l'allèle dominant ? Et l'allèle récessif ?
- Donner le génotype des parents dans chaque cage.
- Énoncer la deuxième loi de Mendel.
- D'après vos connaissances, dites en quelques phrases l'importance de la génétique pour l'Homme.

Exercice 5

Dans la race de poule dite andalouse, certaines volailles sont blanches, d'autres sont noires, d'autres enfin sont bleues.

- En croisant les volailles noires entre elles, on obtient uniquement des volailles noires.
- En croisant les volailles blanches entre elles, on obtient uniquement des volailles blanches.
- En croisant une volaille noire par une volaille blanche, on obtient des volailles bleues.
- Les volailles bleues croisées entre elles donnent un mélange de volailles noires, blanches et bleues.

- Quel est le caractère étudié ?
- De quel type de croisement s'agit-il ?
- Ecrivez le génotype des volailles noires et des volailles blanches.
- Étant donné que les volailles bleues proviennent du croisement entre les volailles noires et les volailles blanches, donnez le génotype des volailles bleues.
- Quelles sont les volailles qui sont :
 - de lignée pure ou de race pure ?
 - hybrides ?
- À l'aide d'un tableau à double entrée ou échiquier de croisement, réalisez le croisement entre deux volailles bleues et précisez la répartition statistique de cette descendance.
- Était-il nécessaire de s'assurer de la pureté des races initiales ? Justifiez votre réponse.
- On procède à un croisement d'une volaille noire par une volaille bleue. Réalisez le tableau qui permet d'en prévoir les résultats.

Exercice 6

On croise deux lignées pures de drosophiles : la femelle à œil rouge, le mâle à œil bar. En F_1 , toutes les drosophiles femelles ont les yeux réniformes, les mâles ont les yeux rouges.

- Que peut-on dire de la dominance ?
- Est-ce une hérédité liée au sexe ? Justifiez.
- Énoncez la première loi de Mendel.
- On croise entre eux, les individus de F_1 ainsi obtenus. Donnez la composition de la génération F_2 (échiquier de croisement).
- Peut-on avoir de mâles aux yeux réniformes ? Pourquoi ?

Exercice 7

On croise une souris de race pure à pelage brun et à moustaches raides avec une souris de race pure à pelage noir et à moustaches souples. Toutes les souris obtenues à la première génération ont un pelage noir et des moustaches souples.

- Relevez les caractères qui intéressent le généticien au cours de ce croisement. En déduire le type d'hybridation.
- À partir de ces résultats, dégagez les allèles dominants.
- On dispose d'une souris à pelage brun et à moustaches raides. On la croise avec une souris de la première génération précédente et on obtient les résultats suivants :
 - 50% de souris à pelage brun et à moustaches raides ;

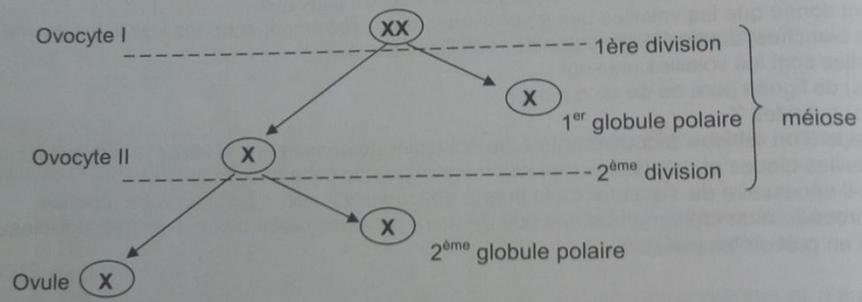
- 50% de souris à pelage noir et à moustaches souples.
 a) Si on tient compte de ces résultats, quelle hypothèse peut-on formuler concernant la localisation des gènes qui déterminent ces caractères ?
 b) Ecrire alors les génotypes des parents et des individus de cette première génération.
 c) Dans ce cas, faites une représentation chromosomique qui rend compte de cette localisation des gènes, du génotype de l'hybride de la première génération et de son partenaire, c'est-à-dire la souris à pelage brun et à moustaches raides.
 4 - Le croisement des souris de la première génération entre elles a donné les résultats suivants :
 - 58 souris obtenues ont un pelage noir et des moustaches souples ;
 - 23 souris ont un pelage brun et des moustaches raides.
 Ces résultats permettent-ils d'infirmer ou de confirmer l'hypothèse formulée à la question 3a ? Justifiez votre réponse.

Exercice 8

On réalise des caryotypes humains qui présentent des anomalies du nombre de chromosomes sexuels ou gonosomiques. La garniture chromosomique des anomalies est présentée dans le tableau suivant :

	Nombre total de chromosomes du caryotype	Nombre de chromosomes sexuels du caryotype
1 ^{er} cas	45	X
2 ^o cas	47	XXX
3 ^o cas	47	XXY

Ces anomalies sont plus fréquentes chez les femmes âgées.
 1 - La fécondation à l'origine de ce caryotype est assurée par un spermatozoïde normal. Précisez l'apport en chromosomes par le spermatozoïde et l'ovule dans chaque cas.
 2 - C'est au cours de l'ovogenèse chez une femme à caryotype normal qu'une telle anomalie trouve son origine. Le document ci-dessous représente la répartition des chromosomes sexuels au cours d'une ovogenèse normale.



En utilisant ce même principe, schématisez les perturbations possibles ayant abouti aux anomalies précédemment représentées dans le tableau.

II - Saisie de l'information biologique

Exercice 1

On croise deux espèces de mil de race pure. L'une aux graines rouges et aux épis longs et l'autre aux graines blanches et aux épis courts. En F1, on obtient de mil aux graines rouges et aux épis longs. Le croisement entre les plantes femelles de la F1 avec les plantes mâles homozygotes aux graines blanches et aux épis courts permet d'obtenir :

- 512 plantes aux graines rouges et aux épis longs,
- 515 plantes aux graines blanches et aux épis courts,
- 108 plantes aux graines rouges et aux épis courts,
- 110 plantes aux graines blanches et aux épis courts.

- 1 - Déterminer et nommer les caractères étudiés.
- 2 - Déterminer les allèles dominants et les allèles récessifs de ce croisement.
- 3 - Quel nom donne-t-on au croisement effectué entre les plantes femelles F1 et les plantes mâles homozygotes.
- 4 - Dire si les gènes étudiés sont liés ou non et déterminer le taux de recombinaison.

Exercice 2

1 – Certaines hirondelles peuvent avoir des yeux rouges et d'autres des yeux blancs. Le croisement d'une hirondelle femelle aux yeux blancs avec un mâle aux yeux rouges donne une descendance dans laquelle tous les oisillons ont des yeux rouges. Quelles conclusions tirez-vous sur la pureté des gamètes des parents et sur la dominance des caractères.

2 – Le croisement d'une hirondelle mâle aux yeux blancs avec une hirondelle femelle aux yeux rouges donne :

- 312 femelles de type paternel (blanc),
- 302 mâles de type maternel (rouge).

Interprétez ces résultats.

3 – On croise une hirondelle femelle aux yeux blancs et rugueux avec un mâle aux yeux rouges et lisses. Les descendants de la première génération (F1) ont tous les yeux rouges et lisses. Une femelle F1 est croisée avec un mâle double récessif. Les phénotypes de 800 descendants se répartissent ainsi :

- 401 femelles aux yeux blancs et rugueux,
- 399 mâles aux yeux rouges et lisses.

a) Interprétez ces résultats en tenant compte des déductions précédentes.

b) Quelles conclusions tirez-vous sur la localisation des gènes responsables des caractères ci-dessus cités ?

Baccalauréat C Congo 2010 Partiel

Exercice 3

Depuis les travaux de Vries (1901 – 1903), le terme mutation désigne l'apparition brusque, chez un individu, d'un caractère nouveau ou plus exactement un changement brusque du génotype, se traduisant par le changement d'un caractère héréditaire...

Rappelons que le génotype est constitué par un ensemble diploïde de chromosomes (la garniture chromosomique). De la précision des phénomènes de duplication et de la disjonction dépend la transmission sans altération des constituants du patrimoine héréditaire. Toute inexactitude dans ces phénomènes, toute altération définitive de la garniture chromosomique ou toute altération définitive d'un gène constituera une mutation : mutation chromosomique ou mutation génique.

Les mutations sont des événements rares et imprévisibles, on peut seulement constater pour un caractère donné une fréquence moyenne de mutation.

B. Etudes B. brun, g CASANOVA

1 – Citer les deux types de mutation.

2 – A quel moment de la vie cellulaire ces accidents peuvent-ils se produire ? Expliquer comment cette disjonction peut conduire à une mutation.

3 – Certaines mutations entraînent des maladies graves parfois mortelles. Citez deux maladies issues des mutations au niveau des gènes.

4 – Les mutations sont des événements rares. Citez deux facteurs pouvant provoquer des mutations.

Baccalauréat C 2010, Partiel

CHAPITRE 7 : QUELQUES ASPECTS DE LA GÉNÉTIQUE HUMAINE

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- d'expliquer le mécanisme de transmission de certains gènes (autosomiques gonosomiques),
 - d'expliquer les mécanismes de transmission des maladies héréditaires,
 - d'identifier les caryotypes des individus présentant des anomalies ou aberrations chromosomiques,
 - de dégager les conséquences des anomalies chromosomiques,
 - de relever la nécessité des examens prénuptiaux dans la prévention des maladies héréditaires.

Les pré-requis

L'hérédité est la transmission de l'information génétique d'une génération à la suivante. Cette information, présente sur les chromosomes d'un individu, est portée par l'ADN. Grâce à la méiose et à la fécondation, le remaniement des chromosomes au cours de la reproduction sexuelle assure le passage du message génétique d'une génération à la suivante.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Par quel mécanisme se fait la transmission de certains gènes chez l'Homme ?
- Quelles sont les conséquences des anomalies chromosomiques ?
- Comment prévenir les maladies héréditaires ?

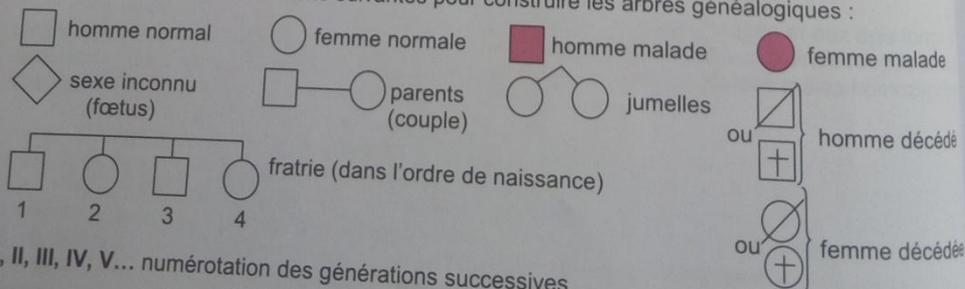
I – Étude de quelques cas simples de l'hérédité chez l'Homme

A – Les difficultés de la génétique humaine

- À la différence des drosophiles et d'autres organismes étudiés par les généticiens, l'espèce humaine pose d'énormes problèmes en génétique pour plusieurs raisons :
- les mariages expérimentaux (test-cross, back-cross) sont impossibles pour des raisons de morale et d'éthique,
 - l'espèce humaine présente un temps de génération assez long (25 ans environ). Ce qui ne permet pas de suivre la transmission d'un caractère d'une génération à l'autre.
 - les familles sont très réduites,
 - la complexité de la garniture chromosomique (23 paires de chromosomes soit environ 75 000 gènes).

L'analyse d'arbres généalogiques (ou *pedigree* en anglais) reste la méthode fondamentale pour retracer les ascendances afin de déterminer la présence ou non d'une anomalie chez les différents individus des différentes générations. Elle permet le plus souvent de déterminer si le phénotype mutant est récessif ou dominant, autosomique ou gonosomique (lié au chromosome sexuel X) et même les probabilités d'expression des gènes dans plusieurs générations.

On utilise les conventions suivantes pour construire les arbres généalogiques :



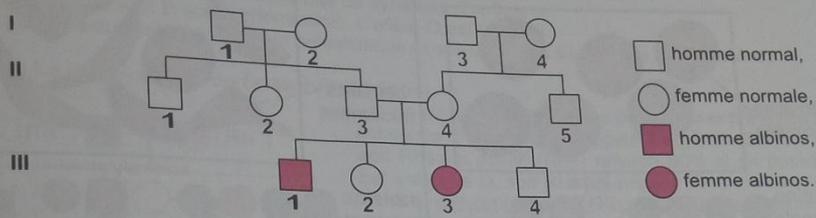
I, II, III, IV, V... numérotation des générations successives.

Doc. 1 : Conventions d'usage de l'arbre généalogique

II – La notion de pedigree

1 – La transmission d'un gène autosomique récessif
a) L'albinisme

L'albinisme est une maladie génétique touchant l'Homme et les animaux. Elle est due à un trouble du métabolisme de la mélanine dans les mélanocytes responsable de la couleur de la peau et des cheveux. Le métabolisme est bloqué par l'absence d'une enzyme. Chez l'Homme, le sujet atteint est totalement dépigmenté jusqu'aux cheveux, avec les yeux dansant.



Doc. 2 : Exemple d'un arbre généalogique d'une famille sur trois générations

Des parents sains peuvent donner des enfants albinos. Chez ces parents, l'allèle de l'anomalie est masqué. Ce qui montre que l'allèle de l'albinisme noté **a** est récessif par rapport à l'allèle normal noté **A** qui est dominant.

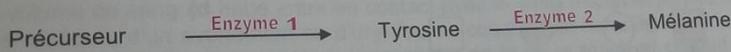
La maladie se rencontre aussi bien chez les filles que chez les garçons.

Les individus **albinos** ont pour génotype **aa**,

Les individus **normaux hétérozygotes** **A/a**,

Les individus **normaux homozygotes** **A/A**.

Toutefois, un couple albinos peut donner naissance aux enfants non albinos. Ce type d'albinisme, rare, est dû à un mauvais fonctionnement d'une des enzymes intervenant dans la synthèse de la mélanine chez l'un et l'autre des deux parents.



Quatre cas peuvent se présenter :

- les enzymes E1 et E2 sont non fonctionnelles. Dans ce cas, il n'y a pas de synthèse de mélanine et on obtient un albinos dont l'allèle **a** est récessif (cas étudié précédemment).
- l'enzyme E1 est non fonctionnelle, alors que l'enzyme E2 est fonctionnelle. Dans ce cas, il n'y a pas de synthèse de mélanine et on obtient un albinos.
- l'enzyme E1 est fonctionnelle et l'enzyme E2 non fonctionnelle. Dans ce cas, il n'y a pas de synthèse de mélanine et on obtient un albinos.
- les enzymes E1 et E2 sont fonctionnelles. Dans ce cas, l'enfant est non albinos.

L'individu atteint est issu des parents phénotypiquement sains ou normaux.

Les garçons et les filles sont indistinctement atteints et le parent atteint ne transmet pas la maladie à sa descendance si l'autre conjoint est phénotypiquement sain.

b) La drépanocytose ou anémie à hématies falciformes

La drépanocytose est une maladie héréditaire caractérisée par la présence dans le sang de certaines hématies en forme de faucille. En effet, il existe une hémoglobine normale A et une hémoglobine anormale S. Cette maladie est causée par la substitution d'un **nucléotide T** (thymine) par un **nucléotide A** (adénine) du gène de l'hémoglobine situé sur les chromosomes n°11. Dans l'expression de ce gène, Le 6^{ème} acide aminé appelé **valine** de la chaîne protéique normale est remplacée par l'**acide glutamique**.

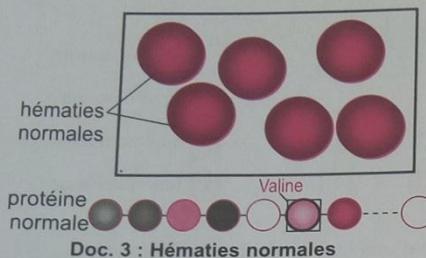
Cette mutation de l'hémoglobine A provoque une anémie sévère chez le malade.

L'allèle normal A et l'allèle muté S sont codominants.

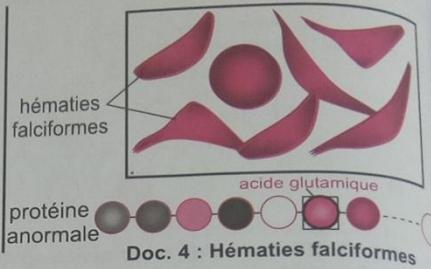
Les **sujets AA** sont normaux. Ils n'ont que l'hémoglobine normale dans leurs hématies,

Les **sujets AS** sont généralement normaux ; car l'allèle A exerce une dominance sur l'allèle S. Ils ont à la fois l'hémoglobine normale et l'hémoglobine anormale dans les hématies.

Les **sujets SS** (drépanocytaires) n'ont que l'hémoglobine anormale dans leurs hématies. Les patients ont des hématies allongées et incurvées lorsque l'oxygène devient rare. Ils ont la face hypertrophiée, les yeux jaunes, la dyspnée, la respiration difficile et sont constamment anémiques. Le mariage entre les couples hétérozygotes (AS) est déconseillé car, il peut conduire à la naissance de 25% d'individus SS. D'où la nécessité de faire l'électrophorèse de l'hémoglobine avant le mariage.



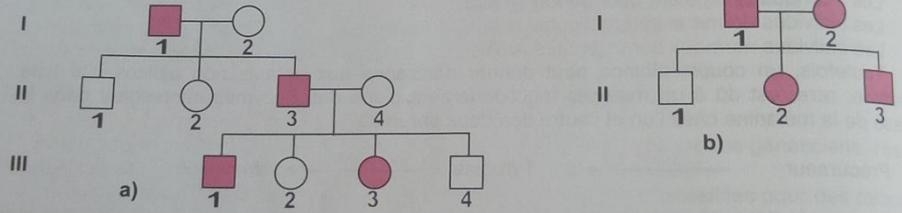
Doc. 3 : Hématies normales



Doc. 4 : Hématies falciformes

2 - La transmission d'un gène autosomique dominant : la couleur des yeux

Tous les individus atteints ont au moins un parent atteint et l'anomalie est présente à chaque génération, ou encore des parents atteints ont dans leur descendance au moins un enfant normal.



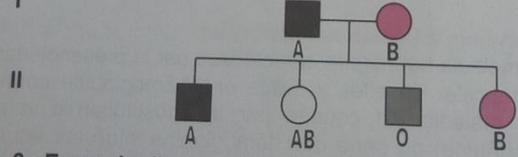
Doc. 5 : Arbres généalogiques de la transmission d'un gène dominant

Remarques

- Dans l'espèce humaine, la couleur brune ou bleue des yeux est due à une paire d'allèles avec dominance du brun sur le bleu. On observe ainsi trois génotypes possibles. **B//B** ou **B//b** (brun), **b//b** (bleu).
- La chorée de Huntington est aussi une transmission d'un gène dominant autosomique

3 - Autres cas d'hérités autosomiques chez l'Homme : transmission des groupes sanguins du système ABO et du facteur rhésus

a) La transmission des groupes sanguins du système ABO



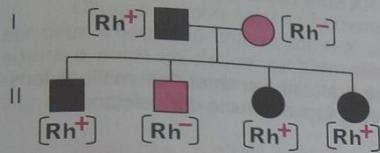
Doc. 6 : Exemple d'arbre généalogique d'une famille sur deux générations

Les groupes sanguins de ce système existent chez tous les êtres humains. Deux types d'antigènes (A et B) sont susceptibles de se trouver à la surface des hématies humaines. Suivant les sujets, les antigènes A et B peuvent être présents, isolément ou simultanément, mais ils sont parfois absents. Ainsi, quatre types de groupes sanguins sont définis :

- le groupe A : les hématies portent le seul antigène A,
- le groupe B : les hématies portent le seul antigène B,

- le groupe AB : les hématies portent à la fois l'antigène A et l'antigène B,
 - le groupe O : les hématies sont dépourvues de l'antigène A et de l'antigène B, mais portent une substance H non antigénique chez l'homme.
- L'hérédité de ces groupes répond à une transmission simple.
- Les groupes sanguins du système ABO sont déterminés par trois allèles :
- l'allèle A contrôle la synthèse de l'antigène A,
 - l'allèle B contrôle la synthèse de l'antigène B,
 - l'allèle O ne provoque pas de synthèse d'antigène.
- Les allèles A et B sont codominants. L'allèle O est récessif.
- Le gène du système ABO est polyallélique et son locus est situé sur le chromosome n°9.

b) La transmission du facteur Rh (rhésus)



Le facteur Rhésus se définit par la présence ou l'absence d'un antigène appelé antigène «D». On est soit Rhésus positif (Rh+) environ 90% si on possède cet antigène D, soit Rhésus négatif (Rh-) environ 10% dans le cas contraire. Le Rh positif (Rh+) est dominant sur le Rh négatif (Rh-).

Dans l'exemple ci-contre, l'homme Rhésus positif est hétérozygote, puisque dans la descendance apparaît un enfant rhésus négatif.

Remarque

Contrairement aux agglutinines du système ABO, les agglutinines anti-Rh ne se forment pas spontanément dans le sang des individus rhésus négatif. Si une personne Rh- reçoit du sang Rh+, la première transfusion de sang incompatible ne provoque pas l'hémolyse, car le système immunitaire met un certain temps à agir et à produire des agglutinines. Toute transfusion ultérieure de sang Rh+ provoque la destruction des hématies du donneur.

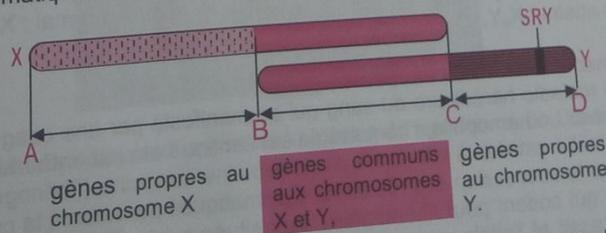
Un problème grave est associé au facteur Rh chez les femmes Rh- enceintes pour la première fois qui portent un fœtus Rh+. Lors de l'accouchement ou de la délivrance, il arrive qu'un certain volume de sang du bébé entre en contact avec le sang maternel (la même chose peut se produire au cours d'un avortement ou d'une fausse couche). Si rien n'est fait dans les semaines voire les mois qui viennent, le système immunitaire de la mère réagit et produit des agglutinines anti-D. Au cours d'une seconde grossesse du même type, les agglutinines anti-D précédemment formés traversent la barrière placentaire et détruisent les hématies du fœtus Rh+ qui portent les agglutinogènes D. Le fœtus sera atteint de la maladie hémolytique du nouveau-né entraînant dans certains cas des fausses couches ou des mort-nés, ou même des jaunisses graves appelées **ictères**. Toutefois, cette maladie hémolytique peut être évitée :

- soit par injection à la mère dans les 72 heures qui suivent l'accouchement d'une immunoglobuline humaine anti-Rh (sérum anti-D),
- soit par exsanguino-transfusion, c'est-à-dire en remplaçant le sang du nouveau-né Rh+ par le sang Rh-.

Ce sérum doit être injecté après chaque accouchement ou après chaque avortement afin d'éviter les maladies hémolytiques des futurs fœtus rhésus positifs.

4 - La transmission d'un gène gonosomique ou liée au sexe

Les chromosomes sexuels X et Y portent aussi des gènes exactement comme les autres chromosomes dits somatiques. Cependant, ils ne sont pas vraisemblablement homologues.



Doc. 7 : Localisation des gènes sur les chromosomes sexuels

TERMINALE C

On connaît actuellement trois types de gènes liés aux chromosomes sexuels :

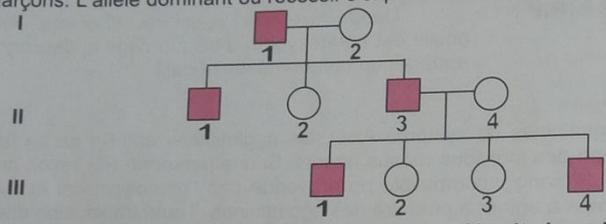
- ceux situés uniquement sur le chromosome X (portion AB),
- ceux situés sur la partie commune aux chromosomes X et Y (portion BC). La transmission de ces gènes simule une transmission autosomique, d'où le nom d'hérédité pseudo-autosomique,
- ceux situés uniquement sur le chromosome Y (portion CD). Le chromosome Y porte le gène déterminant le sexe masculin notamment le gène SRY (Sex Region Y), qui entraîne à la formation des testicules.

Remarque

Le crossing-over peut affecter les chromosomes sexuels. Ainsi, il existe des individus possédant les chromosomes X et Y qui se développent en tant que femmes sont privés de la région SRY du chromosome Y qui contient le gène de détermination sexuelle masculine. De même, certains individus portant les chromosomes sexuels XX sont plutôt des hommes parce que la région SRY s'est liée à l'un des chromosomes X.

1 – La transmission d'un gène situé sur le chromosome Y

Dans un cas d'hérédité liée au chromosome Y, le père atteint transmet l'anomalie à tous ses garçons. L'allèle dominant ou récessif s'exprime de la même façon dans la descendance.

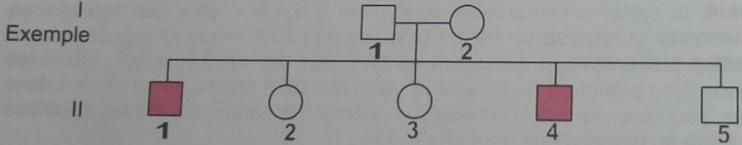


Doc. 8 : Exemple de transmission d'un allèle situé sur le chromosome Y

2 – La transmission d'un gène situé sur le chromosome X

1^{er} cas : l'allèle anormal est récessif

L'anomalie affecte essentiellement les garçons



Doc. 9 : Exemple de transmission d'un allèle récessif situé sur le chromosome X

a) La transmission du daltonisme

C'est une anomalie qui se manifeste par une confusion de couleurs, en particulier la non-distinction du vert et du rouge. Dans la population humaine on rencontre environ 4% de garçons daltoniens et très peu de filles daltoniennes.

Le gène qui code pour le daltonisme est situé sur le chromosome X. L'allèle morbide noté « d » est récessif. L'allèle normal noté « N » est dominant. Les génotypes des individus sont les suivants :

- femme normale homozygote : $X_N X_N$,
- femme atteinte : $X_d X_d$,
- homme atteint : $X_d Y$,
- femme normale conductrice : $X_N X_d$,
- homme normal : $X_N Y$.

b) La transmission de l'hémophilie

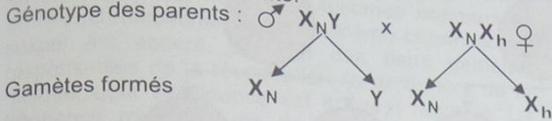
C'est une maladie héréditaire du sang qui se manifeste par une coagulation très lente. En cas de blessure chez un hémophile, l'hémorragie est continue et peut entraîner la mort. Cette anomalie est due à l'absence d'une protéine sanguine (fibrinogène) qui joue un rôle important dans la succession des réactions enzymatiques permettant la coagulation du sang.

Les gènes qui codent pour l'hémophilie sont situés sur le chromosome X. L'allèle morbide noté « h » est récessif et l'allèle normal noté « N » est dominant. On ne connaît pas de femme atteinte.

hémophile dans la population, l'allèle « h » semble être létal à l'état homozygote. D'où les génotypes suivants :

- femme normale homozygote : $X_N X_N$,
- homme normal : $X_N Y$,
- femme normale conductrice : $X_N X_h$,
- homme atteint : $X_h Y$.

Exemple : Une femme vectrice pour l'hémophilie épouse un homme normal. La descendance est la suivante.



Echiquier de croisement

♂	X_N	Y
♀ X_N	$X_N X_N$	$X_N Y$
♀ X_h	$X_N X_h$	$X_h Y$

Chaque garçon né d'un homme sain et d'une femme saine porteuse du gène a un risque sur deux d'hériter le chromosome X anormal de sa mère, et d'être hémophile. Chacune de ses sœurs a aussi un risque sur deux d'hériter de ce chromosome et d'être porteuse du trait. En revanche, les filles porteuses du trait ne développent généralement pas la maladie, car l'activité de leur second chromosome X compense le déficit.

2ème cas : L'allèle anormal est dominant

Le père ou la mère atteint transmet indifféremment l'anomalie à ses fils et à ses filles.

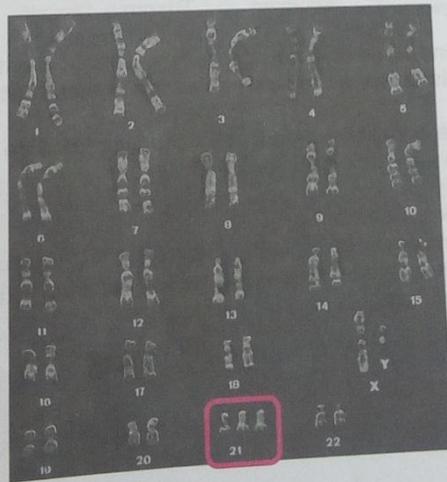
III – Les anomalies chromosomiques ou les aberrations

L'étude de l'hérédité humaine peut être complétée par la réalisation des caryotypes.

1 – Les aberrations sur le nombre de chromosomes ou aneuploidie

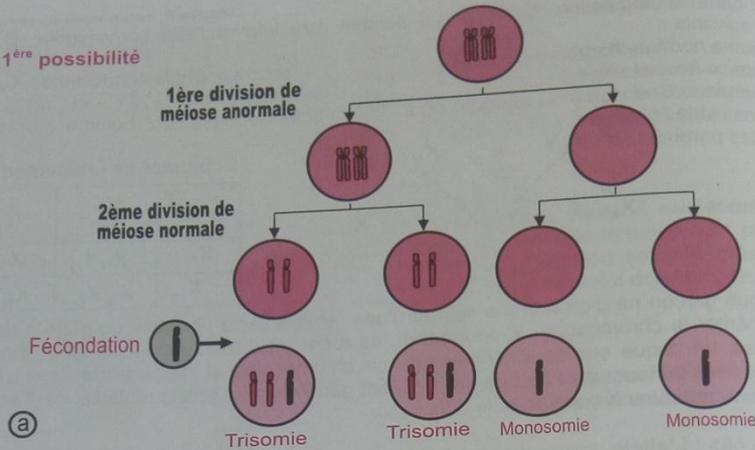
a) Au niveau des autosomes

La trisomie 21, syndrome de Down ou Mongolisme est une anomalie chromosomique. Les enfants atteints de trisomie 21 présentent : une taille inférieure à la moyenne, un visage caractéristique rappelant le type mongol, d'où le terme « **mongolisme** », des yeux bridés, et un repli vertical sur la paupière, des mains à doigts courts avec un pli uniquement transversal. À ces anomalies extérieures sont associées des malformations internes (intestin, cœur, testicules) et un déficit mental plus ou moins important. L'étude du caryotype montre que le chromosome 21 est représenté par trois exemplaires au lieu de deux (d'où le terme trisomie). Cette anomalie résulte d'un accident survenu au cours de la gamétogenèse chez l'un des parents, surtout lors de l'étape de la division réductionnelle ou de celle de la division équationnelle.



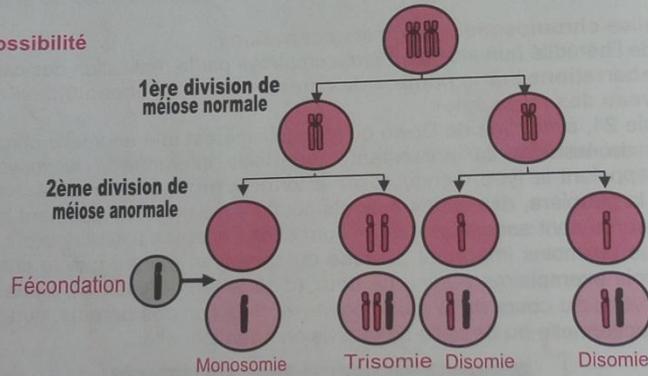
Doc. 10 : Caryotype d'un individu atteint du syndrome de Down

1^{ère} possibilité



(a)

2^{ème} possibilité



(b)

Doc. 11 : La non-disjonction des chromosomes durant la première (a) ou la seconde division (b) de méiose suivie de la fécondation

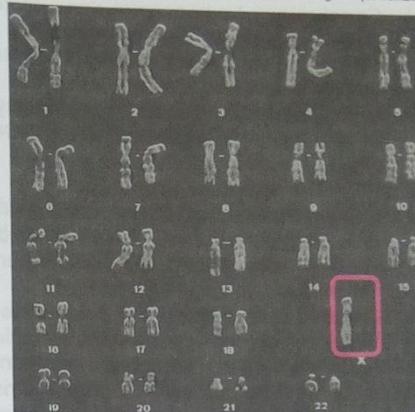
NB : La probabilité de donner un enfant atteint du syndrome de Down augmente avec l'âge de la mère (4/1000 après 35 ans, 1/50 à 45 ans).

b) Au niveau des chromosomes sexuels

Les aberrations chromosomiques caractérisent un développement anormal chez les êtres humains. Une perturbation numérique peut également s'observer au niveau des chromosomes sexuels. Les deux cas suivants sont les plus fréquents :

- le syndrome de Turner ou monosomie X

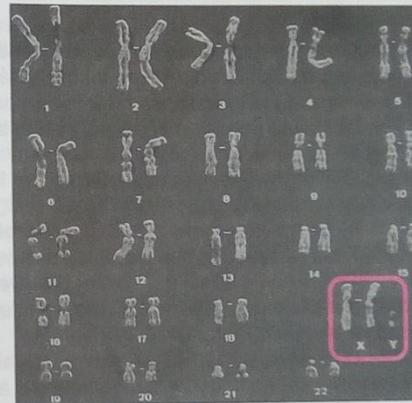
Les femmes atteintes sont de petite taille, stériles, car présentant des ovaires rudimentaires, les caractères sexuels secondaires ne se développent pas. Le caryotype de ces sujets montre 45 chromosomes, dont 44 autosomes normaux et un seul chromosome X. Le deuxième chromosome sexuel est absent, car l'un des deux gamètes responsables de la fécondation l'a perdu lors de la méiose. Leur intelligence est souvent normale. La fréquence moyenne est de 1/5 000. Seules les femmes sont atteintes.



Doc.12: Caryotype d'un individu atteint du syndrome de Turner

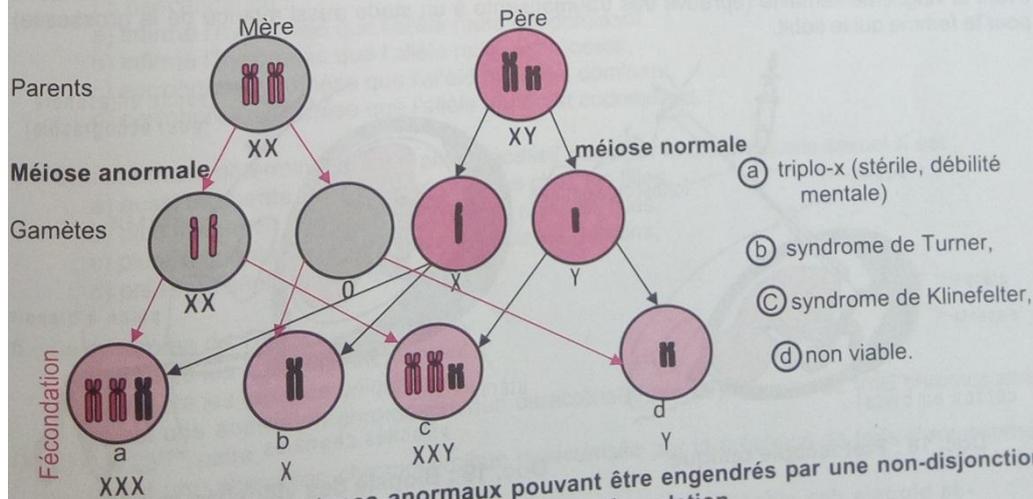
- le syndrome de Klinefelter

Les hommes atteints de ce syndrome présentent à la fois des caractères sexuels masculins (grande taille) et féminins (bassin large, léger développement des seins). Ils sont stériles car ils présentent des testicules rudimentaires qui ne produisent pas de spermatozoïdes (azoospermie). Le caryotype de ces sujets montre 47 chromosomes, dont 44 autosomes normaux et trois chromosomes sexuels, 2X et 1Y. La présence du chromosome X surnuméraire est due à un gamète responsable de la fécondation possédant deux chromosomes X. Ces individus présentent une intelligence inférieure à la normale. La fréquence moyenne est de 1/800.



Doc.13: Caryotype d'un individu atteint du syndrome de Klinefelter

Comme la trisomie 21, ces deux aberrations s'expliquent par un échec du mécanisme de disjonction des chromosomes au cours de la méiose chez l'un des parents. Il se forme des gamètes ayant une garniture anormale par la **non-disjonction** de la paire de chromosomes sexuels.



Doc. 14 : Différents caryotypes anormaux pouvant être engendrés par une non-disjonction des chromosomes X lors de la méiose suivie de la fécondation

NB : Les variations du nombre de chromosomes peuvent affecter n'importe quelle paire de chromosomes chez l'Homme.

IV - Conclusion : La nécessité des examens prénuptiaux et prénataux

1 - Les examens prénuptiaux

Pour prévenir les maladies héréditaires, les couples futurs doivent se soumettre à des examens prénuptiaux c'est-à-dire avant le mariage. En l'occurrence, l'**électrophorèse** de l'hémoglobine en vue d'éviter la drépanocytose et le **test de compatibilité rhésus** dans le but d'éviter la maladie hémolytique du nouveau-né.

2 - Les examens prénataux

Ils permettent de dépister l'anomalie sur l'enfant à naître.

Le diagnostic prénatal est envisagé dans trois types de situations :

- les parents ont déjà eu un enfant atteint : malformation congénitale, aberrations chromosomiques, maladies héréditaires ;

- l'un des parents présente un risque élevé de transmettre une affection. Il peut être porteur d'une anomalie chromosomique (translocation équilibrée), d'un gène récessif lié au chromosome X (femme conductrice de l'hémophilie) ou d'un gène dominant autosomique (chorée de Huntington) ;

- la mère appartient à un groupe à risque. Le cas le plus fréquent est lié à l'âge de la mère (supérieur à 38 ans) dont l'enfant présente plus de risque d'être atteint de trisomie.

Les méthodes utilisées dans le diagnostic prénatal peuvent être :

a) La visualisation du fœtus par échographie

C'est une méthode d'exploration utilisant la réflexion des ultrasons sur les organes, dont l'image est visualisée sur un moniteur vidéo. L'échographie assure une surveillance générale du déroulement de la grossesse. Réalisée dans le premier trimestre de la gestation, elle permet de déterminer avec précision l'âge du fœtus, de suivre son développement et d'estimer le volume du liquide amniotique.

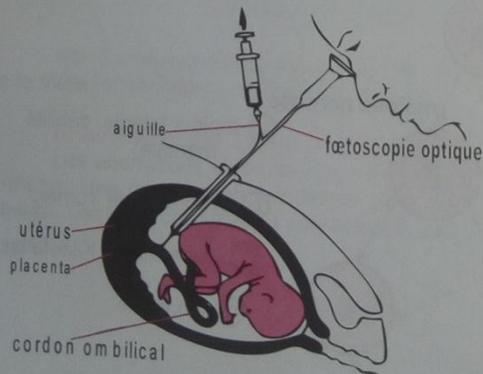
L'échographie est aussi utilisée par les médecins pour contrôler les prélèvements fœtaux.

b) Le prélèvement des cellules fœtales

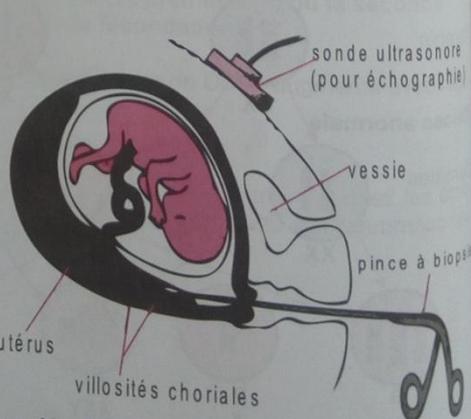
Trois techniques courantes sont mises en œuvre pour obtenir des cellules fœtales :

- l'**amniocentèse** qui est le prélèvement du liquide amniotique réalisé à partir de la 15^e semaine d'absence des règles (ce liquide, dans lequel baigne le fœtus, contient des cellules détachées de la peau).

- le **prélèvement du sang fœtal** dans le cordon ombilical peut être réalisé sous **fœtoscopie** ou sous échographie vers 18 à 20 semaines de grossesse. L'inconvénient majeur de ces deux premières techniques est qu'elles sont « tardives » : en cas de découverte d'une anomalie, une interruption volontaire de grossesse, décidée par le couple, ne peut être effectuée avant la vingtième semaine (épreuve très traumatisante à un stade aussi avancé de la grossesse) pour la femme qui le subit.



Doc. 18 : Fœtoscopie optique



Doc. 19 : Biopsie des villosités chorales

- la **biopsie des villosités chorales** est née de la nécessité qui s'est sentie de prélever des cellules fœtales à un stade plus précoce de la grossesse ; elle se pratique dès la 8^{ème} semaine et consiste à prélever des villosités (amas de cellulaires) d'origine fœtale grâce à une pince à biopsie introduite par le col de l'utérus, sous contrôle échographique.

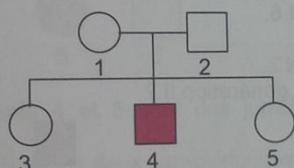
Exercices

Chapitre 7 : Quelques aspects de la génétique humaine

I - Restitution organisée des connaissances A - Questions à choix multiples

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 - Une maladie autosomique dominante :
 - a) ne s'exprime que chez les sujets portant l'allèle responsable à l'état homozygote,
 - b) se manifeste chez le père ou la mère d'un sujet atteint,
 - c) n'est jamais liée au sexe,
 - d) est toujours lié au sexe.
- 2 - Les anomalies chromosomiques sont :
 - a) généralement causées par des méioses anormales,
 - b) toujours des trisomies,
 - c) souvent transmises à la descendance,
 - d) des affections qui ne touchent que les garçons.
- 3 - Une maladie autosomique récessive :
 - a) ne s'observe dans la descendance de parents sains que s'ils sont homozygotes l'un et l'autre,
 - b) est beaucoup plus fréquente chez les garçons,
 - c) peut être relativement fréquente dans la population,
 - d) peut, être dans certains cas, détectée avant la naissance.
- 4 - Soit un caractère déterminé par la mutation d'un gène autosomique chez l'Homme et dont la transmission est observée sur l'arbre généalogique ci-après.



- Homme sain
- Homme malade
- Femme saine

La descendance :

- a) infirme l'hypothèse que l'allèle muté est dominant,
 - b) infirme l'hypothèse que l'allèle muté est récessif,
 - c) corrobore l'hypothèse que l'allèle muté est dominant,
 - d) corrobore l'hypothèse que l'allèle muté est codominant.
- 5 - Une anomalie déterminée par un allèle récessif porté par le chromosome sexuel X est :
 - a) aussi fréquente chez les garçons que chez les filles,
 - b) plus fréquente chez les garçons que chez les filles,
 - c) plus fréquente chez les filles que chez les garçons,
 - d) présente seulement chez le père.
 - 6 - Le syndrome de Turner :
 - a) affecte les hommes uniquement,
 - b) affecte les femmes uniquement,
 - c) est une aberration chromosomique caractérisée par la présence de trois chromosome (XXX) à la 23^{ème} paire,
 - d) est une aberration chromosomique caractérisée par la présence de trois chromosome (XXY) à la 23^{ème} paire.
 - 7 - Parmi les affections suivantes, une seule relève d'une mutation génique ;
 - a) le mongolisme,
 - b) le syndrome de Turner,
 - c) le syndrome de Klinefelter,
 - d) la drépanocytose.

B – Questions à réponses ouvertes

Exercice 1

Définissez les expressions suivantes :

- a) examens prénuptiaux,
- b) examens prénataux,
- c) anomalie chromosomique,
- d) gène autosomique
- e) gène gonosomique,
- f) anomalie génique.

Exercice 2

Une femme est enceinte et souffre d'une anomalie dont l'allèle, récessif, est porté par le chromosome X. Sa mère et sa cousine germaine du côté maternel n'en souffrent pas. Par contre son père et son cousin germain du côté paternel en souffrent.

- a) Construire un pedigree (arbre généalogique) où figurent les génotypes probables de tous les individus cités ici.
- b) L'échographie révèle que l'enfant attendu est de sexe masculin. Manifestera-t-il l'anomalie dont souffre sa mère ? Justifier votre réponse.

II – Exploitation des documents

Exercice 1

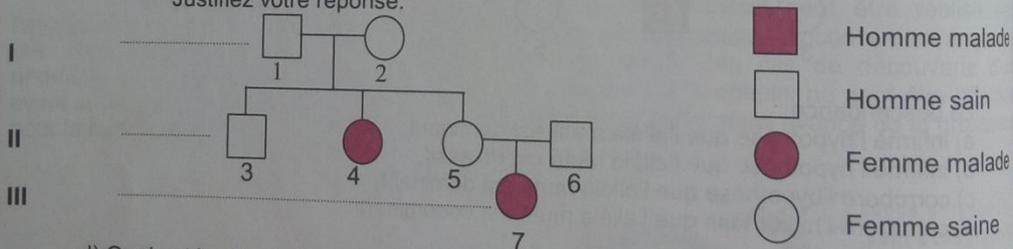
La drépanocytose est une maladie héréditaire (fréquente dans la race noire) caractérisée par la présence dans le sang, des hématies en forme de croissant ou en forme de faucille. Ces hématies contiennent de l'hémoglobine anormale.

Cette maladie est due à un allèle noté S alors que l'allèle normal est noté A.

- Un individu de génotype SS est drépanocytaire,
- Un individu de génotype AS ne peut présenter des symptômes de la maladie (dans tous les cas, il est normal).
- Un individu noté AA est normal.

On dispose de l'arbre généalogique à trois générations ci-dessous.

- a) Donnez les génotypes d'un individu normal.
- b) Donnez les génotypes des individus 5 et 6.
- c) Sachant que l'individu N°1 est AA,
 - * Donnez le génotype de l'individu N°2.
 - * Y a-t-il un enfant illégitime dans la génération II ?
 - * Justifiez votre réponse.



- d) Quel est le rôle de l'hémoglobine ?
- e) Dans quel type d'anomalies classez-vous la drépanocytose ?
- f) Pourquoi les sujets AS sont-ils appelés porteurs sains ?
- g) Comment peut-on encore les appeler ?
- h) Quel est le risque pour un homme et une femme tous AS d'avoir un enfant drépanocytaire ?
- i) Afin d'éviter d'avoir des enfants drépanocytaires, quel conseil pouvez-vous donner aux jeunes en âge de se marier ?

Exercice 2

Un homme daltonien (A) épouse une femme normale (B). Ils ont quatre enfants : deux garçons normaux, une fille normale et un garçon daltonien. La femme a un frère, une sœur daltonienne et une sœur normale. Cette sœur ayant épousé un homme normal a deux enfants : un garçon daltonien et une fille normale.

- a) Reconstituer l'arbre généalogique de cette famille en utilisant les symboles ci-dessous :
 - Homme normal,
 - Femme normale,
 - Homme daltonien,
 - Femme daltonienne.

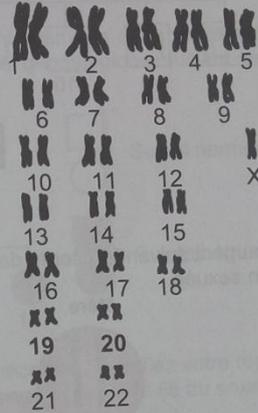
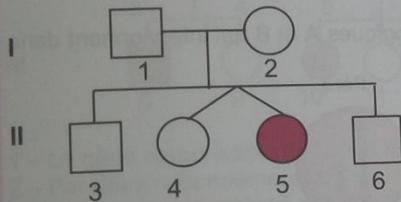
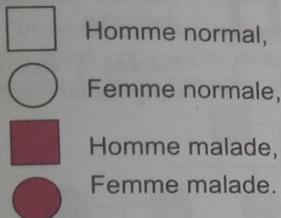
- b) Sachant que le caractère daltonien est récessif et lié aux chromosomes sexuels, est-il porté par le chromosome sexuel X ou Y ? Justifiez votre réponse.
 c) Quel est le génotype de l'homme (A) et celui de la femme (B) ?
 d) En vous fondant sur un raisonnement rigoureux, déterminer les génotypes possibles des parents de la femme (B).

Exercice 3

Un couple a quatre enfants dont deux filles et deux garçons. Chaque fois que l'une des filles est l'objet d'une blessure, elle perd énormément de sang, car chez elle la coagulation est très lente, voire absente.

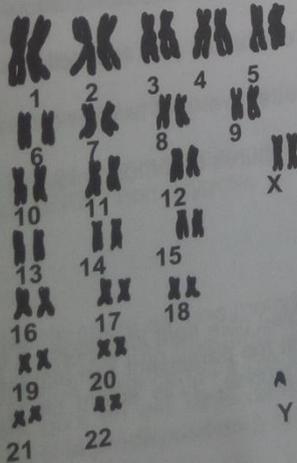
a) De quelle anomalie s'agit-il ?

Le gène de cette maladie est récessif et porté par le chromosome sexuel X. De plus, le gène de cette maladie est létal à l'état homozygote. L'arbre généalogique ci-dessous représente un cas particulier d'apparition de cette maladie dans une famille.



- b) Les enfants 4 et 5 sont des jumelles. Sont-elles de vraies ou fausses jumelles ? Pourquoi ?
 c) Donnez au moins deux caractéristiques de vrais jumeaux.
 d) La fille 5 est malade alors que ses parents sont normaux. Pourquoi peut-on s'étonner du fait que cette fille soit malade ?
 e) Sachant que le caryotype de cette fille est comparable à celui du document ci-dessus, expliquez ce cas particulier d'apparition de cette maladie chez un sujet de sexe féminin.
 f) A partir de l'analyse de ce caryotype, donnez la formule chromosomique de cette fille (faites ressortir le nombre d'autosomes et d'hétérochromosomes).
 g) On constate que cette fille présente une autre anomalie, nommez-la.

Exercice 4



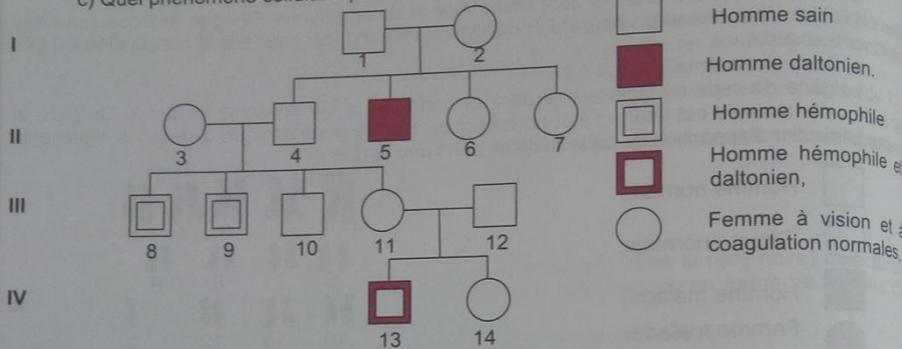
Le schéma ci-contre représente le caryotype d'un individu atteint du syndrome de Klinefelter.

- a) Qu'appelle-t-on caryotype ?
 b) Quel est le nombre de chromosomes de cet individu ?
 c) Ce caryotype est-il normal ? Dans le cas où il existe une anomalie, quelle est son origine.
 d) Donner la formule chromosomique de cet individu.
 e) Quel est le sexe de cet individu ? Justifier votre réponse.
 f) La probable anomalie évoquée en « c » est-elle héréditaire ? Justifiez votre réponse.

Exercice 5

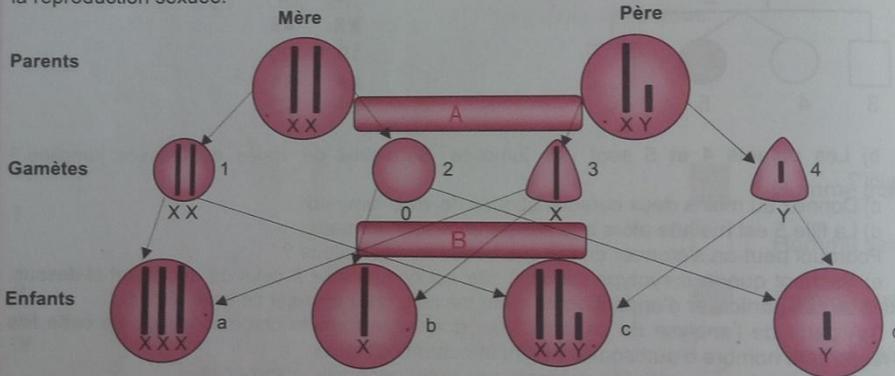
Le document ci-dessous représente l'arbre généalogique d'une famille dans laquelle deux anomalies gonosomiques ont été décelées ; le daltonisme et l'hémophilie.

- Qu'est ce qu'une hérédité gonosomique? (Précisez quels chromosomes portent les gènes).
- Quels sont les génotypes des individus I₁, I₂, II₃, II₄, III₁₁, IV₁₃ ?
- Quel phénomène cellulaire peut expliquer l'apparition de l'individu IV₁₃ ?



Exercice 6

Le document suivant présente deux phénomènes biologiques A et B qui interviennent dans la reproduction sexuée.



- Donnez le nom de ces phénomènes A et B.
- Parmi les 2 grands types de chromosomes que possèdent les animaux supérieurs, un seul a été représenté ici. De quel type de chromosome s'agit-il ?
- Comment s'appellent d'une part les cellules 1 et 2, et d'autre part les cellules 3 et 4 qui résultent du phénomène A ?
- Quelle grande anomalie peut-on déceler en observant attentivement le phénomène A chez la mère ?
- Les enfants a, b, c, et d ont-ils des caryotypes (garnitures chromosomiques) normaux ?
 - Justifiez votre réponse pour chacun des 4 cas.

III - Saisie de l'information biologique

Exercice 1

Un certain J Scott écrivait en 1777 :

«Je ne distingue aucun vert au monde : un rose et un bleu pâle sont identiques à mes yeux et je ne les reconnais pas l'un de l'autre. Un rouge et un vert foncé me paraissent semblables et je les ai souvent trouvés parfaitement assortis. Je distingue bien les jaunes, qu'ils soient clairs, foncés ou moyens et toutes les nuances du bleu sauf le bleu ciel.»

Il s'agit d'un défaut de famille. Mon père éprouve exactement le même inconvénient. Ma mère et une de mes sœurs distinguaient parfaitement les couleurs : mon autre sœur Cécile et moi-même avons l'anomalie. Cette dernière sœur a deux fils, tous les deux atteints, mais a une fille qui est tout à fait normale. J'ai un fils et une sœur a deux fils, tous les deux atteints, mais a une fille qui est tout à fait normale. Le propre frère de ma mère avait le même trouble que moi, tandis que ma mère, ainsi que je l'ai dit plus haut, reconnaissait bien les couleurs.»

Chapitre 7 : Quelques aspects de la génétique humaine

(D'après L.S. PENROSE, introduction à la génétique humaine.)

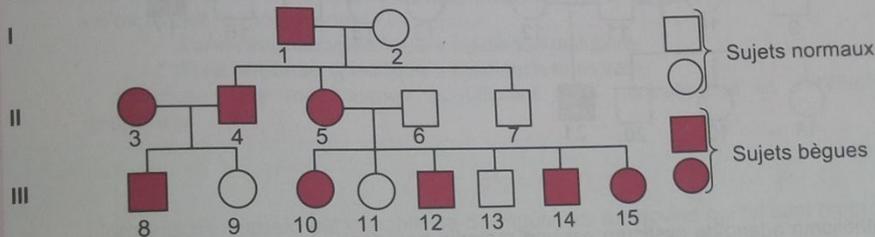
(«COURS ORIA, Terminale D, HATIER, page 282)

- 1 - Construire l'arbre généalogique conforme au texte en indiquant tous les individus cités et leurs génotypes.
- 2 - La maladie de Scott provient-elle de son père ou de sa mère ? Justifier votre réponse.
- 3 - Cécile a-t-elle hérité sa maladie de son père ou de sa mère ? Justifier votre réponse.

Baccalauréat C 2005 Cameroun. Partiel.

Exercice 2

On pense que certaines formes de bégaiement sont transmises de façon héréditaire. Cette anomalie étant compatible avec une vie normale. L'arbre généalogique suivant représente la transmission de cette anomalie au sein d'une famille.



- 1 - Le gène responsable de l'anomalie est-il dominant ou récessif ? Justifiez votre réponse.
- 2 - Par deux raisonnements différents, dites s'il s'agit d'un cas héréditaire lié au sexe.
- 3 - Donnez les génotypes des individus 1, 2, 5 et 10.
- 4 - Donnez l'interprétation chromosomique du mariage 3 par 4 et de leur descendance.
- 5 - La fille 11 se marie à un homme qui ne bégai pas. Quel est le risque pour ce couple d'avoir un enfant bègue ?

Exercice 3

Pierre appartient au groupe sanguin [A] du système ABO. Il est [Rh⁺]. Le père de Pierre est homozygote pour le système rhésus. La mère de Pierre est de groupe ORh⁻ [O]. Pierre est le deuxième enfant de sa famille. Il a un frère aîné, du groupe [O⁺] qui a dû subir à la naissance une exsanguino-transfusion à la suite d'un ictère hémolytique. Pierre a une fille daltonienne en même temps affectée par le syndrome de Turner, alors que sa femme est saine. Aucun membre de la famille de Pierre n'a présenté le signe de daltonisme.

- 1 - Construisez l'arbre généalogique de la famille de Pierre en précisant le phénotype de chaque membre
- 2 - Donnez le(s) génotype(s) de chaque membre de la famille pour les deux premiers caractères.
- 3 - Comment expliquez-vous l'anomalie chromosomique et le daltonisme chez l'enfant de Pierre ?
- 4 - Donnez le groupe sanguin prévisible de l'enfant de Pierre sachant que sa mère est du groupe [B⁺] ou (BRh⁺) homozygote.

Baccalauréat C 2009 Congo. Partiel.

Exercice 4

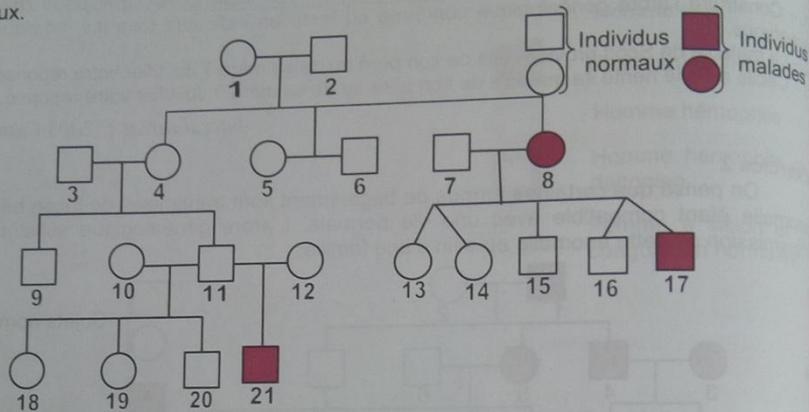
Le diabète sucré est une maladie qui se caractérise par un taux trop élevé de glucose dans le sang et la présence très fréquente du glucose dans les urines.

- 1 - On pense que dans certains cas de diabète, la prédisposition à cette maladie est héréditaire. En admettant qu'il en est ainsi dans le cas de cette famille, préciser par l'examen de l'arbre généalogique, si la prédisposition à cette maladie est transmise par le mode dominant ou récessif.

TERMINALE

- 2 – Donner le génotype de l'individu n°7 et expliquer votre réponse.
- 3 – L'enfant n°21 né des parents 11 et 12 est atteint de diabète. Pourrait-on espérer de ce couple, pour les prochaines naissances, des enfants de phénotype normal ?
- 4 – Justifier votre réponse.
- 5 – Le couple formé par les individus 7 et 8 a eu deux fois des jumeaux (13 et 14 d'une part, 16 et 17 d'autre part).

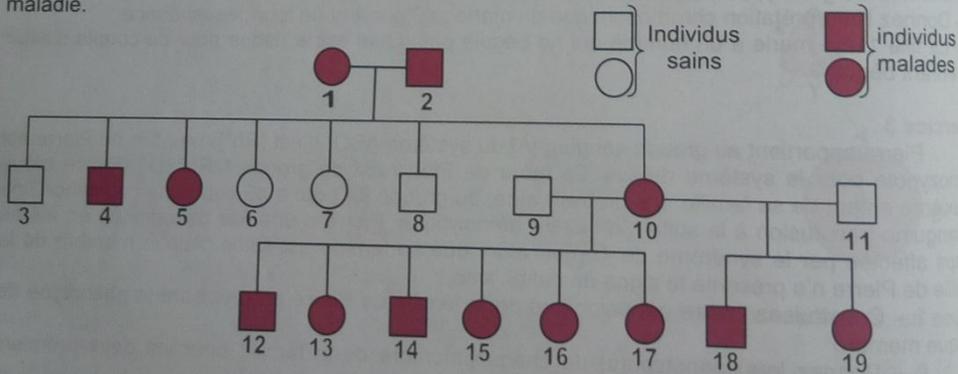
Expliquer, en exposant des arguments, si, dans chacun des deux cas, il s'agit de vrais ou de faux jumeaux.



Exercice 5

L'épithélioma adénoïde cysticum est une maladie héréditaire humaine qui se traduit par la présence des petits nodules colorés sur le visage. Le reste du corps porte également des nodules de dimensions variables.

Voici l'arbre généalogique d'une famille dont certains membres sont atteints par cette maladie.



- 1 – L'allèle responsable de cette maladie est-il récessif ou dominant ? Justifiez votre réponse.
 - 2 – Démontrez s'il s'agit d'un cas d'hérédité autosomique ou d'hérédité gonosomique.
 - 3 – Donnez les génotypes possibles des individus 1, 2, 6, 10, 11, 12 et 18.
- NB : La femme « 10 » a effectué deux mariages successifs avec les hommes « 9 » et « 11 ».

CHAPITRE 8 : LES MÉCANISMES DE L'IMMUNITÉ

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- de définir la notion de « soi » et identifier ses déterminants moléculaires,
 - de définir la notion de « non-soi » et identifier ses éléments,
 - d'expliquer la différence entre le soi et le non-soi,
 - d'identifier les cellules immunitaires de l'organisme,
 - de déterminer l'origine des cellules immunitaires,
 - d'expliquer la spécificité des lymphocytes B et T,
 - déterminer la structure de leur récepteur membranaire,
 - de décrire et de schématiser les différentes étapes de la phagocytose,
 - d'expliquer le mécanisme :
 - * d'une réponse spécifique à médiation cellulaire,
 - * d'une réponse spécifique à médiation humorale,
 - d'expliquer les mécanismes aboutissant à la neutralisation et à l'élimination des antigènes,

Les pré-requis

L'organisme humain est capable de distinguer les molécules qui lui sont propres, le soi de celles qui lui sont étrangères, le non-soi.

Le sang est constitué des hématies, des leucocytes et des plaquettes sanguines. Parmi ces cellules sanguines, les leucocytes ou globules blancs interviennent dans la réponse immunitaire.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Quelles sont les molécules de soi qui font la spécificité d'un individu ?
- Quelle est la différence entre le soi et le non-soi ?
- Quelles sont les principales cellules immunitaires ?
- Quelle est l'origine des cellules immunitaires ?
- Par quels mécanismes les lymphocytes B et les lymphocytes T assurent-ils la réponse immunitaire ?

I – Le soi

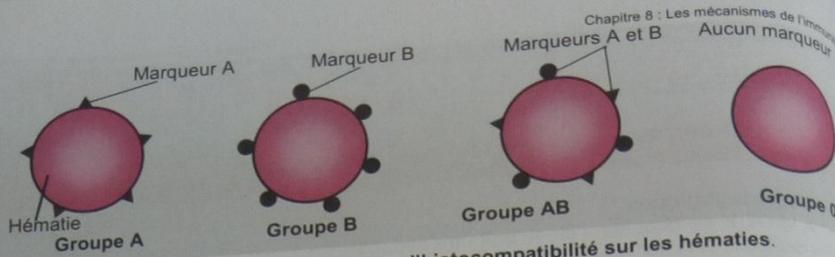
À l'exception des vrais jumeaux, chaque individu est unique. Grâce à son génome, il exprime des marqueurs membranaires qui lui sont propres : marqueurs du système ABO, facteurs rhésus, HLA...

1 – Les déterminants moléculaires du soi
a) Les groupes sanguins du système ABO et facteur rhésus

Les déterminants du système ABO et Rhésus sont encore appelés marqueurs mineurs d'histocompatibilité. Les déterminants du système ABO sont des glycoprotéines présentes sur la membrane des hématies. Le gène est localisé sur le chromosome n°9 de l'Homme. À partir d'une substance H, l'allèle A assure l'accrochage d'un marqueur A (groupe sanguin A), l'allèle B additionne un marqueur B (groupe sanguin B), alors que l'allèle 0 ne permet aucune liaison avec la molécule H (groupe 0).

Les groupes sanguins du système ABO sont donc déterminés par des glycoprotéines de surface portées par les hématies. Ces antigènes, appelés **agglutinogènes** existent sous trois formes, A, B ou O qui déterminent les quatre groupes sanguins, A, B, AB et O. Ces antigènes, que de nombreux individus peuvent posséder en commun et non de façon individuelle, sont de ce fait des **antigènes mineurs d'histocompatibilité**.

TERMINALE C



Doc. 1 : Les marqueurs mineurs d'histocompatibilité sur les hématies.

D'autres groupes sanguins plus rares existent : système Rhésus qui est gouverné par un ensemble de trois gènes liés, portés par le chromosome n°1 (gène C, D et E). Les individus portant l'antigène D sont qualifiés de rhésus positifs (ils représentent 85% de la population).

Expérience et observation

La transfusion du sang d'un donneur à un receveur peut entraîner chez ce dernier des troubles graves appelés accidents post-transfusionnelles pouvant conduire à la mort.

Les possibilités de transfusion sanguine entre les quatre groupes sanguins sont :

Receveur / Donneur	O	A	B	AB
O	+	+	+	+
A	-	+	-	+
B	-	-	+	+
AB	-	-	-	+

+ = Compatibilité
- = Incompatibilité

Deux cas sont possibles :

- Le sang du donneur est **accepté** par l'organisme du receveur : l'organisme du receveur a reconnu le sang du donneur comme étant le **soi** : Il y a donc **compatibilité**.
- Le sang du donneur est **refusé** par l'organisme du receveur : L'organisme du receveur l'a reconnu comme étant le **non-soi**. Il y a donc **incompatibilité**.

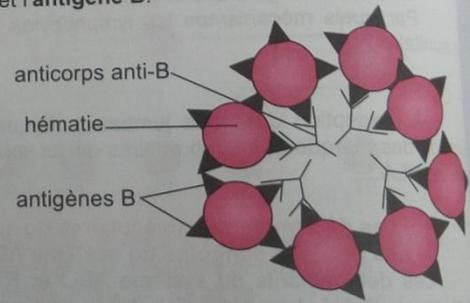
L'incompatibilité est liée à l'existence sur la membrane des globules rouges des **marqueurs du soi** appelé antigènes ou **agglutinogènes** à l'origine des réactions d'agglutination. Ces molécules sont de deux types : l'**antigène A** et l'**antigène B**.

Parallèlement, il existe dans le plasma deux types d'**anticorps** naturels ou **agglutinines** :

- les anticorps anti-A,
- les anticorps anti-B.

En se fixant sur les antigènes membranaires, ces derniers provoquent l'agglutination des hématies.

Par exemple, la transfusion du sang d'un donneur du groupe B à un receveur du groupe A donne le résultat ci-contre.



Doc. 2 : Schéma de l'agglutination

Remarque

Au laboratoire, la détermination des groupes sanguins se fait à l'aide des sérums tests contenant les anticorps spécifiques ou agglutinines suivant le tableau ci-dessous.

Sérums-tests			conclusions
avec agglutinine anti-A	avec agglutinine anti-B	avec agglutinines anti-A et anti-B	
			groupe A
			groupe B
			groupe AB
			groupe O

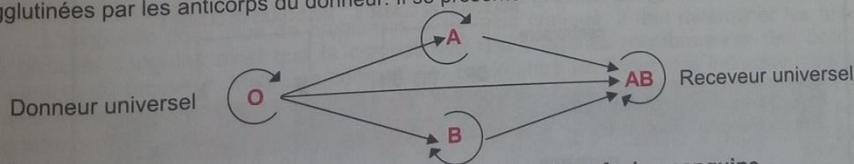
pas d'agglutination agglutination

Document 3 : Détermination des groupes sanguins au laboratoire

Le tableau suivant montre les anticorps et les antigènes des différents groupes sanguins.

	Groupe O	Groupe A	Groupe B	Groupe AB
Antigènes sur les hématies				
Anticorps				Pas d'anticorps.

Le schéma de la transfusion sanguine exige que les hématies du receveur ne soient pas agglutinées par les anticorps du donneur. Il se présente de la manière suivante :



Doc. 4 : Schéma du principe de la transfusion sanguine.

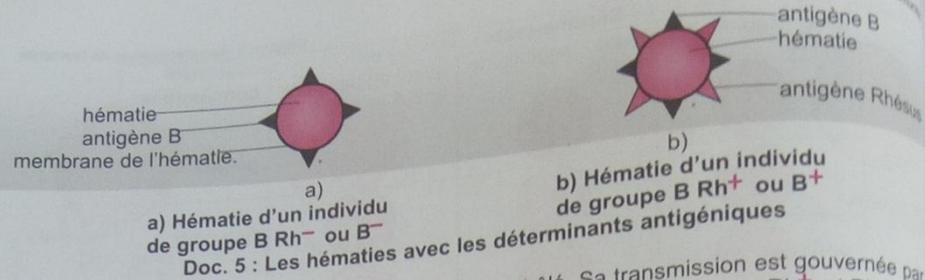
Mais en appliquant ce schéma, il se produit parfois des accidents inexplicables, indépendants du système AB0. D'où la découverte du facteur Rhésus en 1940.

b) Le système Rhésus

Il permet de classer les groupes sanguins selon la présence ou non d'antigène D ou antigène rhésus sur la membrane des globules rouges. Certains individus possèdent sur la membrane de leurs hématies l'antigène Rhésus. Ils sont dits **Rhésus positif (Rh⁺)**. Ceux qui ne le possèdent pas sont dits **Rhésus négatif (Rh⁻)**.

Remarque

Il n'existe pas d'anticorps anti-Rhésus naturels. Mais les individus Rhésus négatifs les synthétisent après un premier contact avec l'antigène Rhésus, à la suite d'une transfusion sanguine avec un donneur Rhésus positif ou au moment de l'accouchement d'un bébé Rhésus positif dont la mère est Rhésus négatif.



De même, cet antigène est génétiquement contrôlé. Sa transmission est gouvernée par un gène porté par la paire de chromosomes n°1. Il existe deux allèles possibles : Rh⁺ et Rh⁻. L'allèle Rh⁺ domine l'allèle Rh⁻.

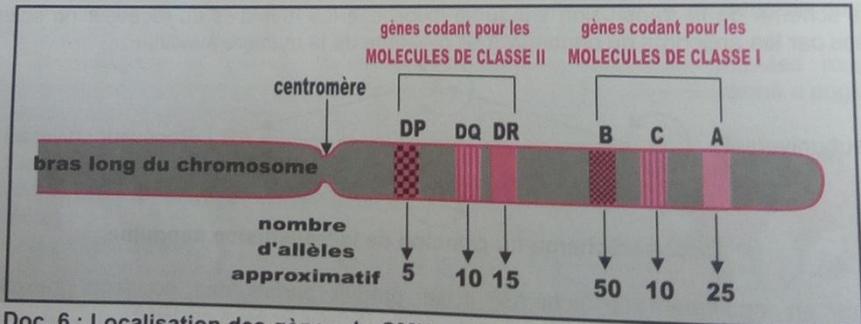
b) Le système HLA ou CMH ou marqueurs majeurs d'histocompatibilité

Les antigènes du complexe majeur d'histocompatibilité (ou Human Leucocyte Antigen HLA), portent ce nom parce qu'ils ont été trouvés pour la première fois sur les leucocytes humains. Ils sont des glycoprotéines (protéines liées à un sucre) membranaires formant une combinaison originale pour chaque individu, représentées en multiples exemplaires au niveau des membranes de toutes les cellules nucléées et responsables du rejet des greffes.

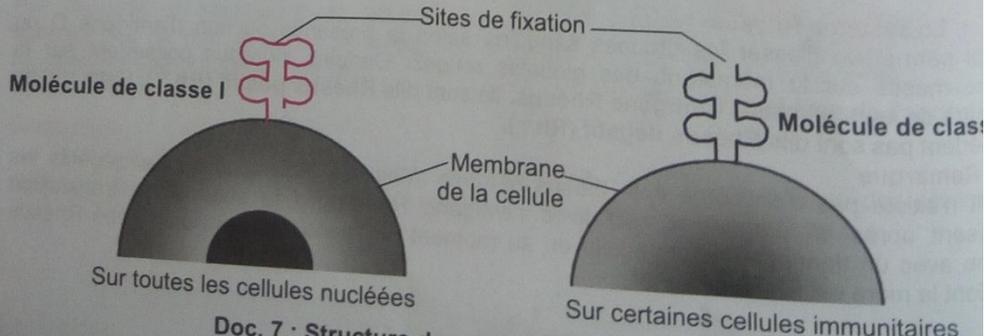
Le CMH est un ensemble de gènes étroitement liés codant pour les antigènes membranaires responsables du rejet de greffe. Le CMH est constitué par une vingtaine de gènes représentés sur le chromosome (Doc.6) dont 6 gènes principaux : 3 de classe I (A, B, C) et 3 de classe II (DR, DQ, DP) localisés sur le bras court de la paire de chromosomes n°6. Chaque individu possède cet ensemble de 6 gènes qui codent pour les molécules de HLA (CMH). Chaque gène est très polymorphe et la plupart des individus sont hétérozygotes. Le taux de crossing-over entre les gènes du CMH est très bas.

Les antigènes du CMH (molécules HLA) appartiennent à deux classes :

- les molécules de classe I sont présentes à la surface de toutes les cellules nucléées. Leur sommet constitue un site de fixation,
- les molécules de classe II sont portées par certaines cellules immunitaires (lymphocytes et macrophages). Leur extrémité est aussi un site de fixation.

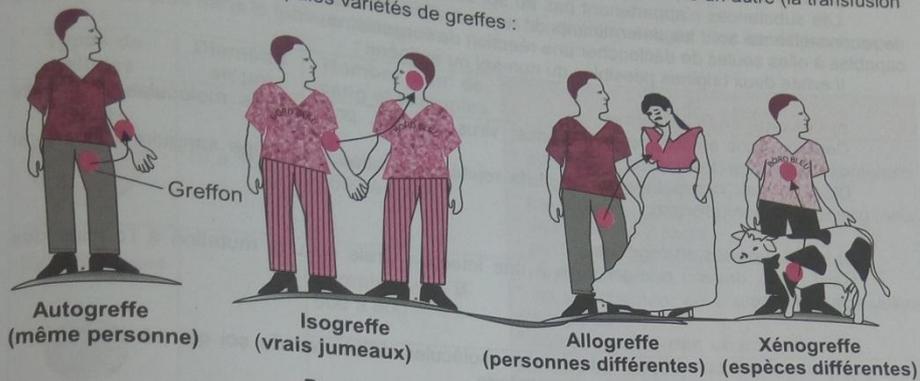


Doc. 6 : Localisation des gènes du CMH sur le bras court du chromosome n°6



Doc. 7 : Structure des molécules HLA et localisation

Une greffe est l'intégration du tissu ou d'un organe fonctionnel dans un autre (la transfusion sanguine est une greffe de tissu liquide).
Il existe quatre principales variétés de greffes :



Doc. 8 : Les différents types de greffe

- **L'autogreffe** est une greffe de tissus prélevés dans une région de l'organisme puis transplantés dans une autre sur la même personne. Le sujet sert à la fois de donneur et de receveur. La réussite est totale car les cellules greffées portent les marqueurs du soi.
- **L'isogreffe** est une greffe dans laquelle le donneur et le receveur sont génétiquement identiques (vrais jumeaux). Il y a toujours acceptation du greffon.
- **L'allogreffe** ou **homogreffe** est une greffe dans laquelle le greffon est emprunté à un sujet appartenant à la même espèce que le receveur, mais dont la formule génétique est différente. Le pourcentage de réussite dépend de la compatibilité du système ABO et du système HLA du donneur et du receveur.
- **La xéno greffe** ou **hétéro greffe** est une greffe dans laquelle le donneur et le receveur n'appartiennent pas à la même espèce (transplantation du cœur d'un babouin à un être humain).

Dans le cas des autogreffes et des isogreffes, la réussite est toujours totale, car le greffon provient d'un donneur idéal. Les protéines du CMH et les groupes sanguins sont identiques. L'allogreffe pose plus de problèmes et est plus pratiquée. Il faut déterminer les antigènes des groupes sanguins ainsi que la compatibilité des antigènes membranaires des cellules du donneur et du receveur. Mais une compatibilité totale entre les tissus des individus sans lien de parenté est impossible. Pour minimiser les phénomènes de rejet de greffe, on s'efforce de trouver un greffon dont les antigènes du CMH ressemblent le plus possible à ceux du receveur. Après la greffe, le patient doit suivre un traitement immunosuppresseur (destiné à déprimer le système immunitaire) pour prévenir le **rejet du greffon**.

Le rejet de greffe est l'œuvre des lymphocytes T. En effet, les lymphocytes T se lient aux antigènes HLA des cellules transplantées en l'absence d'anticorps étrangers. Quant aux xéno greffes, l'insuffisance des tissus/organes des donneurs humains a conduit à utiliser les animaux comme donneurs. En particulier, le porc est une source convenable de tissus transplantables. Cependant, il n'a pas été possible jusqu'à présent de greffer un organe entier.

2 - Définition du soi

Le soi d'un individu est donc défini par l'ensemble des **particularités moléculaires** résultant de l'expression de son génome.

II - Le non-soi

La plupart des antigènes sont de grosses molécules complexes que l'on ne trouve pas normalement dans notre organisme. Par conséquent, notre système immunitaire les considère comme des intrus ou le non-soi.

1 – Les déterminants du non-soi

Les substances n'appartenant pas au soi sont reconnues par l'organisme et les structures de reconnaissance sont les déterminants du non-soi. Ce sont des plus petites fractions du non-soi capables à elles seules de déclencher une réaction de l'organisme.
Il existe deux origines possibles du non-soi ou antigène :

a) Les antigènes exogènes

Certains sont pathogènes : bactéries, virus, levures, protozoaires molécules chimiques d'origine microbienne (toxine)...
D'autres sont non pathogènes : greffe rejetée, hématies du groupe sanguin différent du sien, grains de pollen (allergie).

b) Les antigènes endogènes

C'est le soi devenu non-soi suite à une infection virale ou une mutation à l'origine des cellules cancéreuses.

2 – Définition du non-soi

Le non-soi est constitué par toutes les molécules différentes du soi qui pénètrent dans l'organisme et provoquent une réaction immunitaire.

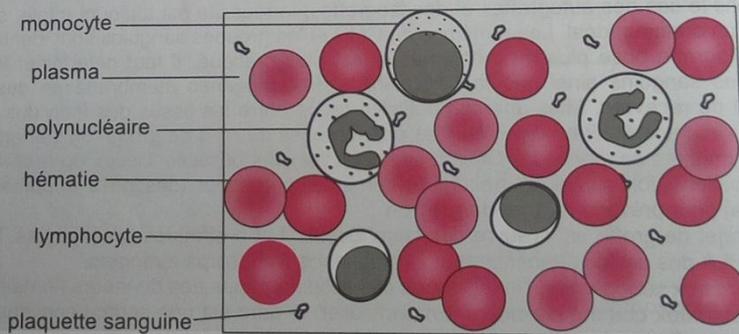
La différence entre le soi et le non-soi peut être représentée par le tableau suivant :

Le soi	Le non-soi
<ul style="list-style-type: none"> - est codé par le génome, - ne déclenche pas de réaction immunitaire, - est accepté par l'organisme. 	<ul style="list-style-type: none"> - n'est pas codé par le génome, - déclenche toujours une réaction immunitaire, - est reconnu comme étranger par l'organisme, - est rejeté ou détruit par l'organisme.

III – Les bases de l'immunocompétence

1 – Les principales cellules immunitaires

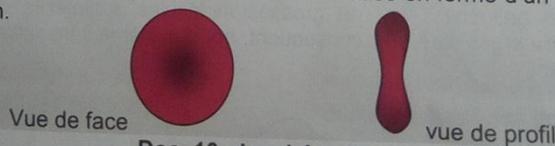
On prélève une goutte de sang qu'on dépose sur une lame en verre. À l'aide d'une lamelle, on l'étale. Après coloration, on la couvre à l'aide d'une autre lamelle : c'est le frottis sanguin prêt à l'observation au microscope.



Doc.9 : Frottis sanguin

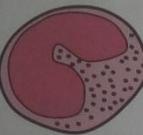
L'observation du frottis sanguin humain sanguin au microscope optique après coloration montre des **éléments figurés** dans une matrice liquide appelée **plasma**. Les éléments figurés sont composés :

- des petites cellules sans noyau : ce sont les hématies en forme d'un disque biconcave de diamètre d'environ 7µm.



Doc. 10 : Les hématies

- des plaquettes. Ce sont des fragments de cellules qui interviennent dans la coagulation du sang.
 - des cellules nucléées moins abondantes que les globules rouges dont les différents types sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Types de cellules	Diamètre en μm	Nombre / mm^3 de sang et exemples	Particularités
Granulocytes 	10 à 15	Polynucléaires 4 500 à 5 500	<ul style="list-style-type: none"> * noyau multilobé, * sont aussi appelés polynucléaires en raison de leur noyau polylobé, * traversent la paroi des capillaires, * vivent de 1 à 3 jours, * assurent la phagocytose des bactéries.
Lymphocytes 	7 à 9 jusqu'à 15	Lymphocytes B 600 à 800	<ul style="list-style-type: none"> * noyau sphérique, * se transforme en plasmocytes sécréteurs d'anticorps, * courte durée de vie.
		Lymphocytes T 1 200 à 1 500	<ul style="list-style-type: none"> * noyau sphérique, * nombreux types aux fonctions diverses, - les LT4 ou T auxiliaires dont l'activité est nécessaire au développement des clones de LB spécifiques de l'antigène, - les LT8 ou cytotoxiques qui détruisent les cellules infectées ou modifiées, * les lymphocytes T ont une durée de vie longue.
Monocytes 	15 à 30	Macrophages 300 à 600	<ul style="list-style-type: none"> * grosses cellules à noyau présentant une encoche en forme de haricot. * doués de phagocytose. * quittent le sang, se transforment en macrophages dans les tissus et phagocytent les microbes.

Doc. 11 : Principales caractéristiques des différents leucocytes.

Les cellules du système immunitaire sont les leucocytes (ou globules blancs). On les rencontre soit :

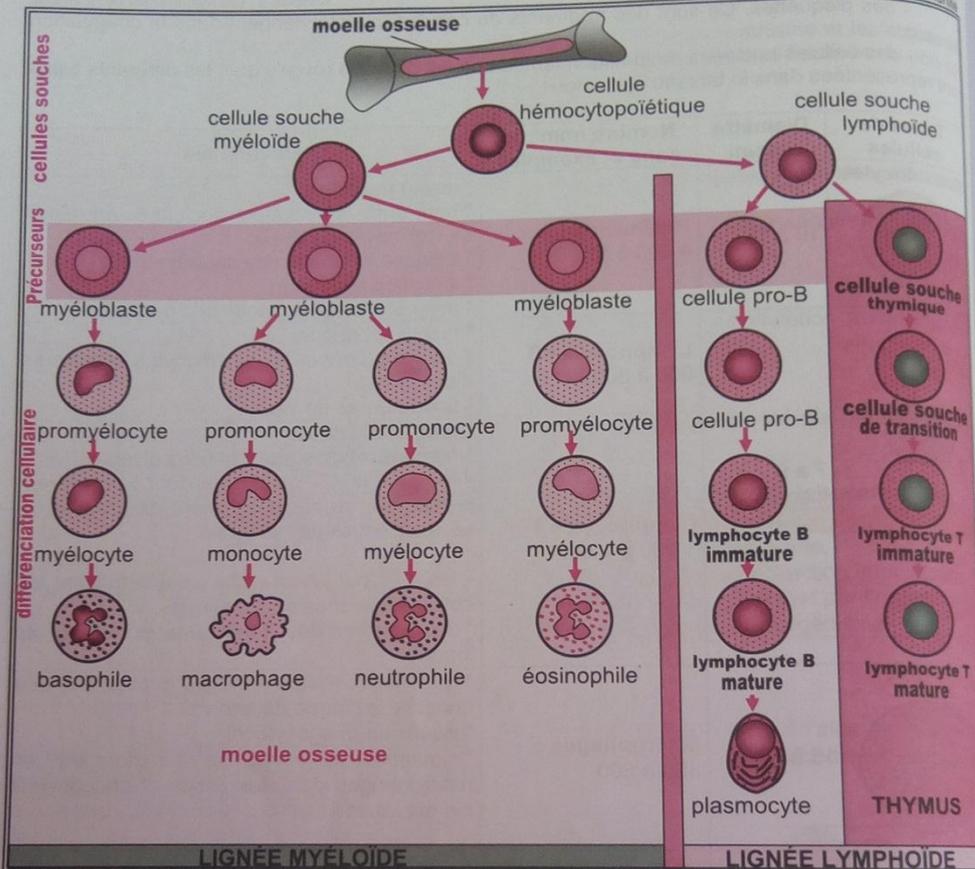
- dans le sang et la lymphe (le liquide circulant) : granulocyte, lymphocytes et monocytes,
- dans différents autres organes : poumons, foie, reins, rate (leucocytes tissulaires) : macrophage essentiellement.

2 – Origine et maturation des cellules immunitaires

a) Origine

Les cellules impliquées dans la réponse immunitaire proviennent des cellules souches pluripotentes présentes dans le foie fœtal puis dans la moelle osseuse chez le fœtus, et dans la seule moelle osseuse après la naissance. Elles donnent naissance aux éléments figurés du sang. Dès le début, on note deux souches de cellules :

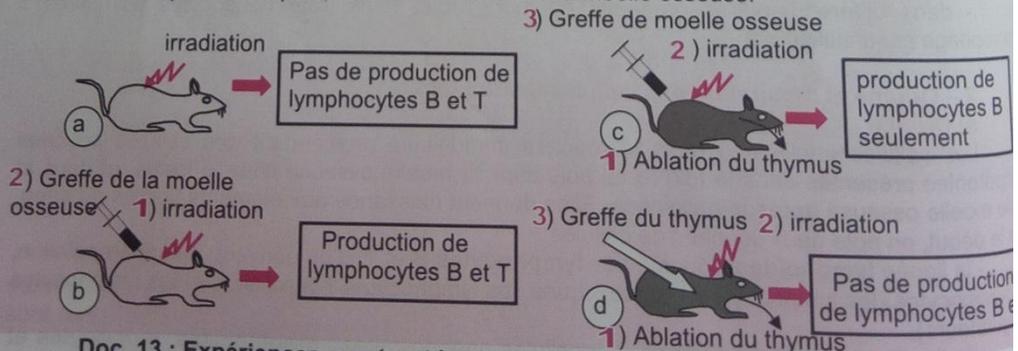
- la lignée **lymphoïde** à l'origine des **lymphocytes B** et **T**, d'où dérivent, par différenciation, les plasmocytes (les lymphocytes T cytotoxiques, les lymphocytes T auxiliaires et les lymphocytes T régulateurs),
- la lignée **myéloïde**, à l'origine des cellules phagocytaires : **granulocytes**, **monocytes** et **macrophages**.



Doc. 12 : Origine, formation et développement des cellules immunitaires

b) La maturation des lymphocytes B et T

Des greffes sont pratiquées sur quatre lots de souris. L'irradiation a pour effet de tuer les cellules à multiplication rapide, notamment celles de la moelle osseuse.



Doc. 13 : Expériences montrant les lieux de maturation des lymphocytes B et T

L'analyse de cette expérience montre que :

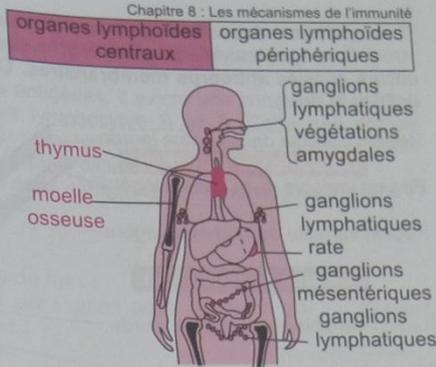
- la moelle osseuse participe à la production de deux types de lymphocytes (cf a et b).
- la moelle osseuse à elle seule ne permet que la production de LB.
- le thymus est nécessaire mais non suffisante pour la production des LT.

La maturation des lymphocytes se traduit par la mise en place des récepteurs membranaires spécifiques et correspond à l'acquisition de l'immunocompétence par ces cellules.

La maturation se déroule dans les **organes lymphoïdes centraux** ou **organes lymphoïdes primaires**, la moelle osseuse et le thymus qui sont également les lieux de prolifération des lymphocytes.

Les **lymphocytes B** effectuent leur maturation dans le **foie** et la **rate** chez le fœtus et dans la **moelle osseuse** chez l'adulte.

La maturation des **lymphocytes T** commence dans la **moelle osseuse** et s'achève dans le **thymus** (d'où leur nom), organe lymphoïde situé à la base du cou.



Doc. 14 : Localisation des organes lymphoïdes

Les **lymphocytes B** et **T** matures et les macrophages quittent définitivement ces organes lymphoïdes centraux et migrent vers les **organes périphériques** ou **organes lymphoïdes secondaires** (ganglions lymphatiques, rate, amygdales, végétations, plaques de Peyer de l'intestin...) ou bien circulent dans le milieu intérieur.

C'est donc au niveau des organes lymphoïdes périphériques que les molécules du non-soi, entraînées par le sang ou la lymphe, rencontrent les cellules du système immunitaire.

L'immunocompétence est la capacité à distinguer le soi du non-soi. Elle est acquise lorsque les cellules du système immunitaire possèdent les récepteurs nécessaires à la reconnaissance du non-soi.

3 - Les structures de reconnaissance du non-soi

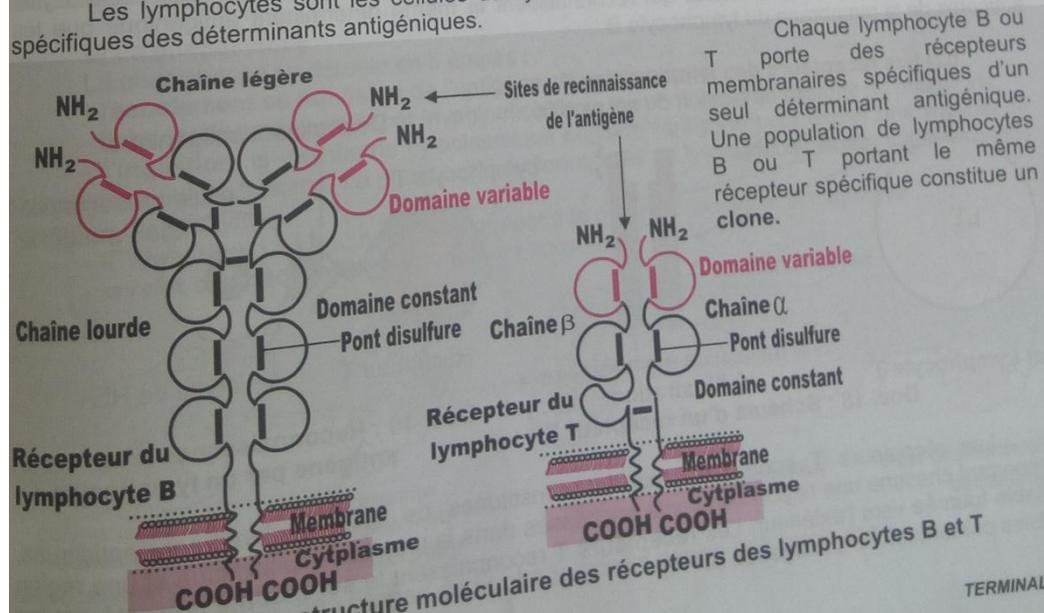
Les cellules immunitaires portent au niveau de leur membrane des protéines ou **récepteurs membranaires** permettant la reconnaissance du non-soi.

a) Les récepteurs des macrophages et des granulocytes

Les macrophages et les granulocytes possèdent des récepteurs membranaires à spécificité large reconnaissant un grand nombre d'antigènes

b) Les récepteurs des lymphocytes

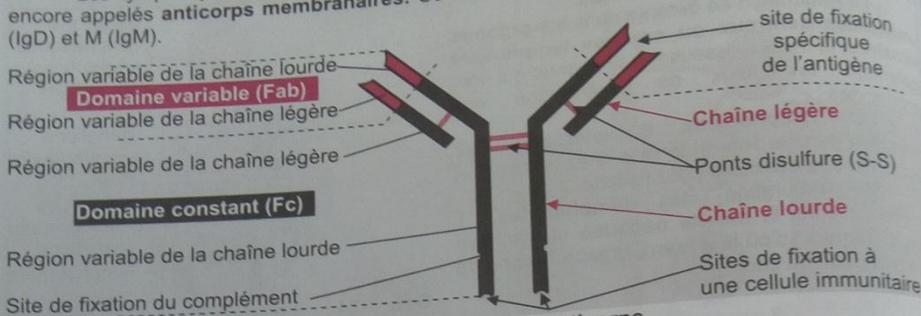
Les lymphocytes sont les cellules du système immunitaire qui possèdent des récepteurs spécifiques des déterminants antigéniques.



Doc. 15 : Ultrastructure moléculaire des récepteurs des lymphocytes B et T

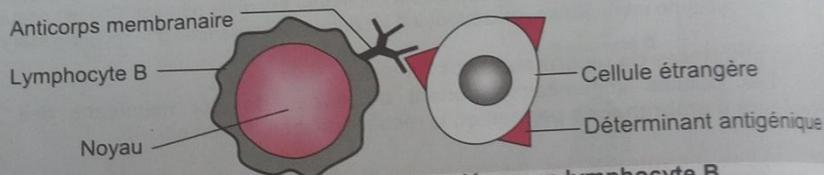
TERMINALE

b1) Les récepteurs des lymphocytes B ou anticorps membranaires
 Les lymphocytes B portent à la surface de leur membrane plasmique des récepteurs encore appelés **anticorps membranaires**. Ce sont des immunoglobulines (ou Ig) de la classe D (IgD) et M (IgM).



Doc. 16 : Schéma d'un anticorps

Chaque récepteur B est une molécule constituée de quatre chaînes polypeptidiques identiques deux à deux. Les chaînes sont reliées par des ponts disulfure. Chaque anticorps est constitué d'une région variable à une extrémité, et d'une région constante beaucoup plus volumineuse. À l'extrémité de chaque partie variable se trouve le site de fixation de l'antigène dont la forme est complémentaire à un déterminant antigénique spécifique.

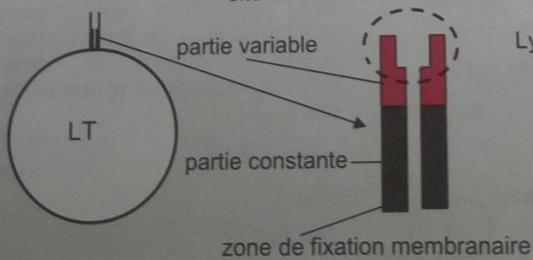


Doc. 17 : Reconnaissance d'un antigène isolé par un lymphocyte B

La combinaison avec l'antigène résulte à la fois de la complémentarité spatiale et de l'affinité chimique entre l'anticorps et le déterminant antigénique.

Les lymphocytes B spécifiques d'un antigène prolifèrent et se différencient en plasmocytes sécréteurs d'**anticorps circulants** qui reconnaissent le même déterminant antigénique que les anticorps de la membrane du lymphocyte B.

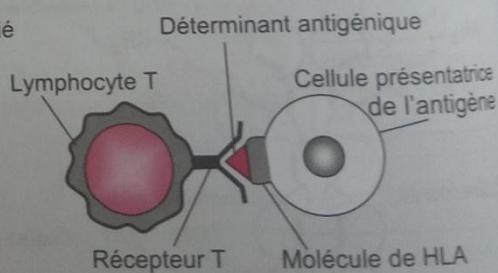
b2) Les récepteurs des lymphocytes T
 site de fixation du soi modifié



a) Lymphocyte T

b) Illustration

Doc. 18 : Schéma d'un récepteur T.



Doc. 19 : Reconnaissance d'un antigène par un lymphocyte T

Les récepteurs T sont des protéines constituées de deux chaînes polypeptidiques comportant chacune une région constante enchâssée dans la membrane plasmique et une région variable tournée vers l'extérieur. Les **récepteurs T** reconnaissent le **soi modifié** présenté par les cellules présentatrices d'antigènes (CPA).

Les récepteurs T sont produits à la suite de la recombinaison dans les lymphocytes T immatures de gènes nommés V (pour variable), D (pour diversité), J (pour jonction) et C (pour constant).

Dès la naissance, avant tout contact avec les antigènes, il existe une immense variabilité des **récepteurs monospécifiques** localisés sur les lymphocytes B et T. Cette très grande diversité des récepteurs membranaires confère à l'organisme la possibilité de reconnaître plusieurs centaines de millions de déterminants antigéniques différents. L'ensemble des récepteurs exprimés par les deux catégories de lymphocytes (LB et LT) constitue le **répertoire immunologique**.

IV - La réponse immunitaire

1 - La réponse immunitaire non spécifique ou innée

L'organisme s'oppose en permanence à la pénétration ou à l'invasion par un élément étranger, par des moyens de défense non spécifiques :

- les barrières naturelles,
- l'inflammation,
- la phagocytose,
- les interférons contre les virus,
- le système de complément.

a) Les barrières naturelles

Elles sont la première ligne de défense de l'organisme. Elles s'opposent à la pénétration des microbes. En fonction de leur modalité d'action, elles sont classées en barrières **anatomiques** (peau et muqueuses), **chimiques** (sueur, larme, suc gastrique), **biochimiques** (enzymes bactériolytiques), **écologiques** (bactéries non pathogènes du tube digestif qui entretiennent des conditions défavorables à l'implantation d'autres microbes).

b) L'inflammation

Lorsque la première ligne de défense de l'organisme est franchie (en cas d'une blessure par exemple), il y a infection ; c'est-à-dire pénétration et développement des microbes dans l'organisme. La deuxième ligne de défense de l'organisme entre en jeu. L'inflammation est généralement le premier signe apparent de l'infection. Cette réaction inflammatoire est caractérisée par :

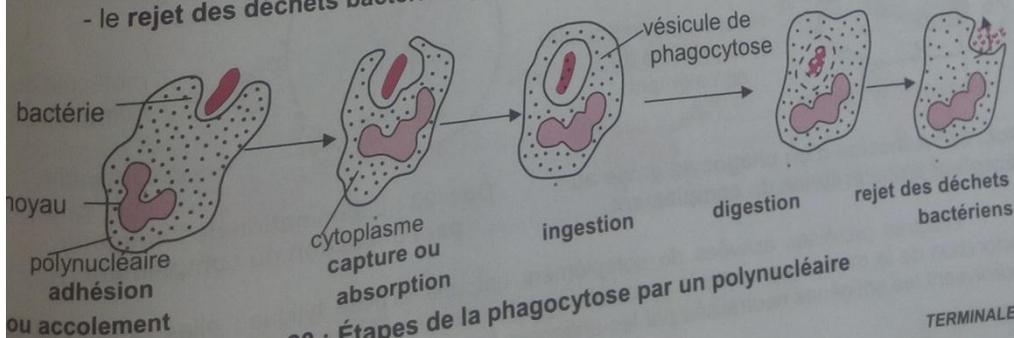
- une **rougeur** et une **chaleur** dues à une dilatation des capillaires et au ralentissement de la circulation du sang,
- un **gonflement** provoqué par une fuite du plasma vers les tissus,
- une **douleur** due à une stimulation des terminaisons nerveuses par les toxines bactériennes.

Au même moment, certains globules blancs attirés par les antigènes sortent des vaisseaux sanguins par diapédèse et se dirigent vers le lieu de l'infection où il y aura **phagocytose**.

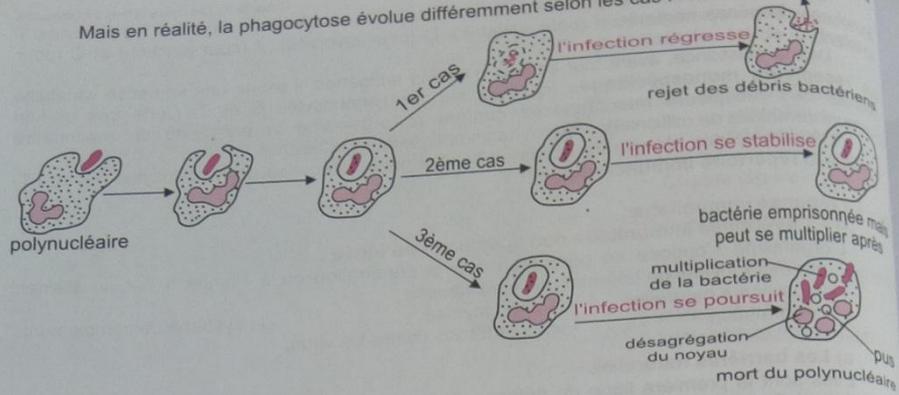
c) La phagocytose

La phagocytose se déroule en 5 étapes :

- l'**accolement** ou **adhésion** de l'antigène sur le phagocyte
- l'**absorption** ou capture par invagination de la membrane cytoplasmique du phagocyte,
- l'**ingestion**, la membrane cytoplasmique englobe l'antigène pour former une vacuole de phagocytose ou phagosome. Le phagosome fusionne avec un lysosome qui contient des enzymes digestives ou lysozyme
- la **digestion**. Les lysozymes s'attaquent à la paroi du non-soi et le fragmente.
- le **rejet des déchets bactériens** par exocytose.



Mais en réalité, la phagocytose évolue différemment selon les cas :



Doc. 21 : Évolution de la phagocytose

Remarque

Dans le cytoplasme du macrophage les petites molécules issues de la digestion du corps étranger sont associées à une molécule du CMH dans le rein puis dans l'appareil de Golgi et placées à la surface du phagocyte. Le macrophage devient alors une **cellule présentatrice d'antigène (CPA)** et prépare ainsi la réponse immunitaire spécifique.

d) Les interférons contre les virus

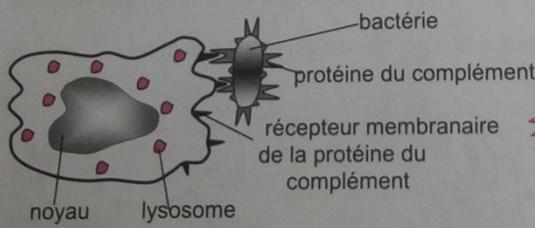
Une cellule infectée par un virus sécrète des protéines appelées interférons qui se fixent sur des récepteurs membranaires des cellules voisines. Ces cellules ainsi sensibilisées, produisent dans leur cytoplasme des protéines antivirales qui, en cas de pénétration d'un virus, s'opposent à sa multiplication.

e) Le système du complément

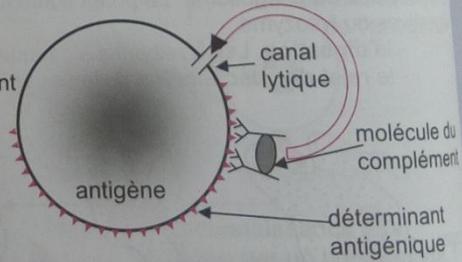
Le complément est constitué d'une vingtaine de protéines plasmatiques fabriquées par le foie (dont 9 sont très importantes), inactives hors infection et qui sont activées en cascade au contact d'antigènes portés par certains microorganismes ou en présence d'anticorps.

Lors de la réaction inflammatoire, simultanément à l'augmentation du flux sanguin et à l'augmentation de la perméabilité capillaire permettant à des molécules du plasma de traverser les capillaires, l'activation de certaines protéines du complément entraîne :

- l'attraction des phagocytes par chimiotactisme,
- la facilitation de la phagocytose : le complément activé recouvre les bactéries et favorise leur adhésion aux récepteurs membranaires des phagocytes.



Doc. 22 : Adhésion d'un phagocyte grâce au récepteur à une protéine du complément

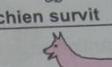
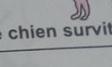
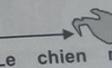


Doc. 23 : L'élimination de l'antigène par l'utilisation du complément

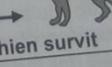
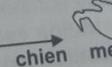
D'autres protéines activées du complément ont une activité lytique ; elles entraînent la perforation de la membrane ou de la paroi des agents infectieux et provoquent leur mort ou elles hydrolysent les antigènes neutralisés par les anticorps.

- La réponse immunitaire spécifique ou acquise
 a) Mise en évidence des deux modalités d'une réponse immunitaire spécifique

Expérience 1 : Cas du tétanos

t = 1er jour		t = 15 jours plus tard	Résultats
I	animal témoin : chien	injection de toxine tétanique.	 Le chien meurt de tétanos.
II	injection d'anatoxine tétanique.	injection de toxine tétanique.	 Le chien survit
III	injection du sérum prélevé chez un animal guéri du tétanos	injection de toxine tétanique.	 Le chien survit
IV	injection des lymphocytes prélevés chez un animal guéri du tétanos	injection de toxine tétanique	 Le chien meurt de tétanos
V	injection du sérum prélevé chez un animal guéri du tétanos	injection de toxine diphtérique.	 Le chien meurt de diphtérie

Expérience 2 : Cas de la tuberculose

t = 1er jour.		t = 15 jours plus tard.	Résultats
I	animal témoin : le chien.	injection de bacilles de Koch	 Le chien meurt de tuberculose
II	injection de BCG.	injection de bacilles de Koch	 Le chien survit
III	injection du sérum prélevé chez un animal guéri de la tuberculose	injection de bacilles de Koch	 Le chien meurt de tuberculose
IV	injection de lymphocytes prélevés chez un animal guéri de la tuberculose	injection de bacilles de Koch	 Le chien survit

TERMIN

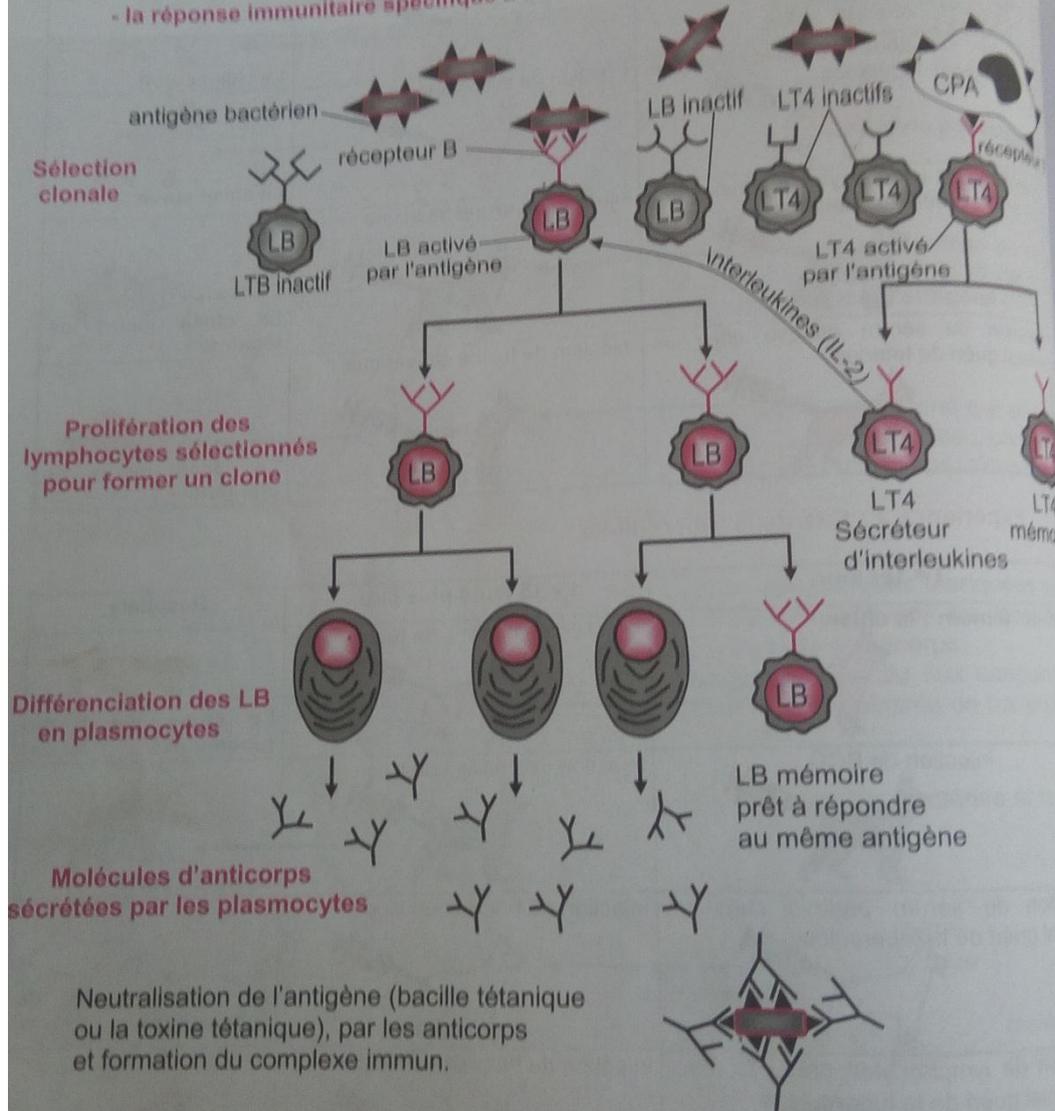
Conclusions

L'expérience 1 montre que la protection contre le tétanos est assurée par les anticorps contenus dans le sérum. On dit alors que la **réponse immunitaire est à médiation humorale**. C'est une réponse spécifique car le sérum qui protège contre le tétanos ne protège pas contre la diphtérie.

L'expérience 2 montre que la protection contre la tuberculose est assurée par les lymphocytes. On dit que la **réponse immunitaire est à médiation cellulaire**.

Contrairement à la réponse immunitaire non spécifique, l'organisme met en jeu deux types de réponses immunitaires spécifiques :

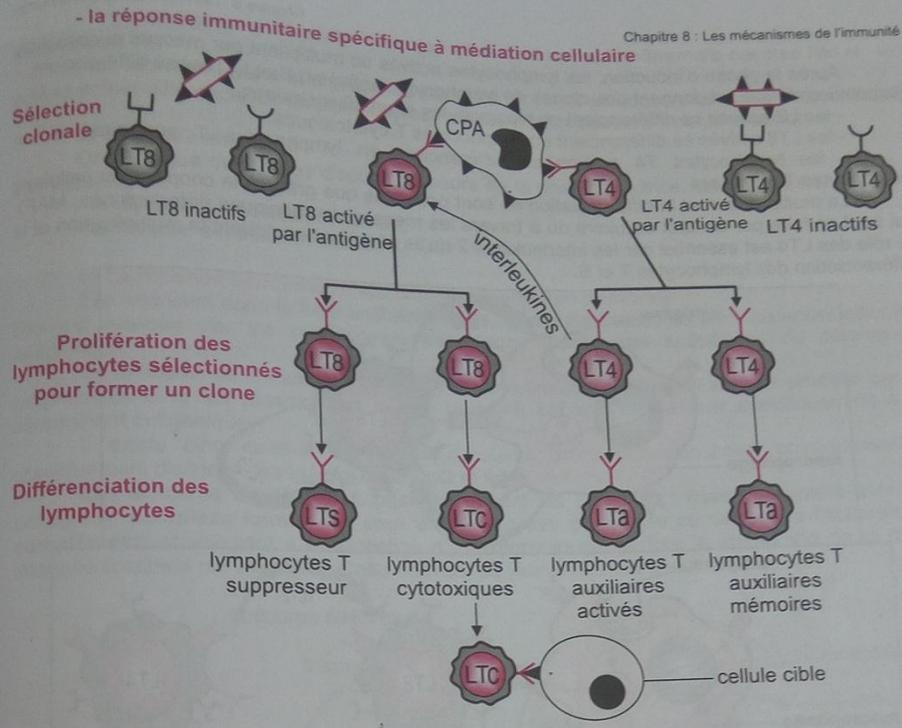
- la réponse immunitaire spécifique à médiation humorale



Doc. 24 : Etapes de la réaction immunitaire à médiation humorale

Les mécanismes d'action des anticorps comprennent :

- la fixation du complément,
- la neutralisation,
- la précipitation,
- l'agglutination.



Doc. 25 : Etapes de la réaction immunitaire cellulaire

2 - Les phases d'une réponse immunitaire spécifique

- Elles se divisent en trois phases :
- la phase d'induction,
 - la phase d'amplification et de différenciation,
 - la phase effectrice.

a) La phase d'induction (ou sélection clonale)

Elle a lieu dans les organes lymphoïdes périphériques (rate, ganglions lymphatiques) lorsqu'un déterminant antigénique est reconnu par l'un des lymphocytes immunocompétents. Les lymphocytes B et T, dont le récepteur membranaire est complémentaire d'un déterminant antigénique, sont retenus lors de leur contact avec ce déterminant. C'est la **sélection clonale**. Cependant, pour les LB, la **reconnaissance** a lieu au cours d'un contact direct avec l'antigène ; pour les LT, il faut une cellule présentatrice d'antigène. Cette différence implique que les **LB** reconnaissent les éléments restant à l'extérieur des cellules (**antigènes solubles** comme les toxines et la plupart des bactéries), et que les **LT** reconnaissent les éléments qui entrent naturellement dans les cellules (**virus**) ou qui sont phagocytés ; ainsi que les **cellules cancéreuses** ou **greffées**.

La reconnaissance spécifique des déterminants antigéniques par les LB et les L sélectionnés déclenche leur **activation** (passage des lymphocytes d'un état de repos à un état de grande activité cellulaire et moléculaire) : à la suite du contact, les LB par exemple se réveillent et expriment à leur surface les récepteurs à interleukines (IL-2).

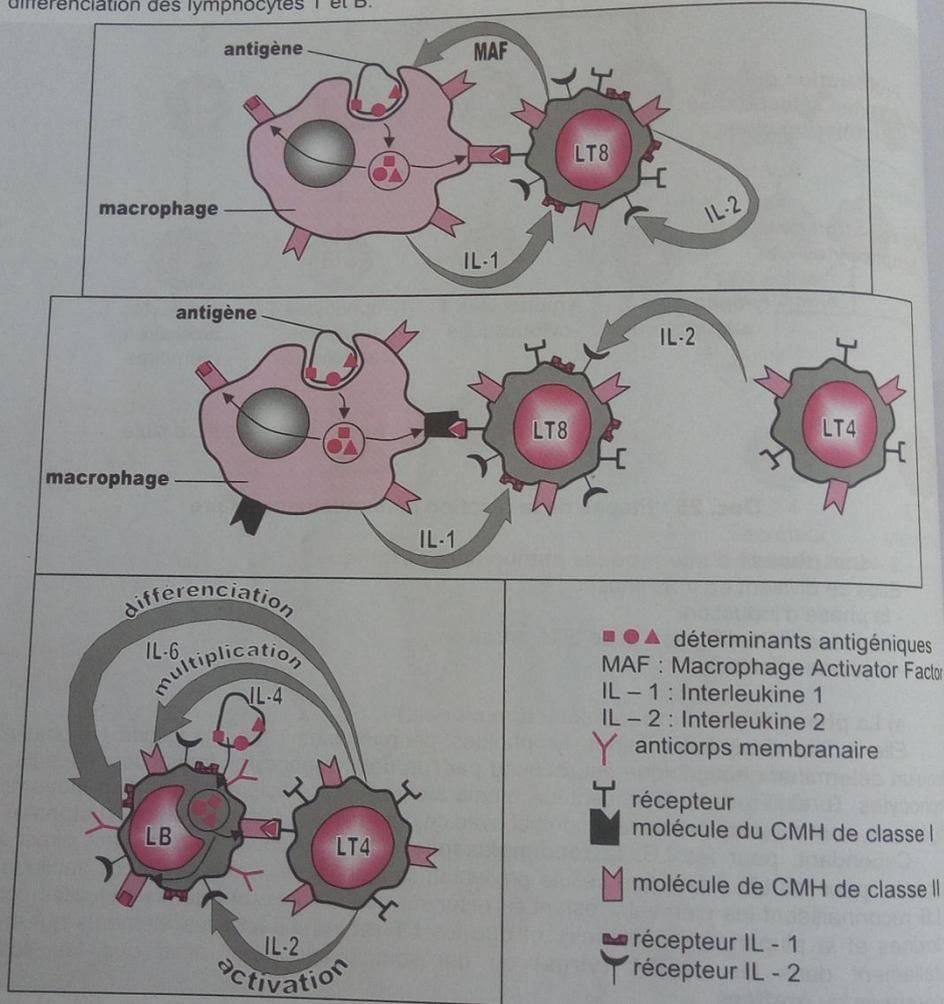
L'activation est donc induite par le contact entre différentes cellules immunitaires **coopèrent**. Les lymphocytes activés entament la deuxième phase de la réponse immunitaire.

b) La phase d'amplification (multiplication clonale) et de différenciation

Après la phase d'induction, les lymphocytes activés se multiplient par mitoses successives (expansion clonale) et donnent des clones de lymphocytes activés (LB et LT) qui se différencient

- les LB activés se différencient en plasmocytes et en LB mémoires,
- les LT8 activés se différencient en lymphocytes T cytotoxiques
- les lymphocytes T4 activés se différencient en lymphocytes T auxiliaires et en lymphocytes T mémoires.

La multiplication et la différenciation ne sont possibles que grâce à la coopération cellulaire qui peut se faire par contact cellulaire ou à travers les messagers chimiques (interleukines, MAF). Le rôle des LT4 est essentiel car les interleukines 2 qu'ils sécrètent contrôlent la multiplication et la différenciation des lymphocytes T et B.



Doc. 26 : Coopération entre cellules immunitaires

Les coopérations entre les cellules immunitaires font intervenir des contacts directs et les différentes cellules impliquées et/ou une communication par des substances chimiques produites par les cellules immunitaires appelées **cytokines** :

- le **MAF** produit par les lymphocytes T4 et qui active les macrophages
- l'**interleukine 1** (IL-1) produite par les macrophages et qui détermine la mise en place des récepteurs à l'interleukine 2 (IL-2) à la surface des lymphocytes,

- l'interleukine 2 produite par les LT4 et qui active les lymphocytes B et les lymphocytes T8,
- les interleukines 4 et 6 produites par les LT4 et qui provoquent la multiplication des LB activés et leur différenciation en plasmocytes, cellules productrices d'anticorps spécifiques.

c) La phase effectrice

On distingue deux voies d'action au cours de la phase effectrice, suivant les éléments qui interviennent :

- la réponse à médiation humorale,
- la réponse à médiation cellulaire.

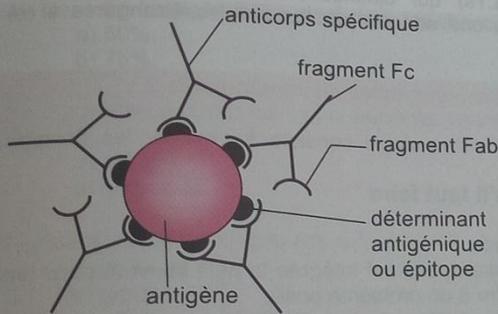
α) La réponse immunitaire spécifique à médiation humorale.

Elle intervient dans la lutte antibactérienne, contre les toxines ou les substances solubles. Elle est réalisée par les plasmocytes **sécréteurs d'anticorps** spécifiques du déterminant antigénique.

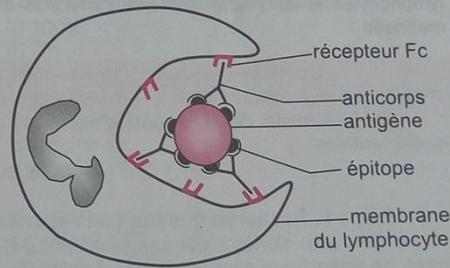
Un anticorps ou immunoglobuline (Ig) est une protéine hautement variable produite par les lymphocytes B et les plasmocytes qui en dérivent, capable de se fixer spécifiquement à un déterminant antigénique.

Il existe cinq classes d'anticorps circulants ou immunoglobulines, physiquement et chimiquement distincts : les IgA, IgD, IgE, IgG et IgM.

Les anticorps ne détruisent pas directement les antigènes ; mais ils forment avec ces derniers le **complexe immunitaire** qui peut à son tour être phagocyté ou déclencher l'activation du **complément**, aboutissant à la formation d'un complexe qui perce la membrane de la cellule attaquée (bactérie par exemple). Cette dernière se vide de son contenu et meurt.



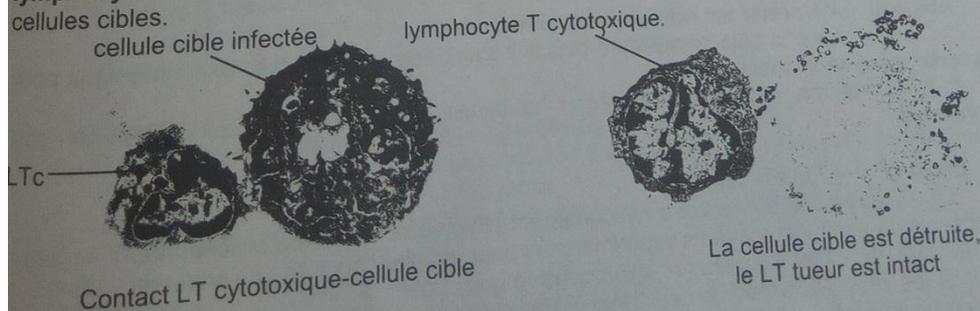
Doc. 27 : Complexe immunitaire



Doc. 28 : Phagocytose d'un complexe immunitaire par un macrophage

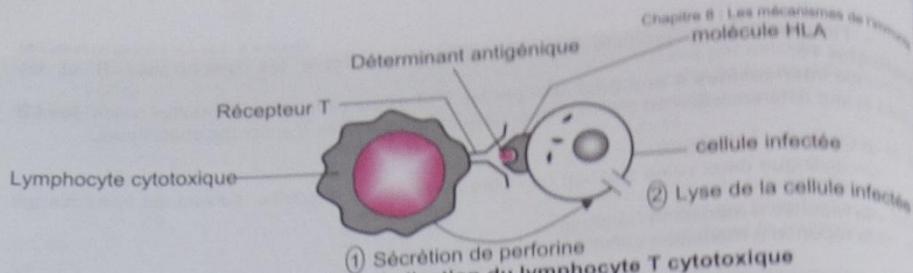
β) Réponse spécifique à médiation cellulaire

Cette voie concerne les **virus** qui sont entrés dans une cellule de l'organisme, les **bactéries endocellulaires** (exemple bacille de Koch), les **cellules cancéreuses** et les **cellules greffées**. Elle est réalisée par des cellules effectrices spécifiques du déterminant antigénique : les **lymphocytes T cytotoxiques** ou **cytolytiques**. Ces lymphocytes détruisent par contact direct les cellules cibles.



Doc. 29 : Action du lymphocyte T cytotoxique

TERMINALE C



Les LT cytotoxiques libèrent dans le milieu intérieur les molécules de **perforine** qui polymérisent et s'intègrent dans la membrane de la cellule à détruire. La polyperforine forme un canal lytique par lequel l'eau et les sels pénètrent, ce qui conduit à l'éclatement de la cellule. Ces canaux lytiques sont aussi utilisés par les enzymes et des molécules toxiques qui entraînent la mort de la cellule cible.

Remarque

Régulation des réactions immunitaires.

Certains lymphocytes T sont indispensables au déroulement efficace de la réponse spécifique. Il s'agit des **lymphocytes T auxiliaires** (LTa) ou lymphocytes T helpers (LTh) qui jouent un rôle déterminant dans la reconnaissance des épitopes présentés par les CPA et qui stimulent les LB et les LT8 présentant des affinités avec l'antigène.

Les **lymphocytes T suppresseurs** (LTs) qui diminuent ou arrêtent l'activité des lymphocytes B et T une fois que l'infection ou une attaque par les cellules étrangères a été maîtrisée.

Comment exploiter les données expérimentales en immunologie ?

La résolution de la plupart d'exercices d'immunologie consiste à exploiter les données expérimentales.

Ce qu'il faut faire

Etape I : Rechercher le but de l'expérience

* Une expérience n'est pas réalisée au hasard, elle est intégrée le plus souvent dans une démarche scientifique dont l'objectif est de répondre à un problème posé.

* Il faut donc rechercher, dans un premier temps, le but de l'expérience. Que veut-on montrer avec cette expérience ?

Etape II : Comprendre l'expérience

* Analyser le sujet en vous posant un certain nombre de questions :

- existe-t-il un témoin ? Comment se présente-t-il ?
- quelles sont les interventions effectuées ? Dans quel ordre ?
- quels sont les résultats ? Comparer les résultats au témoin.

* Penser à réaliser un schéma explicatif au brouillon si possible

Etape III : Interpréter les résultats expérimentaux

* C'est la phase la plus compliquée puisqu'il s'agit de partir des faits expérimentaux pour essayer de répondre au problème posé.

* Il est parfois nécessaire d'intégrer certaines connaissances pour compléter son raisonnement.

Etape IV : Rédiger la réponse

* La rédaction doit suivre votre raisonnement effectué dans l'étape précédente. Il est donc indispensable de partir des résultats expérimentaux pour ensuite conclure : « j'observe... donc... » et ôter de votre vocabulaire la phrase : « j'en conclus que... car... »

* Si les résultats expérimentaux sont issus de séries d'expériences, il faut apporter une conclusion pour chaque expérience puis récapituler.

1 - Restitution organisée des connaissances
A - Questions à choix multiples

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 - Le rejet de greffe :
 - a) ne peut se produire entre deux jumeaux,
 - b) se produit lorsque les CMH du greffon et de l'hôte sont différents,
 - c) est facilité par l'injection de sérum provenant d'un animal ayant déjà rejeté la même greffe,
 - d) se produit dans le cas d'une autogreffe.
- 2 - L'histocompatibilité entre deux individus :
 - a) est liée à des CMH similaires,
 - b) existe toujours entre les jumeaux,
 - c) existe toujours entre des individus de la même espèce,
 - d) existe toujours entre individus d'espèces différentes.
- 3 - On greffe un fragment de peau d'une souris donneuse de souche A sur une souris receveuse de souche B. Il s'agit :
 - a) xérogreffe,
 - b) isogreffe,
 - c) allogreffe,
 - d) hétérogreffe.
- 4 - Dans les transplantations d'organes, les chances de réussite d'une isogreffe sont de :
 - a) 50%,
 - b) 75%,
 - c) 100%,
 - d) 0%.
- 5 - Parmi les groupes sanguins suivants, relevez celui qui n'a pas d'agglutinine sur le plasma sanguin.
 - a) groupe A,
 - b) groupe B,
 - c) groupe O,
 - d) groupe AB.
- 6 - Parmi les groupes sanguins suivants, relevez le vrai donneur universel :
 - a) groupe O⁻,
 - b) groupe AB⁺,
 - c) groupe O⁺,
 - d) groupe AB⁻.
- 7 - Les cellules immunitaires :
 - a) naissent toutes dans la moelle osseuse,
 - b) sont toutes pourvues de récepteurs spécifiques d'un déterminant antigénique donné,
 - c) se renouvellent périodiquement,
 - d) sont toutes présentes dans le sang et la lymphe.
- 8 - Le thymus est un organe lymphoïde :
 - a) où naissent les lymphocytes T,
 - b) où les lymphocytes T âgés viennent mourir,
 - c) où les lymphocytes T deviennent immunocompétents,
 - d) sans lequel il n'y aurait aucune défense immunitaire.
- 9 - Les récepteurs T :
 - a) sont des anticorps membranaires spécifiques des lymphocytes T,
 - b) apparaissent à la surface des lymphocytes T lors de leur séjour dans la moelle osseuse,
 - c) reconnaissent directement les antigènes,
 - d) reconnaissent l'antigène seulement s'il est associé à une molécule de HLA.
- 10 - Les anticorps membranaires :
 - a) sont présents sur la membrane des lymphocytes B et des lymphocytes T,
 - b) présentent une structure variable d'un clone de lymphocyte à un autre,

- c) reconnaissent indifféremment le non-soi et le soi modifié,
d) détruisent les antigènes grâce aux lysozymes.
- 11 – Parmi les cellules suivantes, quelles sont celles qui sécrètent les anticorps circulants ?
a) polynucléaires,
b) lymphocytes B,
c) lymphocytes T,
d) macrophages,
e) plasmocytes.
- 12 – Parmi les cellules suivantes, laquelle n'est pas impliquée dans la production d'anticorps ?
a) macrophages,
b) lymphocytes B,
c) lymphocytes T4,
d) plasmocytes,
e) granulocytes.
- 13 – Les macrophages :
a) viennent directement de la moelle osseuse,
b) sont issus des monocytes du sang,
c) sont capables de phagocyter les cellules étrangères et les cellules vieillies du corps,
d) fabriquent les anticorps.
- 14 – Les lymphocytes B :
a) sont des leucocytes capables de traverser la paroi des capillaires ?
b) naissent dans les ganglions lymphatiques et la rate,
c) sont des cellules tueuses,
d) phagocytent les antigènes.
- 15 – Les anticorps membranaires :
a) sont des récepteurs des lymphocytes T,
b) sont des récepteurs des lymphocytes B,
c) sont les effecteurs des réponses à médiation cellulaire,
d) peuvent être produits par des plasmocytes.
- 16 – Les anticorps circulants :
a) sont des récepteurs des lymphocytes T,
b) sont des récepteurs des lymphocytes B,
c) sont les effecteurs des réponses à médiation cellulaire,
d) sont les effecteurs des réponses à médiation humorale.
- 17 – Le virus du SIDA se lie :
a) spécifiquement aux plasmocytes,
b) à tous les lymphocytes,
c) aux cellules munies de récepteurs CD4,
d) à plusieurs types cellulaires, parmi lesquels les lymphocytes T4 et T8.
- 18 – Le malade du SIDA décède :
a) des suites d'un déficit en lymphocytes T4,
b) à cause d'un excès d'anticorps,
c) à cause d'un déficit en lymphocytes cytotoxiques,
d) des suites d'une infection généralisée par le VIH.
- 19 – La vaccination :
a) déclenche toujours une réponse immunitaire primaire lors de la première injection,
b) déclenche une réponse immunitaire secondaire plus efficace lors d'une injection de rappel,
c) permet la formation de cellules à mémoires qui déclenchent la réponse primaire,
d) est un transfert d'immunité d'un individu à un autre.
- 20 – La maladie de Burton se traduit par un déficit en LB. Quels sont dans la liste suivante les effets observés :
a) diminution du nombre de LT et donc d'anticorps circulants,

- b) diminution de la résistance aux infections dues à des germes intracellulaires,
- c) diminution de la résistance aux infections dues à des germes extracellulaires,
- d) augmentation de la résistance aux infections dues à des germes intracellulaires.

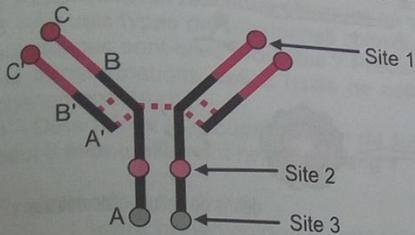
B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Exercice 1

- 1 - Définir : le soi, le non-soi, l'allogreffe, l'autogreffe.
- 2 - Quelle est la différence fondamentale entre les molécules du soi et celles du non-soi ?
- 3 - Quelle substance marque une cellule comme faisant partie du soi par rapport au non-soi ?
- 4 - Quelles sont les différentes étapes de la phagocytose ?

Exercice 2

Le schéma ci-dessous représente la structure d'une molécule d'anticorps sécrétée par certaines cellules immunitaires de l'organisme.



- 1 - Combien de catégories d'anticorps existe-t-il ?
- 2 - Quelle est la nature chimique des anticorps et quelle est leur dénomination exacte ?
- 3 - Par quelles cellules sont-ils sécrétés et quelle est l'origine de ces cellules ?
- 4 - Quelle est la fonction des sites 1, 2 et 3 ?
- 5 - Quelle est la différence entre les régions BC ou (B'C') et AB (ou A'B') ? Justifiez votre réponse.
- 6 - Quelle est la fonction des anticorps ?
- 7 - Chaque anticorps est-il déterminé par un gène spécifique ? Justifiez votre réponse.

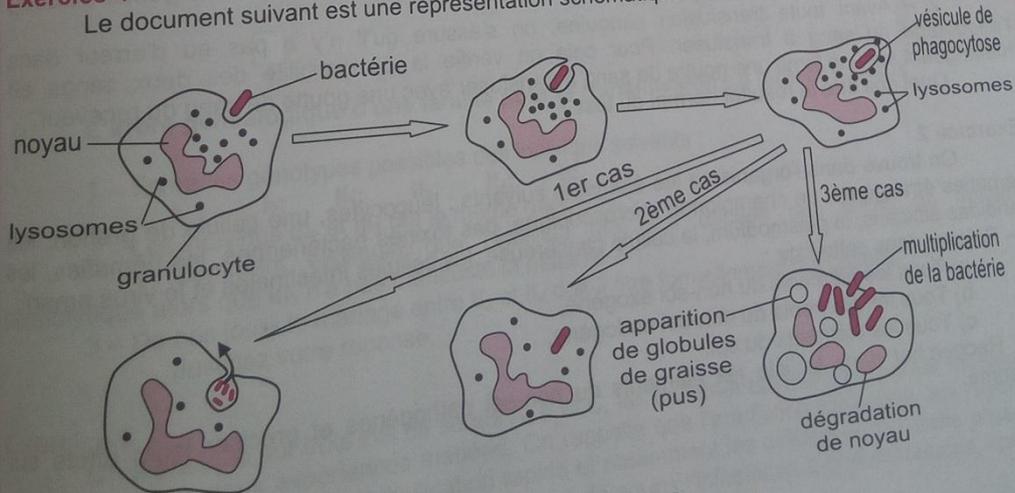
Exercice 3

Complétez le tableau suivant sur la comparaison entre les lymphocytes B et les lymphocytes T suivant les caractéristiques du tableau.

Caractéristiques	Lymphocytes B	Lymphocytes T
Lieu de maturation		
Récepteurs d'antigènes		
Forme active		
Type d'immunité		
Produits sécrétés		
Durée de vie		

Exercice 4

Le document suivant est une représentation schématique d'une réponse immunitaire



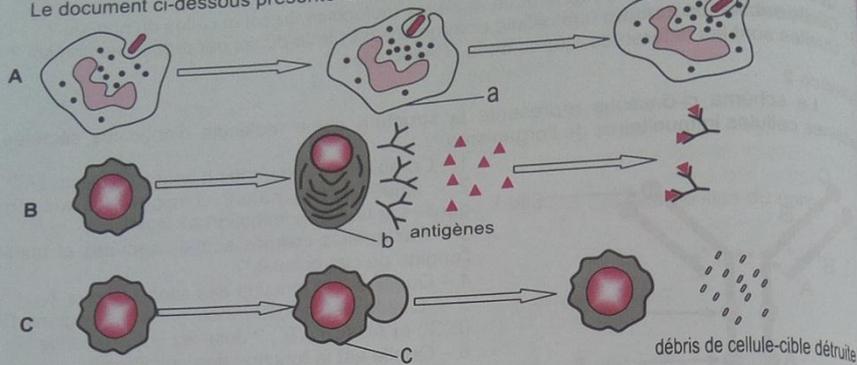
- 1 - Nommez la cellule immunitaire et l'antigène en présence
- 2 - Nommez cette réponse immunitaire

- 3 - Décrivez dans l'ordre chronologique les principales étapes du déroulement de cette réponse immunitaire
 4 - Expliquez chacun des résultats possibles de cette réponse immunitaire.

Baccalauréat C 2010 partie

Exercice 5

Le document ci-dessous présente différents moyens de défense de l'organisme.



- 1 - Identifiez chaque type de mécanisme représenté en A, B et C.
 2 - Nommez les cellules a, b, c et expliquer le rôle de chacune d'elles dans la défense de l'organisme.
 3 - Expliquer pourquoi le moyen de défense utilisé en A est dit non spécifique
 4 - À l'aide d'un exemple, montrez qu'aucun de ces trois mécanismes n'est isolé dans la défense de l'organisme.

Baccalauréat C 2011, Partiel

II - Exploitation des documents

Exercice 1

Les groupes sanguins du système AB0 sont caractérisés d'une part par la présence d'antigènes membranaires, sur les hématies, d'autre part par la présence d'anticorps naturels présents dans le plasma.

- 1 - Que se passe-t-il si on mélange une goutte de sang du groupe 0 à une goutte de sang du groupe AB ? Justifiez votre réponse.
 2 - Avant toute transfusion sanguine, on s'assure qu'il n'y a pas eu d'erreur dans l'étiquetage du sang à transfuser. Pour cela on vérifie la compatibilité des deux sangs en mélangeant sur une lame une goutte de sang à transfuser avec une goutte de sang du receveur. Quel doit être le résultat normal du test ?

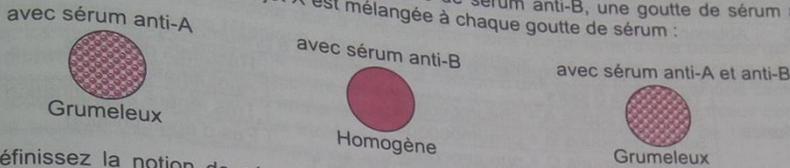
Exercice 2

On trouve dans l'organisme les éléments suivants : leucocytes, une cellule de greffon, les hématies étrangères, un champignon microscopique, des toxines bactériennes, les hématies, les candidas albicans, le plasmodium, la cellule cancéreuse, les cellules intestinales et le virus amaril.

- 1 - Relever dans cette liste :
 a) Tous les éléments du non-soi exogène,
 b) Tous les éléments du non-soi endogène,
 c) Tous les éléments du soi.
 2 - Rechercher dans la liste les éléments du non-soi pathogènes et préciser leurs effets sur l'Homme.

Exercice 3

On désire connaître le groupe sanguin d'un sujet X. Pour cela, on prélève à l'extrémité d'un vaccinostyle quelques gouttes de sang avec un vaccinostyle. Sur une plaque de porcelaine blanche sont disposées une goutte de sérum anti-A, une goutte de sérum anti-B, une goutte de sérum anti-A et anti-B. Une goutte de sang du sujet X est mélangée à chaque goutte de sérum :



- 1 - Définissez la notion de sérum anti-A, anti-B, anti-AB. Des sangs de quels groupes sont-ils extraits ?
- 2 - Expliquez les réactions obtenues en vous aidant de schémas.
- 3 - À quels types de substances chimiques sont-elles dues ? Comment et par quelles cellules ces substances sont-elles produites ? Précisez à l'aide de schémas le lieu de naissance, l'évolution et les transformations des 2 types de cellules intervenant, directement, ou indirectement, dans le phénomène étudié.
- 4 - Déterminez le groupe sanguin du sujet X. De quel(s) autre(s) groupe(s) sanguin(s) le sujet X peut-il éventuellement recevoir du sang ?

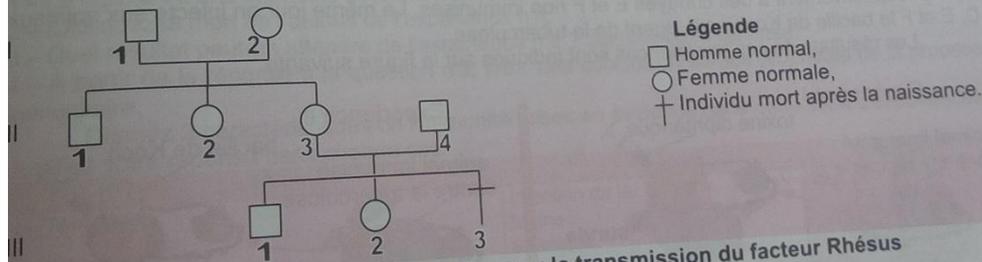
Exercice 4

L'arbre généalogique ci-après, indique la transmission du facteur Rhésus dans une famille. L'enfant III3, qui est le troisième né du couple II3 et II4 a présenté après sa naissance une maladie hémolytique qui a provoqué son décès.

NB : * La synthèse de l'antigène Rhésus est dirigée par l'allèle dominant noté Rh⁺, d'un gène. L'allèle récessif noté Rh⁻ ne dirige aucune synthèse.

* Voici les phénotypes de quelques individus de cet arbre généalogique :

I₁ = [Rh⁺], II₃ = [Rh⁻], II₄ = [Rh⁺],
 I₂ = [Rh⁺], II₁ = [Rh⁻]



L'arbre généalogique d'une famille pour la transmission du facteur Rhésus

- 1 - Ecrire les génotypes possibles des individus suivants : I₁; I₂; II₁; II₃; II₄; III₃.
- 2 - Les individus III₂ et III₃ ont le même génotype. Comment expliquer que l'individu III₃, soit décédé des suites de maladie hémolytique alors que III₂ n'a pas manifesté la maladie ?
- 3 - De nos jours le mariage entre II₃ et II₄ doit-il être formellement déconseillé ? Justifiez votre réponse.

Exercice 5

On a pratiqué sur trois lots de souris A, B et C, les traitements indiqués dans les tableaux A et B. Il s'agit de deux expériences menées. On rappelle que l'irradiation prolongée aux rayons X tue les cellules à multiplication rapide et notamment les cellules de la moelle osseuse. Après cette irradiation, on réalise sur les trois lots de souris l'infestation à pneumocoques, comme indiquée dans le tableau B.

Tableau A La première expérience est une irradiation aux rayons X.

Souris	Traitement effectué	Conséquences
Lot A	Irradiation + greffe de moelle osseuse	Production de LB et LT
Lot B	Ablation du thymus + irradiation + greffe de thymus	Production de LB seulement
Lot C	Ablation du thymus + irradiation + Greffe de thymus	Pas de production de LB et LT

Tableau B : La deuxième expérience est une infestation à pneumocoques.

Expérience	Test après 5 jours	Résultats des tests
	Sérum de souris A + pneumocoque	Agglutination nette
	Sérum de souris B + pneumocoque	Très légère agglutination
	Sérum de souris C + pneumocoque	Pas d'agglutination

LB : Lymphocyte B LT : Lymphocyte T

- 1 - Quel est le but de la première expérience (tableau A) réalisés sur ces trois lots de rats ?
- 2 - Tirer une conclusion quand à la première expérience.
- 3 - Quel est le but de la deuxième expérience (tableau B) réalisés sur ces trois lots de rats ?
- 4 - Tirer une conclusion quand à la deuxième expérience.
- 5 - Préciser, à la suite de ces expériences, les rôles respectifs du thymus et de la moelle osseuse.

Baccalauréat 2013 parties

Exercice 6

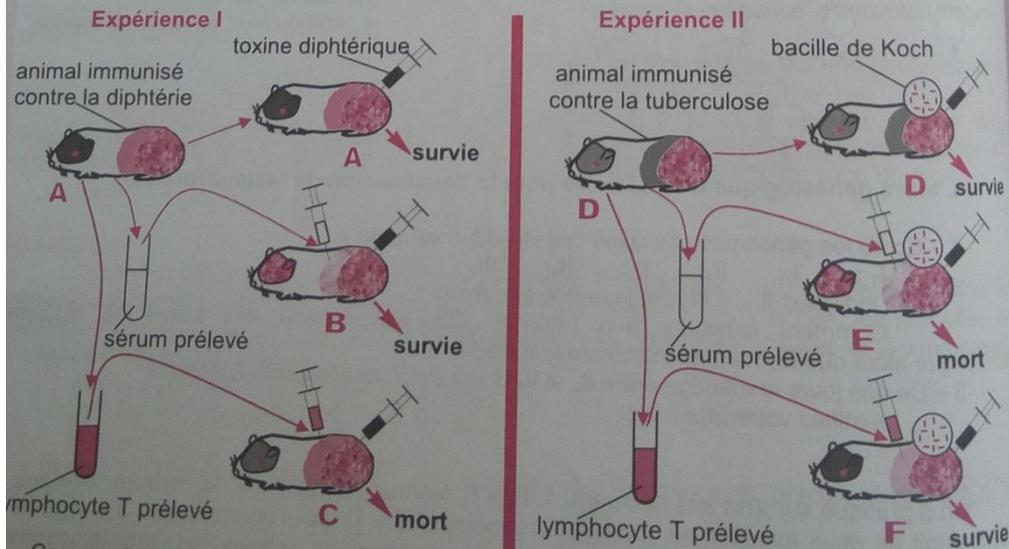
Diverses expériences ont été réalisées chez le cobaye pour montrer certaines modalités des défenses immunitaires.

Dans l'expérience I on immunise des cobayes A par injection de bacilles diphtériques dont la toxine a été atténuée par addition de trichlorure d'iode. Quinze (15) jours plus tard on prélève chez les cobayes A du sérum et des lymphocytes T pour les injecter respectivement à des cobayes B et C non immunisés. Le même jour, on injecte aux animaux A, B et C de la toxine diphtérique active.

Dans l'expérience II, des cobayes D sont immunisés contre la tuberculose par injection de bacilles tuberculeux bovins atténués (principe de la vaccination BCG).

Un mois plus tard, on prélève, chez ces cobayes, du sérum et des lymphocytes T que l'on injecte respectivement à des cobayes E et F non immunisés. Le même jour on injecte aux animaux D, E et F le bacille de Koch actif, agent de la tuberculose.

Les résultats de ces expériences sont indiqués sur la figure suivante.



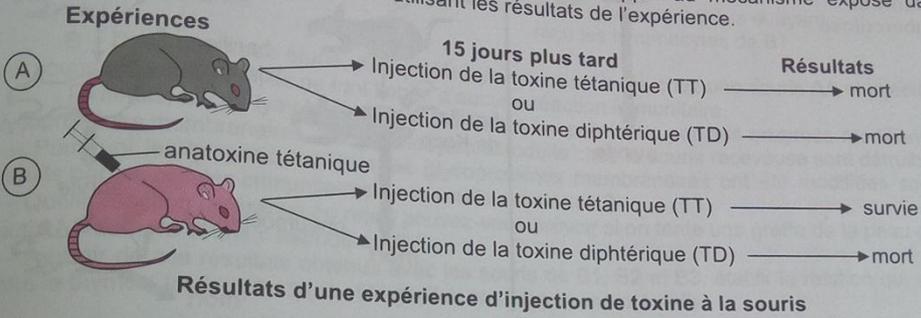
- Comment expliquez-vous la survie des cobayes A et B, et la mort du cobaye C à la fin de l'expérience I ?
- Comment expliquez-vous la survie des cobayes D et F, et la mort du cobaye E à la fin de l'expérience II ?

- 3 - Comparez les deux types de réactions immunitaires mises en jeu au cours de ces expériences.
 4 - Quels résultats pouvez-vous prévoir dans le cas où on injecterait au cobaye C des bacilles tuberculeux au lieu de toxine diphtérique ? Justifiez votre réponse.

Exercice 7 Mémoire immunitaire

Le tétanos est une maladie due à l'introduction dans l'organisme d'une bactérie qui libère une toxine, nommée toxine tétanique, dans le milieu intérieur. Ces toxines n'entrent pas dans les cellules. La diphtérie est aussi une maladie due à l'action d'une toxine libérée par une bactérie, la toxine diphtérique. Le document montre un ensemble d'expériences destinées à mieux cerner les conséquences d'une injection d'anatoxine (toxine atténuée non virulente) et de l'utilisation du sérum sanguin extrait des animaux traités.

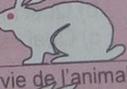
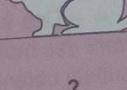
1 - Les acteurs des réactions immunes qui interviennent font-ils partie de l'immunité innée ou acquise ?
 2 - D'après vos connaissances, à quel type de cellules ces réactions font-elles appel ?
 3 - La vaccination est une technique médicale qui fait appel au mécanisme exposé dans l'expérience. Exposez son principe en utilisant les résultats de l'expérience.



Exercice 8

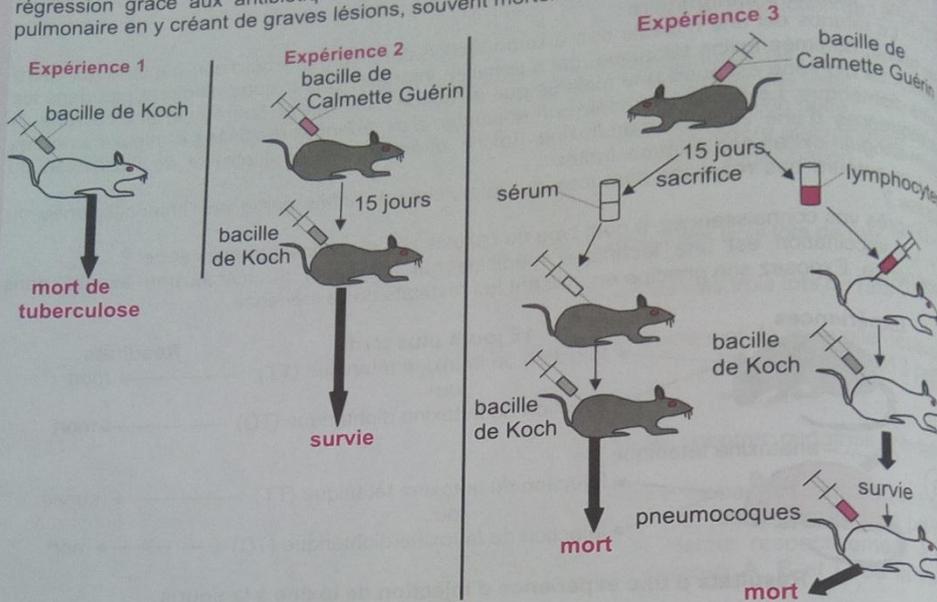
- On réalise sur des lapins les expériences illustrées par le document ci-dessous:
- 1 - Le lapin a-t-il une immunité naturelle contre la toxine tétanique ? Justifiez votre réponse.
 2 - Expliquez la mort de l'animal de l'expérience n°1.
 3 - Quel résultat peut-on attendre de l'expérience n°4 ? Justifier votre réponse.
 4 - À partir de la réponse à la question n°3, tirez une conclusion sur les propriétés de la réponse immunitaire.

Donnez 2 caractéristiques de l'immunité mises en évidence dans cette série d'expériences. Justifiez votre réponse dans chaque cas.

t = 1 ^{er} jour	t = 15 jours	Résultats
I - Témoins 	Injection de la toxine tétanique 	Mort de l'animal 
II - a) Injection du vaccin antitétanique b) Injection de la toxine tétanique (au même moment) 		Mort de l'animal 
III - Injection du vaccin antitétanique 	Injection de la toxine tétanique 	Survie de l'animal 
IV - Injection a) du sérum antitétanique b) de la toxine tétanique (au même moment) 		Survie de l'animal 
V - Injection du sérum antitétanique 	Injection de la toxine diphtérique 	?

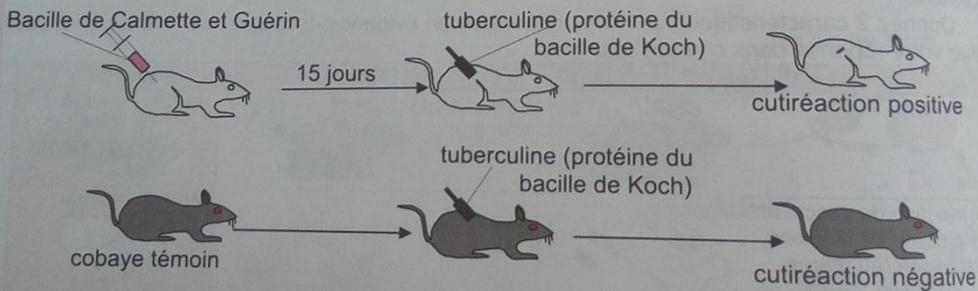
Exercice 9

Le bacille de Koch (BK) est l'agent de la tuberculose, grave maladie actuellement en régression grâce aux antibiotiques. Ce bacille, aérobic, se fixe essentiellement dans le tissu pulmonaire en y créant de graves lésions, souvent mortelles si elles ne sont pas traitées.



Expériences réalisées avec le bacille de Koch

- 1 - Analysez et interprétez rationnellement ces expériences.
- 2 - Quelles sont les cellules immunitaires qui interviennent ici ?
- 3 - Les tissus contiennent aussi des macrophages ; quels sont leur origine et leurs rôles ? Quelles sont les relations des macrophages avec les cellules étudiées précédemment ?
On réalise l'expérience suivante.



Injection de tuberculine à deux cobayes

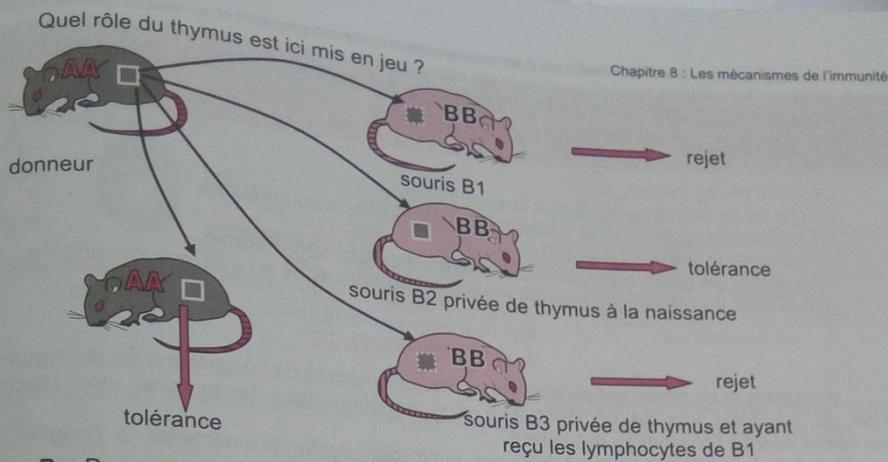
- 4 - a) Interprétez cette expérience. Comment agit le BCG ?
- b) Quel intérêt présente-t-il sur le plan médical ?
- c) Quel est le rôle du rappel pratiqué quelque temps après ?

III - SAISIE DE L'INFORMATION BIOLOGIQUE ET APPRÉCIATION

Exercice 1

A - Des expériences sont réalisées chez des souris de la lignée pure AA et BB (A et B désignant des molécules équivalentes à celles du système HLA humain). La figure suivante illustre les résultats obtenus.

- 1 - Pourquoi les souris B₂ tolèrent-elles la greffe alors que les souris B₁ et B₃ la rejettent ?
- 2 - Quelles sont les cellules du système immunitaire qui interviennent dans le rejet de la greffe ?



B – Dans une autre étude, des lymphocytes sont prélevés chez une souris AA et injectés à une souris receveuse AA, ils ne font l'objet d'aucune réaction immunitaire. Toutefois, si ces lymphocytes ont été traités au préalable, par des enzymes modifiant les glycoprotéines membranaires, les lymphocytes introduits chez la souris receveuse sont détruits.

- 1 – Pourquoi les lymphocytes introduits chez la souris receveuse sont détruits.
- 2 – Quelle réaction (tolérance ou rejet) pouvez-vous prévoir si on tente une greffe de la peau d'une souris AA sur une souris « hybride » AB ?
- 3 – À partir de ces résultats obtenus avec les souris de B1, B2 et B3, établir la relation qui existe entre le thymus, les lymphocytes et le greffon chez les animaux traités.

Exercice 2

On réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : Une souris reçoit de la toxine tétanique fraîche. Elle meurt.

Expérience 2 : Une souris reçoit une injection d'anatoxine tétanique puis 15 jours après, on lui fait une injection de la toxine tétanique fraîche. Elle survit.

Expérience 3 : Une souris reçoit une injection d'anatoxine tétanique puis 15 jours après, on lui fait une injection de la toxine diphtérique fraîche. Elle meurt. Quelles conclusions peut-on tirer de ces expériences ?

Expérience 4 : Une souris reçoit une injection d'anatoxine tétanique puis 15 jours après, on prélève son sérum et on l'injecte à une autre souris à laquelle on injecte simultanément de la toxine tétanique fraîche. Elle survit.

Expérience 5 : Une souris reçoit une injection de sérum obtenu précédemment puis 15 jours après, on lui fait une injection de toxine tétanique fraîche. Elle meurt.

- 1 – Qu'appelle-t-on sérum ?
- 2 – Interprétez les résultats de chaque expérience.
- 3 – Dégagez la notion de sérothérapie.

Chapitre 9 : LES DYSFONCTIONNEMENTS DU SYSTEME IMMUNITAIRE ET LES AIDES AU SYSTEME IMMUNITAIRE

Objectifs pédagogiques

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- d'expliquer les mécanismes d'allergie et de maladies auto-immunes,
- d'expliquer la lutte contre le SIDA,
- d'expliquer les notions de vaccination, antibiothérapie, sérothérapie,
- d'expliquer les différences existant entre les différents aides au système immunitaire.

Les pré-requis

Le système immunitaire est capable de maintenir l'intégrité de l'organisme en distinguant le non-soi du soi. Mais lors de la pénétration d'un antigène dans l'organisme, des réactions immunitaires visant à l'éliminer se produisent.

Toutefois le système immunitaire peut subir des dysfonctionnements à l'origine des maladies.

Problèmes scientifiques à résoudre :

Quels sont les conséquences du dysfonctionnement du système immunitaire ?
Comment venir en aide au système immunitaire ?

I – Les dysfonctionnements du système immunitaire

1 – Les allergies

Les substances responsables de l'allergie sont les allergènes. Le degré des manifestations dépend des individus.

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples d'allergies.

Quelques substances responsables de l'allergie	Quelques réactions allergiques courantes
la poussière,	éternuements, toux, rhume
les médicaments	démangeaisons, œdèmes
les piqûres d'insectes,	démangeaisons, œdèmes
les produits chimiques,	larmolements, boutons
les aliments,	diarrhées,

L'allergie est une réaction d'hypersensibilité de l'organisme vis-à-vis de certaines substances ou allergènes qui n'ont le plus souvent aucune toxicité propre et qui sont de nature très variée.

L'hypersensibilité est une réponse incontrôlée, inappropriée et le plus souvent très violente à un antigène généralement inoffensif.

On distingue deux types d'hypersensibilités dont les mécanismes sont différents : l'une à médiation humorale et l'autre à médiation cellulaire.

a) Mécanisme de l'hypersensibilité immédiate à médiation humorale

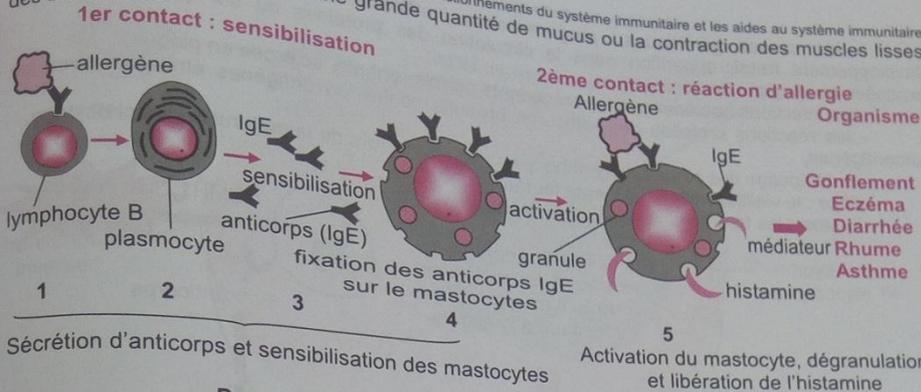
1er contact : sensibilisation

Un premier contact avec l'allergène provoque chez un sujet prédisposé l'activation de certains lymphocytes B qui se transforment en plasmocytes et produisent de grandes quantités d'anticorps de la classe IgE contre l'allergène. Ces derniers, libérés dans le sérum se fixent aux mastocytes dans les tissus de l'organisme et aux granulocytes basophiles circulants possédant des récepteurs membranaires adaptés.

2ème contact : réaction d'allergie

Lors d'un contact ultérieur avec le même allergène, ce dernier se fixe sur les IgE liés aux mastocytes et aux basophiles réalisant un pont entre deux IgE. Cette fixation provoque la dégranulation des mastocytes et la libération d'histamine qui cause la dilation des artérioles et augmente la perméabilité des capillaires, ce qui entraîne la formation des œdèmes. L'histamine

Chapitre 9 : Les dysfonctionnements du système immunitaire et les aides au système immunitaire
 provoque aussi la sécrétion d'une grande quantité de mucus ou la contraction des muscles lisses des bronchioles.



Doc. 1 : Les deux phases de mise en place de l'allergie

b) Mécanisme de l'hypersensibilité retardée à médiation cellulaire

Lors du contact **sensibilisant** avec l'allergène, apparaissent des lymphocytes T mémoire. Ils se multiplient lors du contact **déclenchant**, libérant de grandes quantités d'interleukines qui attirent de nombreuses cellules à l'origine de la réaction inflammatoire locale.

Il s'agit des réactions cutanées survenant après des contacts répétés de la peau avec certaines substances chimiques contenues dans les objets de la vie courante ou professionnelle. Le caoutchouc, certains tissus synthétiques, des résines, les bijoux contenant du nickel, les produits cosmétiques... libèrent de petites molécules qui pénètrent dans la peau puis s'associent à des protéines de l'organisme pour former une combinaison allergique

Cette hypersensibilité s'oppose à la précédente par deux caractères :

- le rôle prédominant des lymphocytes T dans l'initiation de la réponse immunitaire.
- un maximum de réaction inflammatoire après 24 ou 48 heures : l'inflammation est

localisée à la zone de pénétration de l'allergène provoquant des rougeurs et un œdème, ce sont les « dermites » ou eczéma de contact.

2 – Les maladies auto-immunes

Ce sont des maladies dues au dysfonctionnement du système immunitaire ; le malade perd la capacité de distinguer le soi du non-soi et présente une agressivité vis-à-vis de ses propres tissus.

Exemples :

Maladies	Cibles	Conséquences
Diabète juvénile ou insulindépendants,	- cellules β des îlots de Langerhans du pancréas productrices d'insuline,	Hyperglycémie,
Maladie de Basedow,	- récepteurs de l'hormone stimulant la thyroïde,	Hyperthyroïdie
Myasthénie,	- récepteurs à acétylcholine,	Faiblesse musculaire paralysie
Sclérose en plaques,	gaine de myéline des centres nerveux,	Trouble du système nerveux
Anémie hémolytique	hématies	Destruction des hématies
Polyarthrite rhumatoïde	articulations	Rhumatisme articulaire
Glomérulonéphrite	reins	Insuffisance rénale

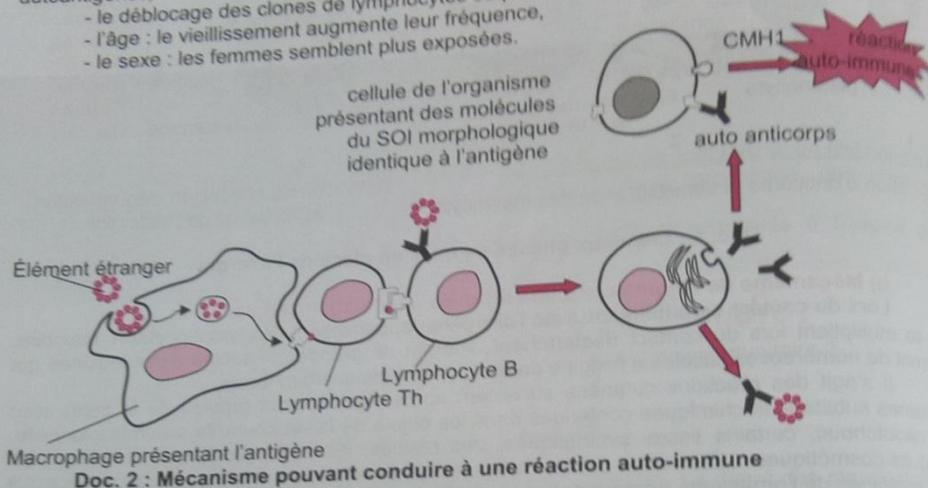
On appelle **maladie auto-immune** toute maladie due à l'attaque et à la destruction des cellules d'un individu par son propre système immunitaire.

Chez les individus normaux, on observe une immuno-tolérance, mais il arrive qu'au cours de la vie cette dernière se perde contre un organe ou un tissu. L'organisme produit alors des anticorps appelés auto anticorps et des lymphocytes T cytotoxiques contre ses propres tissus ou organes qui sont ainsi détruits. Il en résulte alors des maladies auto-immunes.

Les causes des maladies auto-immunes sont diverses :

TERMINALE

- les causes génétiques : programmation inefficace des lymphocytes au cours du développement foetal, apparition dans la circulation des protéines du soi qui n'ont pas été exposées au système immunitaire,
- les infections bactériennes les précédents parfois (arthrite, sclérose en plaque),
- les réactions croisées des anticorps produits contre les antigènes étrangers avec les autoantigènes,
- le déblocage des clones de lymphocytes séquestrés lors de la maturation lymphocytaire,
- l'âge : le vieillissement augmente leur fréquence,
- le sexe : les femmes semblent plus exposées.

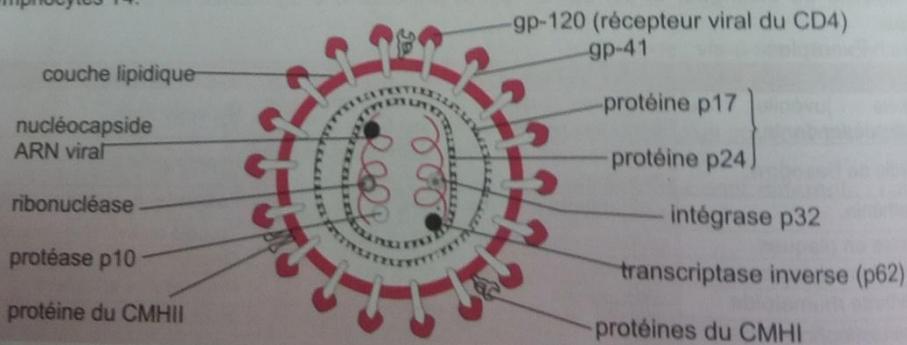


II - Les déficiences immunitaires : le SIDA

L'agent infectieux du SIDA est le VIH ou Virus d'Immunodéficience Humaine, isolé en 1983.

1 - Mécanisme de l'infection par le VIH

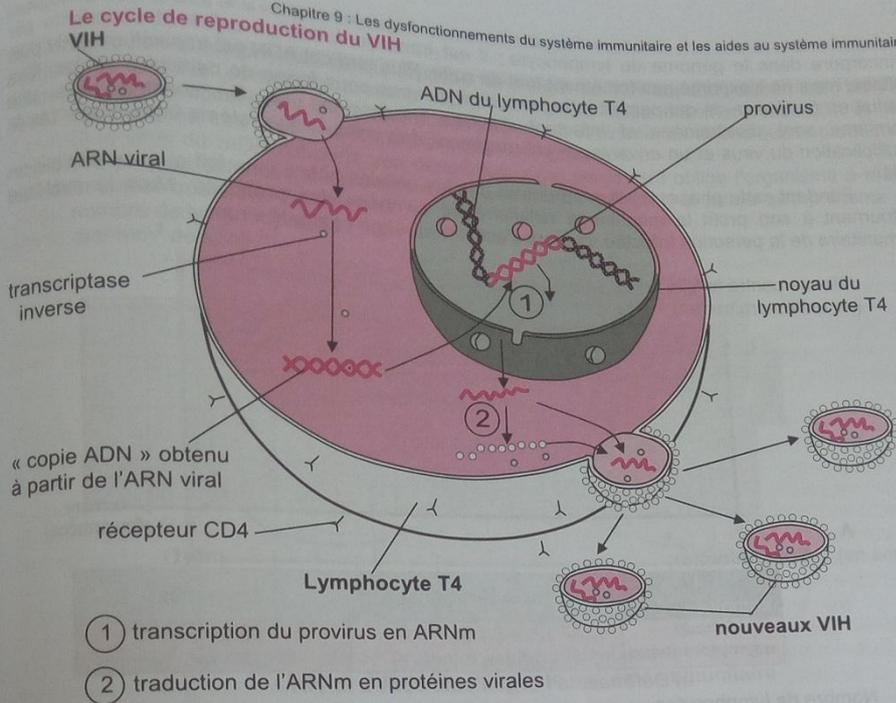
Le VIH infecte surtout les lymphocytes T4 et les macrophages. Il peut aussi infecter les cellules nerveuses et les cellules intestinales. Ces cellules portent à la surface de leur membrane plasmique une protéine particulière, la protéine CD4. En effet, le VIH présente sur son enveloppe une protéine (gp120) qui est capable de se lier à la protéine CD4, favorisant la fixation du virus sur les lymphocytes T4.



Les macrophages et les monocytes jouent un rôle de « réservoir » pour le virus.

Les différents modes de contamination sont :

- par voie sexuelle. Le VIH est présent dans les sécrétions de l'appareil génital, sur les muqueuses des organes génitaux et du rectum,
- par voie sanguine,
- au cours de la grossesse, de la mère à l'enfant.



Doc. 4 : Cycle de reproduction du VIH

L'attaque d'une cellule cible par le VIH se déroule en plusieurs étapes successives. L'enveloppe du VIH fusionne avec la membrane de la cellule cible (lymphocyte T4), le contenu du matériel génétique (**ARN viral**) ainsi que celui de quelques **enzymes** (transcriptase inverse, intégrase, protéase) est libéré à l'intérieur de cette dernière.

Grâce à la transcriptase inverse, l'ARN viral est immédiatement converti en **ADN proviral**. Ce mécanisme caractéristique du cycle des **rétrovirus**, est un préalable indispensable à l'incorporation des gènes du virus assurée par l'**intégrase**, dans le génome de la cellule hôte. La machinerie de la cellule infectée va traiter ce fragment d'ADN comme son propre matériel génétique.

Le provirus « caché » dans le génome cellulaire, peut rester « dormant » un temps plus ou moins long avant de s'exprimer. C'est la transcription de l'ADN proviral en ARNm viral qui marque la reprise du cycle du virus.

L'ARNm obtenu subit des mécanismes complexes à l'origine de la fabrication de l'ARN viral d'une part, de la synthèse des différentes protéines virales par les ribosomes cellulaires d'autre part.

La cellule hôte assure ainsi la réplication du génome du virus et la production de ses protéines.

Les protéines et l'ARN viraux sont alors assemblés en de nouvelles particules virales. Celles-ci sortent de la cellule par bourgeonnement, en emportant une partie de la membrane de la cellule, qui va leur servir d'enveloppe. Les pertes successives de morceaux de membrane liées à la sortie des nouveaux virus finissent par entraîner la destruction de la cellule infectée. Les virus nouvellement sortis sont prêts à aller infecter une autre cellule.

Le SIDA est une maladie évolutive comportant plusieurs phases :

a) La primo-infection (phase initiale)

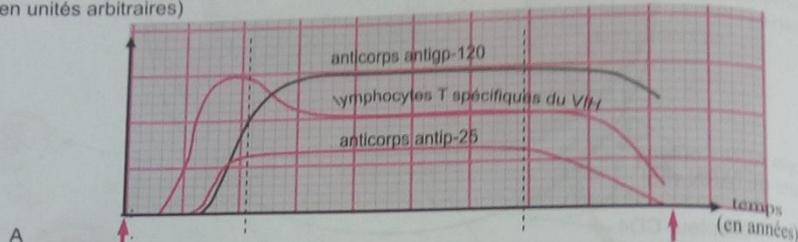
Elle correspond à la phase de contamination. Quand le VIH pénètre dans le lymphocyte, il apporte avec lui une enzyme, la transcriptase inverse, qui engendre à partir de l'ARN viral une copie sous forme d'une molécule double brin. Cet ADN migre dans le noyau du lymphocyte et

TERMINALE C

s'incorpore dans le génome du lymphocyte ; il est transmis à chaque cellule descendante par mitose, mais ne s'exprime pas forcément tout de suite. Plus tard cet ADN est transcrit en ARN puis traduit en protéines, ce qui permet la reproduction du virus sous forme de particules virales. Ces dernières sont disséminées et infectent d'autres lymphocytes T4. On constate ainsi une multiplication du virus et un envahissement progressif des cellules du système immunitaire par le VIH.

Pendant cette phase, le virus ne détruit pas les cellules hôtes, il ne fait que les affaiblir en détournant à son profit la machinerie cellulaire de synthèse des protéines. Mais le système immunitaire de la personne infectée va alors s'activer, et réagir contre le virus.

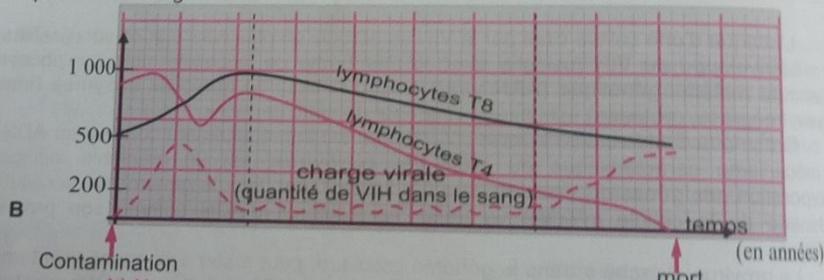
défense contre le VIH
(en unités arbitraires)



A	Contamination	mort
	4 à 8 semaines	plusieurs années
	phase asymptomatique	Pré-SIDA (phase mineure)
		des années
		SIDA (phase majeure)

a) Défense de l'organisme contre le VIH

Nombre de lymphocytes
par cm^3 de sang



b) Nombre de lymphocytes produits au cours du temps

Doc. 5 : Le SIDA une maladie évolutive

b) Phase asymptomatique (on parle de séropositivité)

Elle dure plusieurs années : il se crée un équilibre qui limite la prolifération du virus. Les défenses immunitaires mises en place sont de deux types :

- sécrétion dans le plasma sanguin des anticorps anti-virus ou anticorps anti-gp120, dont l'apparition provoque la « séropositivité »,
- apparition des cellules particulières, les lymphocytes T cytotoxiques dirigés spécifiquement contre les cellules infectées par le VIH.

Toutefois, ces réactions immunitaires ne suffisent pas à éliminer le virus. Les lymphocytes T4 étant détruits au cours de cette phase, leur taux diminue fortement. Or leur rôle dans la réponse immunitaire est essentiel.

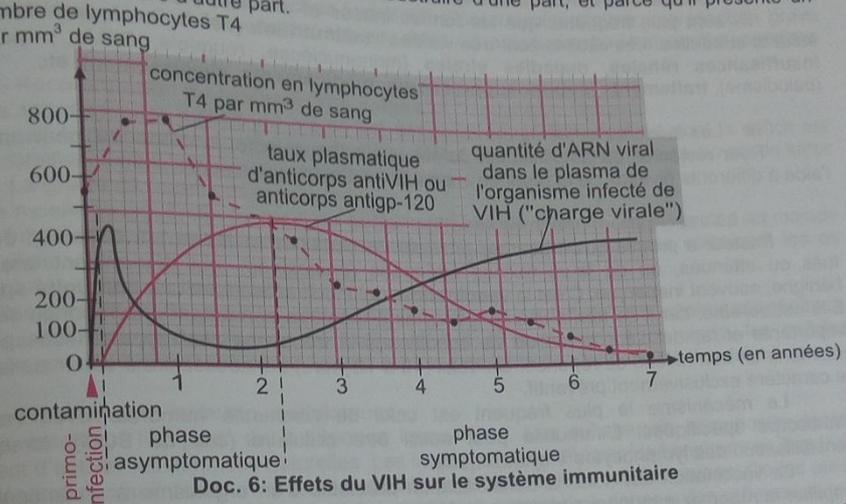
c) Phase symptomatique (on parle de SIDA)

À ce stade, l'organisme n'a pratiquement plus de défenses immunitaires. Il se développe toutes sortes de maladies opportunistes (sarcome de Kaposi, candidose, tuberculose, herpes, pneumocystose, cryptosporidiose) qui aboutissent à la mort de l'individu.

BORD BLEU

NB : La stratégie du VIH est diabolique

Lorsqu'on a compris tout ce qui précède, le danger du VIH apparaît clairement : Le VIH attaque les cellules portant la protéine CD4, c'est-à-dire essentiellement les LT4 et les macrophages. Par conséquent la production d'anticorps est diminuée, de même que la production des LT cytotoxiques. Les infections « opportunistes » s'installent. Si le virus du SIDA est donc très dangereux, c'est parce qu'il oblige l'organisme à réagir contre ses propres défenses, c'est-à-dire à s'autodétruire d'une part, et parce qu'il présente un taux de mutation très élevé d'autre part.



Doc. 6: Effets du VIH sur le système immunitaire

Les tests classiques de dépistage ne permettent de déceler la présence d'anticorps anti-VIH dans le plasma qu'à 2 à 12 semaines après la contamination.

2 - Autres déficiences immunitaires

A - Les déficiences immunitaires primitives ou congénitales

Ces déficits affectent aussi bien l'immunité humorale que l'immunité cellulaire.

a) Le déficit de l'immunité humorale

Il se caractérise par une diminution du nombre des lymphocytes B et des plasmocytes, donc par un défaut de la production d'anticorps. C'est le cas de l'**agammaglobulinémie** liée au sexe ou **maladie de Burton**. L'individu atteint souffre surtout d'infections bactériennes. Le gène responsable est récessif et porté par le chromosome sexuel X. Le sujet atteint devra recevoir tout au long sa vie des injections de gammaglobuline.

b) Le déficit de l'immunité cellulaire

Il peut porter sur l'ensemble des lymphocytes T ou sur certaines populations seulement. C'est le cas des **syndromes de Di George** qui est une anomalie congénitale. Les enfants atteints naissent sans thymus ou avec un thymus rudimentaire par suite d'une malformation embryonnaire. Les lymphocytes T matures sont totalement absents, les LB sont normaux et en nombre élevé, mais la production des anticorps circulants est perturbée. Seule la greffe d'un thymus de fœtus (dont les lymphocytes sont immatures) permet la guérison.

c) Le déficit immunitaire combiné sévère (DICS)

Il s'agit d'une anomalie de la différenciation des lymphocytes B et T due à l'absence de thymus et de ganglions lymphatiques. C'est une anomalie autosomique récessive. Le seul traitement possible est la greffe de moelle osseuse. Ces trois déficits constituent des déficients lymphocytaires. Toutefois, il existe des déficits en composants du complément et des déficits en cellules phagocytaires. Les déficits en composants du complément sont responsables chez l'individu, des œdèmes répétés des extrémités du tronc, de la face, des muqueuses digestives et des voies respiratoires.

Les déficits des cellules phagocytaires sont de deux ordres :
- les déficits quantitatifs se traduisant par un abaissement anormal du nombre de granulocytes polynucléaires provoqué par un défaut de prolifération et de maturation des granulocytes.
- les déficits qualitatifs se traduisant par des défauts fonctionnels de type enzymatique d'où une incapacité du système immunitaire chez les bactéries.

B - Les déficits immunitaires secondaires ou acquis

Ils sont plus fréquents que les formes innées et affectent plus ou moins soudainement enfants et adultes. Les causes sont très variées : **malnutrition** (déficit protéique du kwashiorkor), **insuffisances rénales**, **maladies virales** (mononucléose, rougeole, SIDA...), **parasitoses** (paludisme), **traitements immunosuppresseurs**, **médicaments**, **vieillesse**, etc.

III - Les aides au système immunitaire

Pour restaurer ou amplifier les défenses de l'organisme, la médecine peut apporter l'aide à différents niveaux de la réponse immunitaire. Ces moyens sont :

1 - La vaccination, une immunisation active

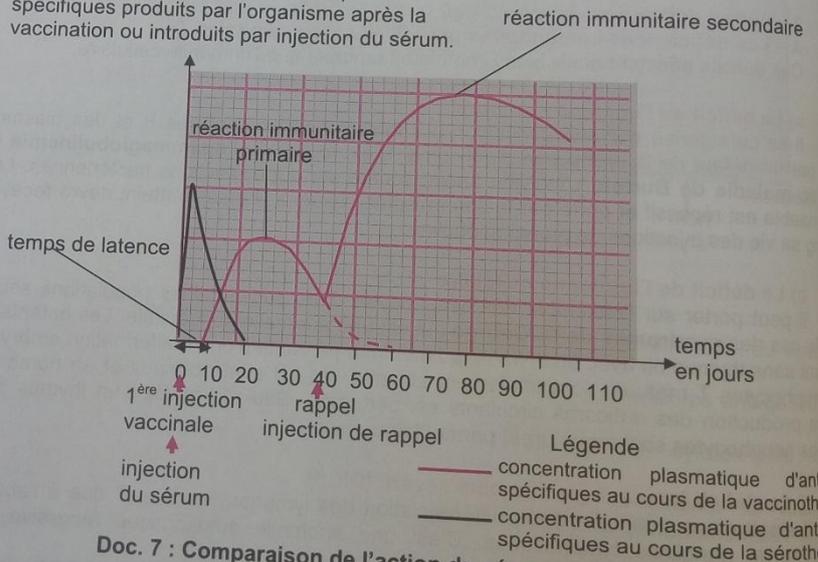
Pasteur a prouvé qu'on peut se protéger de certaines maladies par l'injection de germes tués ou atténués, ou de leurs toxines atténuées (anatoxines), qui déterminent une maladie bénigne, souvent inaperçue. C'est la **vaccination**, qui induit activement une **immunité spécifique**. Elle est durable, car il se forme des lymphocytes à mémoire permettant une réponse secondaire importante et rapide. Leur durée de vie conditionne la fréquence des rappels nécessaires pour maintenir un bon niveau de réponse. Un délai (10 à 12 jours) est nécessaire à son installation et le caractère exclusivement préventif.

Le mécanisme le plus fréquent est celui de l'immunité humorale avec l'apparition d'anticorps spécifiques. L'immunité peut aussi être cellulaire (cas du BCG), lorsqu'il y a la sensibilisation des lymphocytes T cytotoxiques.

La vaccination est donc la sensibilisation préalable d'un organisme à un antigène, afin d'amplifier la réponse immunitaire lors d'une infection ultérieure.

2 - La sérothérapie, une immunisation passive

Concentration plasmatique d'anticorps spécifiques produits par l'organisme après la vaccination ou introduits par injection du sérum.



Doc. 7 : Comparaison de l'action du sérum et du vaccin

Utilisée principalement pour les cas d'urgence, la sérothérapie a une action :
- curative dans le traitement de certaines maladies déclarées (tétanos, diphtérie, coqueluche,...)

- préventive lorsque le risque infectieux paraît élevé (exemples rubéole chez la femme enceinte), dans les cas de déficits immunitaires ou de prévention d'accidents de grossesse pour cause d'incompatibilité de Rhésus. L'association d'un sérum et d'un vaccin ou sérovaccination est utilisée pour la prévention de certaines maladies (tétanos, rage).
La sérothérapie correspond donc à l'injection d'anticorps spécifiques pour limiter le développement d'une infection.

Comme inconvénients, le sérum contient des protéines étrangères, susceptibles d'être allergiques pour un sujet prédisposé chez lequel elles pourraient entraîner une réaction grave (choc anaphylactique). Certains sérums ont pu, dans un passé proche, transmettre certaines maladies.

3 - Reconstitution du système immunitaire

Il s'agit d'apporter à l'individu qui en est dépourvu congénitalement ou dont le déficit est acquis les cellules immunocompétentes qui lui font défaut et qui constituent le seul moyen de lutter contre la défaillance de la réponse à médiation cellulaire.

a) La greffe de moelle osseuse

La moelle rouge, prélevée dans les os de la hanche du donneur, est réinjectée au malade par voie intraveineuse comme une simple transfusion. Les cellules souches colonisent les os courts et plats.

b) Les greffes de tissus fœtaux

Elles permettent de guérir les enfants atteints de certains déficits immunitaires congénitaux. On utilise des foies et des thymus du fœtus de 2 à 13 semaines. À ce stade, les cellules immunitaires ne sont pas développées, ce qui évite le problème de compatibilité tissulaire.

4 - Traitements immuno-modulateurs

Ils modifient l'ampleur de la réponse immunitaire. Les substances immunostimulantes permettent d'activer les défenses naturelles. Les interférons produits par les lymphocytes T activés ou par des cellules qu'infecte un virus permettent une protection des cellules saines. On les utilise dans la lutte antivirale et anticancéreuse. L'interleukine-2 permet de « doper » des cellules tueuses pour lutter contre les cancers, en particulier les **métastases** (cellules migrantes).

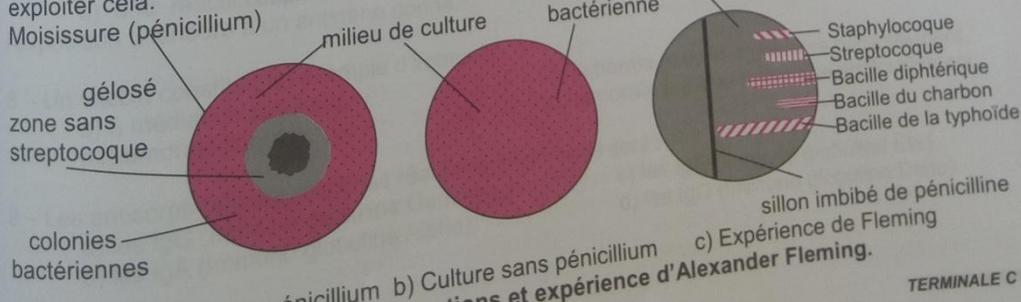
Les traitements immunosuppresseurs limitent les rejets dans les transplantations d'organes et la réaction du greffon contre l'hôte dans les greffes de moelle osseuse. On utilise surtout la ciclosporine, qui bloque l'activation des lymphocytes T8.

Comparaison de l'action du vaccin et du sérum

	Vaccin	Sérum
Mode d'action (rôle)	préventif	curatif
Délai d'action	tardif	immédiat
Durée d'action	longue (plusieurs années)	courte (plusieurs semaines)
Nature (contenu)	antigène à virulence atténuée	anticorps ou antitoxines
Caractère de l'immunité	induit la fabrication des anticorps	Contient des anticorps déjà fabriqués

5 - L'antibiothérapie

Alexander Fleming (1881 - 1955) a découvert le premier antibiotique, la **pénicilline** en 1928. Des poussières avaient contaminé par hasard une de ses cultures microbiennes et une spore de moisissure avait germé au milieu de ses boîtes de pétri. Observateur génial, il sut exploiter cela.



a) Culture avec pénicillium b) Culture sans pénicillium c) Expérience de Fleming.
Doc. 8 : Observations et expérience d'Alexander Fleming.

a) Définition

L'**antibiothérapie** est le traitement d'une infection microbienne à base des antibiotiques.

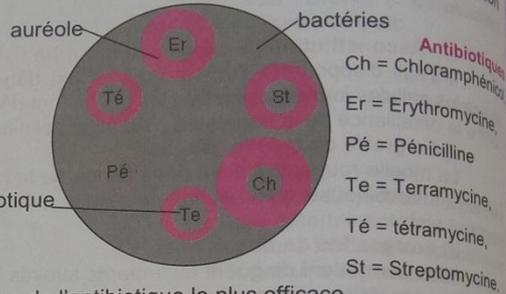
On appelle **antibiotique** toute substance naturelle fabriquée par un microorganisme ou synthétisée au laboratoire et qui a pour effet de détruire certaines bactéries ou d'empêcher leur multiplication.

Importance des antibiotiques

Les antibiotiques empêchent la multiplication des microbes (action bactériostatique), les tuent (action bactéricide) ou les « dissolvent » (action bactériolytique), ils bloquent la fabrication des enzymes et des protides des microbes.

Un antibiotique n'est pas toujours efficace contre les différents microbes d'une même espèce. En cas d'une infection microbienne, il faut rechercher l'antibiotique le plus efficace à chaque microbe : d'où la nécessité de réaliser un **antibiogramme**.

La culture est faite à partir des prélèvements du malade (gorge, sang, urine, pus).



Doc. 9 : Mise en évidence de l'antibiotique le plus efficace.

Le document ci-dessus montre le résultat de l'antibiogramme. L'antibiotique le plus efficace est celui qui détruit les colonies de bactéries sur une grande surface. Dans notre exemple, le Chloramphénicol est l'antibiotique le plus efficace. Plus un antibiotique détruit différents types de bactéries, plus son spectre d'action est large.

Remarque. Le **spectre d'action** d'un antibiotique est l'ensemble des microbes qu'il peut détruire ou neutraliser.

6 – La séro-vaccinothérapie

C'est l'association du sérum et du vaccin pour lutter contre une infection.

IV – Utilisation des antibiotiques : Arme à double tranchant

L'emploi très systématique des antibiotiques diminue non seulement leur effet, mais peut aussi être toxique. Une utilisation incontrôlée des antibiotiques entraîne une éventuelle résistance des microbes à cet antibiotique. Les bactéries sont capables de présenter en peu de temps des mutations qui aboutissent au bout d'un délai à ce qu'elles produisent des substances (enzymes) efficaces pour contrer l'action des antibiotiques (enzymes qui inactivent l'antibiotique).

L'abus d'antibiotiques est aussi très toxique pour l'organisme et cause de nombreux dégâts comme le dysfonctionnement du foie, des reins, la destruction de la flore intestinale.

Chaque antibiotique a une concentration minimale inhibitrice (CMI) qui est la plus faible concentration d'antibiotique qui empêche un développement bactérien dans un milieu de culture ou dans l'organisme. Lorsque la teneur de l'antibiotique dans le sang dépasse la valeur de la CMI, l'antibiotique devient toxique.

La valeur de la CMI augmente aussi avec le nombre d'années d'utilisation d'un antibiotique dans la population, ce qui confirme la résistance des germes à l'antibiotique.

I - Restitution organisée des connaissances
A - Questions à choix multiples

Exercices

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 - Le virus du SIDA se lie :
 - a) spécifiquement aux plasmocytes,
 - b) à tous les lymphocytes,
 - c) aux cellules munies de récepteurs CD4,
 - d) à plusieurs types cellulaires, parmi lesquels les lymphocytes T4 et T8.
- 2 - Le malade du SIDA décède :
 - a) des suites d'un déficit en lymphocytes T4,
 - b) à cause d'un excès d'anticorps,
 - c) à cause d'un déficit en lymphocytes cytotoxiques,
 - d) des suites d'une infection généralisée par le VIH.
- 3 - La vaccination :
 - a) déclenche toujours une réponse immunitaire primaire lors de la première injection,
 - b) déclenche une réponse immunitaire secondaire plus efficace lors d'une injection de rappel,
 - c) permet la formation de cellules à mémoires qui déclenchent la réponse primaire,
 - d) est un transfert d'immunité d'un individu à un autre.
- 4 - Le Sida ne se transmet pas par :
 - a) la transfusion sanguine,
 - b) allaitement par une mère séropositive,
 - c) des sécrétions sexuelles,
 - d) des embrassades et des baisers sur la joue
- 5 - Une maladie auto-immune est une maladie :
 - a) qui renforce le système immunitaire de l'individu,
 - b) qui déclenche une réaction de défense spécifique,
 - c) dont l'action du système immunitaire est dirigée contre les molécules du soi.
 - d) due à la déficience du système immunitaire.
- 6 - Une maladie opportuniste, dans le cas du Sida :
 - a) a toujours pour germe le bacille de Koch,
 - b) affecte un individu au système immunitaire défaillant
 - c) détruit les lymphocytes T et affaiblit le système immunitaire,
 - d) se manifeste par des allergies.
- 7 - L'allergie est :
 - a) une substance à laquelle un individu est hypersensible,
 - b) une réaction de défense immunitaire hyper développée lors d'une inflammation,
 - c) un transfert de tissu d'un individu à un autre de la même espèce,
 - d) une réaction de défense immunitaire hyper développée d'un individu à la suite de l'exposition ultérieure à un antigène donné.
- 8 - Un vaccin constitue un exemple d'immunité :
 - a) à médiation cellulaire,
 - b) humorale acquise,
 - c) humorale passive transmise naturellement,
 - d) humorale passive transmise artificiellement.
- 9 - Les anticorps responsables des réactions allergiques sont :
 - a) les IgG (Immuno globuline Gamma),
 - b) les IgA (Immuno globuline Alpha),
 - c) les IgE (Immuno globuline Eta),
 - d) les IgD (Immuno globuline Delta).

B – Questions à réponses ouvertes (QRO)

Exercice 1

- 1 – Définissez la réaction immunitaire, l'hypersensibilité, un sérum.
- 2 – Pourquoi le VIH est-il difficile à combattre par le système immunitaire ?
- 3 – Les enfants nés des mères séropositives sont tous séropositifs à la naissance. Trois mois après, 50% de ces enfants demeurent séropositifs et sont alors en grand danger. Expliquez.
- 4 – Donnez un exemple
 - d'immunité active naturelle,
 - d'immunité active artificielle,
 - d'immunité passive naturelle,
 - d'immunité passive artificielle.
- 5 – Faites la distinction entre une réaction immunitaire primaire et une réaction immunitaire secondaire. Laquelle est la plus rapide, et pourquoi.

Exercice 2

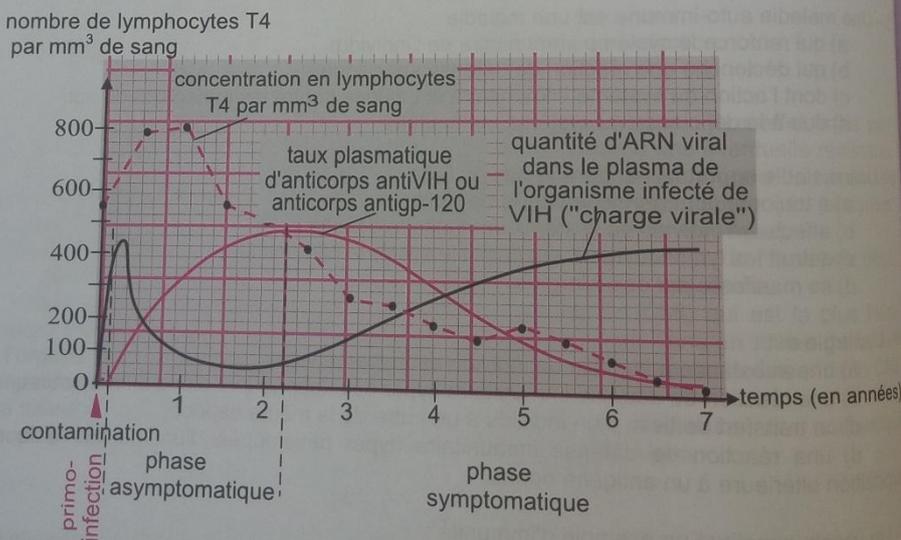
- a) Définissez le sigle SIDA.
- b) Si on trouve les anticorps anti VIH dans le sérum d'un individu, qu'est-ce que cela signifie ?
- c) Qu'est-ce que le sérum thérapeutique ?
- d) Pourquoi l'usage des préservatifs est-il un procédé pour lutter contre le SIDA ?
- e) Une personne contaminée par le VIH peut être atteinte de maladies plus ou moins graves. Ce sont des maladies dites opportunistes. Que signifie maladie opportuniste ?
- f) Citez deux maladies opportunistes que vous connaissez.

II – Exploitation des documents

Exercice 1

Le SIDA est une maladie qui évolue de façon différente selon les sujets. Les variations de la teneur en lymphocytes T4 présentées sur le graphe concernent un jeune homme dont la maladie évolue de façon représentative jusqu'à la mort survenue 7ans après la contamination.

Les données du graphe permettent de suivre le « combat » du système immunitaire face au virus du SIDA.



- 1 – D'après les données fournies ici, quelles sont les réactions de l'organisme pendant la première année de l'infection par le virus du SIDA.
- 2 – À partir de quel moment le sujet est-il contagieux ?
- 3 – À partir de quel moment le sujet est-il séropositif ?
- 4 – À partir de vos connaissances, dites pourquoi le VIH est difficile à combattre pour le système immunitaire.

Exercice 2

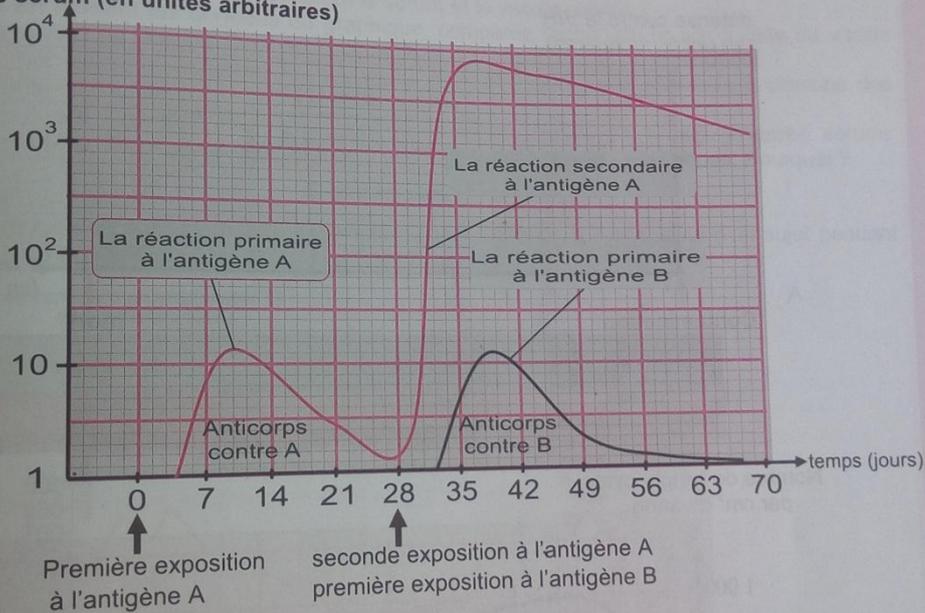
Solange est enceinte, elle a 30 ans, elle est devenue séropositive au VIH il y a 10 ans. Elle ne présente actuellement aucun symptôme du SIDA, elle prend plusieurs médicaments, mais elle a peur de contaminer son bébé.

- 1 - D'après vous, est-ce que le virus peut se transmettre de la mère à son bébé ?
- 2 - Quelles cellules de Solange sont infectées par le virus et pourquoi une attaque de ces cellules est-elle si dévastatrice ?
- 3 - Pourquoi Solange prend-elle les médicaments alors qu'elle ne présente aucun symptôme ?
- 4 - Quels types de médicaments peut-elle prendre et quels sont leurs effets sur le virus et la réplication virale ?

Exercice 3

Le document suivant représente la concentration d'anticorps dans le sérum après la réaction primaire et la réaction secondaire à l'antigène A, et la réaction primaire à l'antigène B.

Concentration d'anticorps dans le sérum (en unités arbitraires)



Réactions humores primaires et secondaires

- 1 - Faites la comparaison entre les réactions primaires et secondaires de l'exposition à l'antigène A.
- 2 - Pourquoi la réaction de la deuxième exposition à l'antigène A est-elle différente de la première exposition au même antigène A ?
- 3 - Quelle conclusion pouvez-vous faire des réactions de l'antigène A et de l'antigène B ?

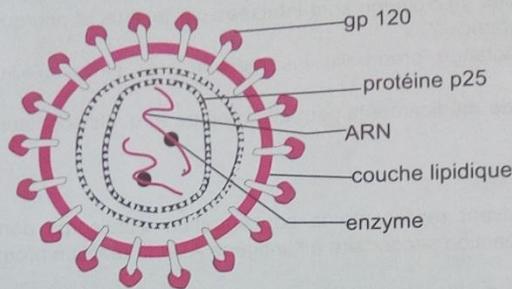
Exercice 4

Le SIDA est aujourd'hui considéré comme un fléau. Plusieurs milliers d'individus sont contaminés chaque jour par le virus du SIDA dont l'aspect est représenté sur le document I. La pénétration du virus du SIDA dans l'organisme est suivie par différentes réactions matérialisées par les figures A et B du document II.

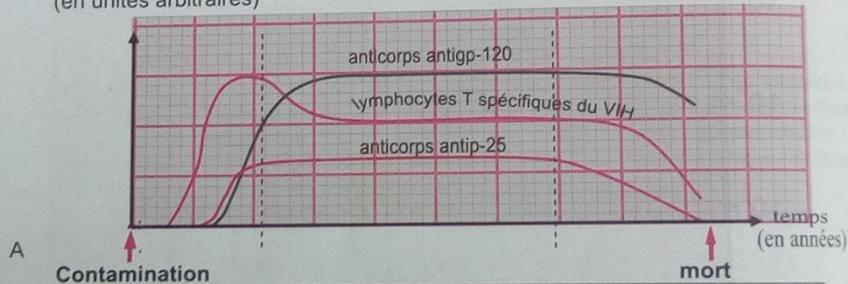
- Analysez ces différents documents et répondez aux questions suivantes.
- 1 - Définissez les différentes phases de l'évolution du SIDA et la durée de chacune d'elles.

- 2 – En quoi consiste la réponse immunitaire des organismes infectés ?
- 3 – Quelles sont les cellules immunitaires mises en œuvre pour combattre le VIH ?
- 4 – Quel est l'effet du VIH dans l'organisme ? En déduire la définition de la séropositivité.
- 5 – Comment évoluent les taux des lymphocytes au début de l'infection ?
- 6 – Pourquoi le taux de VIH chute-t-il rapidement au début de l'infection ?
- 7 – Pourquoi la mort intervient-elle inexorablement au cours de la phase majeure ?

Document I

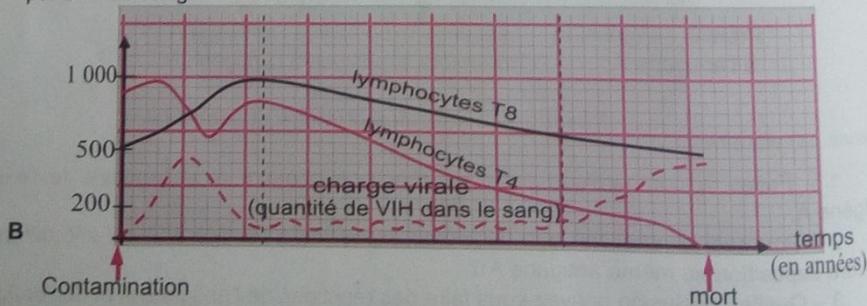


défense contre le VIH
(en unités arbitraires)



4 à 8 semaines	plusieurs années	des années
phase asymptomatique	Pré-SIDA (phase mineure)	SIDA (phase majeure)

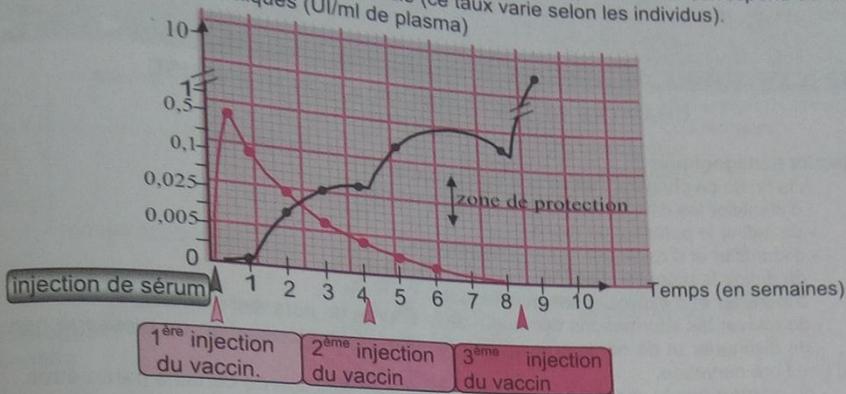
Nombre de lymphocytes par cm^3 de sang



Exercice 5

Une personne n'ayant pas subi de rappel antitétanique depuis plus de 15 ans s'est profondément blessée sur une clôture souillée. Afin d'enrayer le développement éventuel du tétanos, le docteur procède à une sérovaccination (injections successivement en deux endroits différents d'un sérum antitétanique) qui sera suivie d'une deuxième puis d'une troisième injection du vaccin seul. La figure ci-dessous permet de suivre l'évolution du taux des antitoxines tétaniques présentes dans le plasma du blessé en fonction du temps. Pour faciliter l'étude, on a représenté

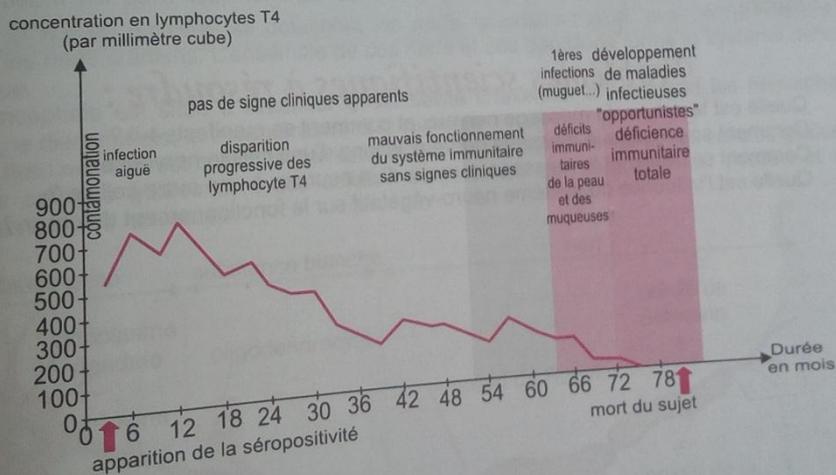
Chapitre 9 : Les dysfonctionnements du système immunitaire et les aides au système immunitaire
 séparent les antitoxines sériques et vaccinales. La « zone de protection » correspond au taux d'anticorps minimal protégeant contre la maladie (ce taux varie selon les individus).
 taux d'anatoxines tétaniques (UI/ml de plasma)



- 1 - Que contiennent respectivement le sérum et le vaccin utilisés ?
- 2 - En utilisant les données du graphique, comparez l'action du sérum à celle du vaccin dans la prévention du tétanos. Quel est l'intérêt de la combinaison des deux procédés ?
- 3 - Comparez et expliquez les variations du taux d'anticorps obtenues à chacune des trois injections vaccinales.
- 4 - Avant l'injection du sérum, on demande au blessé s'il a reçu d'autres sérums (antidiphthérique, antivenimeux...) et s'il a déjà manifesté des accidents allergiques. Pourquoi ?

Exercice 6

Le graphique suivant montre les effets du VIH-SIDA dans l'organisme d'un sujet pendant une période de 18 mois.



- 1 - À partir de ce graphique, relevez :
 - a) l'effet principal de ce virus.
 - b) les conséquences de cet effet principal aux niveaux du système immunitaire et de l'organisme en générale.
- 2 -
 - a) Expliquez la relation entre l'effet principal du VIH et ses conséquences.
 - b) Tirez une conclusion.

Baccalauréat C 2009, partiel

TERMINALE C

PARTIE IV : LA COMMUNICATION NERVEUSE ET LA REGULATION DU FONCTIONNEMENT DE L'ORGANISME

CHAPITRE 10 : LA COMMUNICATION NERVEUSE

Objectifs pédagogiques.

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- d'identifier les différentes parties du système nerveux,
- de définir le potentiel de repos,
- d'identifier et d'expliquer ses manifestations,
- de définir le potentiel d'action,
- d'identifier et d'expliquer ses manifestations
- de relever les informations découlant de la courbe du potentiel d'action,
- de distinguer et de nommer les différents modes de propagation du message nerveux le long d'une fibre nerveuse,
- de montrer que la vitesse de propagation varie en fonction de certains paramètres,
- de définir une synapse,
- de représenter schématiquement et de nommer les différentes parties d'une synapse,
- d'identifier les différents types de synapses,
- d'expliquer les mécanismes de fonctionnement des synapses,
- d'expliquer la notion de neurotransmetteur ou médiateur chimique,
- d'expliquer l'influence du système neurovégétatif sur le rythme cardiaque.

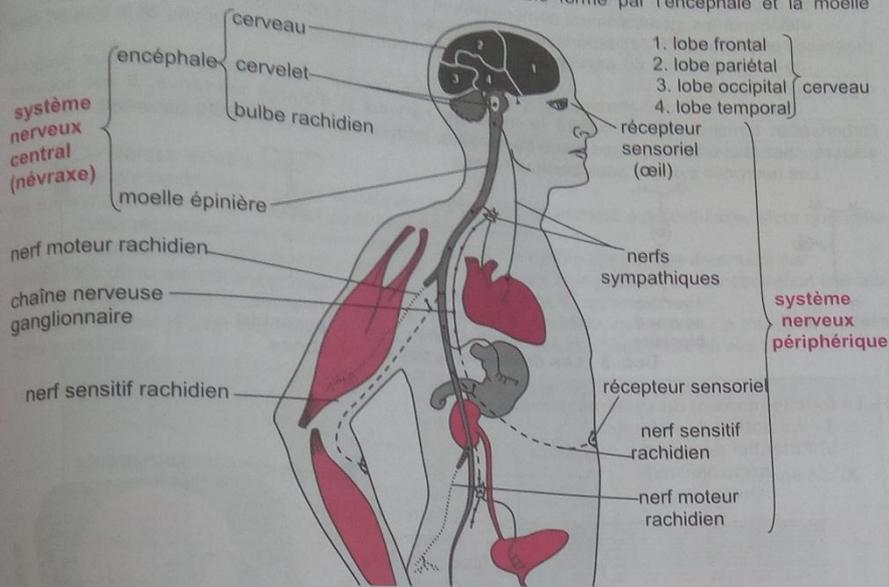
Les pré-requis

Le système nerveux est constitué des centres nerveux (encéphale et moelle épinière) et des nerfs. Les unités anatomiques du système nerveux sont les neurones. Le rôle de ces derniers est de conduire les influx nerveux qui permettent de communiquer avec les milieux intra et extracellulaire.

Problèmes scientifiques à résoudre :

- Quelle est la nature du message nerveux et comment se manifeste-t-il ?
- Comment se propage le message nerveux le long d'une cellule nerveuse ?
- Comment se transmet le message nerveux d'un neurone à une autre cellule ?
- Quelle est l'influence du système neuro-végétatif sur le fonctionnement du cœur ?

1 - Organisation générale du système nerveux
Le système nerveux cérébro-spinal est l'ensemble formé par l'encéphale et la moelle épinière.



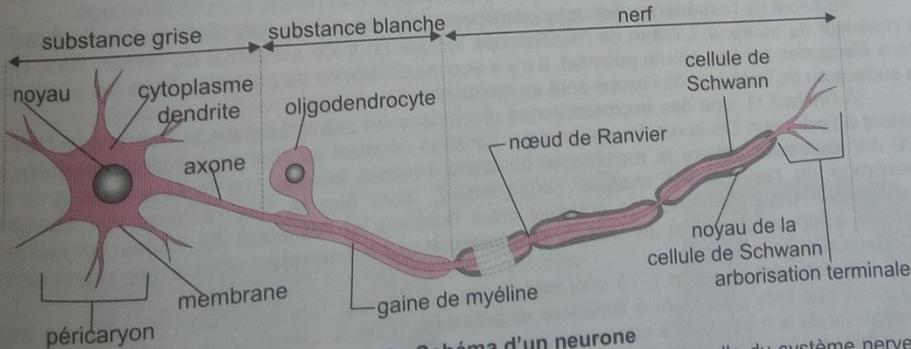
Doc. 1 : Organisation du système nerveux humain

De la moelle épinière, se détachent les nerfs rachidiens ; alors que de l'encéphale se détachent les nerfs crâniens. L'ensemble de ces nerfs et des ganglions forme le système nerveux périphérique.

L'encéphale est situé à l'intérieur de la cavité crânienne. Il comprend les hémisphères cérébraux, le diencéphale, le tronc cérébral et le cervelet.

Le tissu nerveux est constitué des cellules nerveuses ou neurones et des cellules gliales.

Les **cellules gliales** sont des cellules conjonctives qui participent au soutien et à la nutrition des cellules nerveuses.



Doc. 2 : Schéma d'un neurone

Le neurone ou cellule nerveuse est l'unité structurale et fonctionnelle du système nerveux. Il est spécialisé dans la transmission du message nerveux au sein de l'organisme. Le corps humain compte des milliards de neurones. Le neurone est excitable : il réagit à des excitations de natures diverses, même faibles.

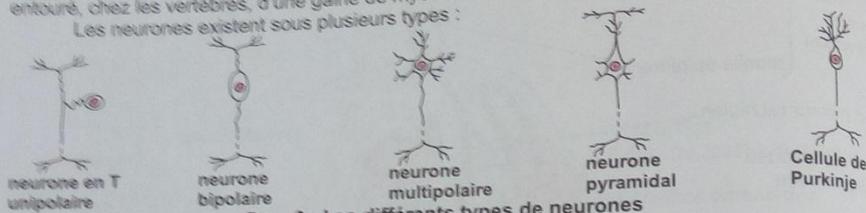
Le neurone conduit (transporte) et transmet l'influx nerveux qu'il produit.

Remarque

Le neurone peut être divisé en plusieurs parties :

- les dendrites, généralement nombreuses et ramifiées, par lesquelles le neurone reçoit des messages en provenance des arborisations terminales d'autres neurones,
- le corps cellulaire ou **péricaryon** ou encore soma qui contient le noyau et la plupart des organites cellulaires,
- l'axone ou prolongement cytoplasmique qui conduit les messages nerveux jusqu'à l'arborisation terminale où se délivre le message nerveux à d'autres neurones. Il est souvent entouré, chez les vertébrés, d'une gaine de myéline, formée par les cellules de Schwann.

Les neurones existent sous plusieurs types :

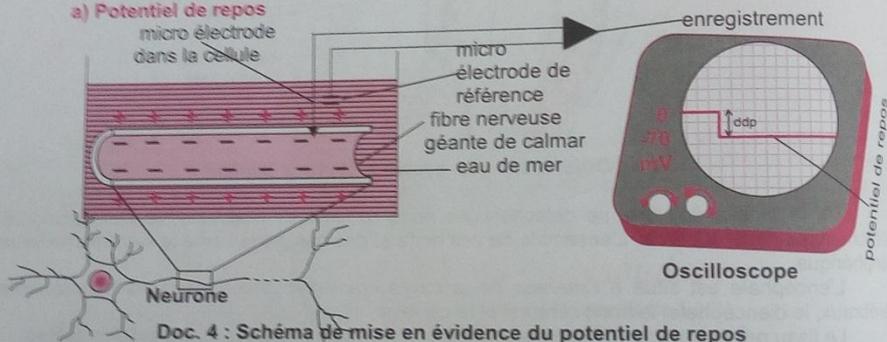


Doc. 3 : Les différents types de neurones

II - Le fonctionnement du système nerveux

1 - La notion de potentiel

a) Potentiel de repos



Le montage expérimental ci-dessus comporte un neurone ou un fragment d'axone placé dans un milieu physiologique et deux microélectrodes réceptrices reliées à un oscilloscope.

Au début de l'expérience, les deux microélectrodes réceptrices sont placées à la surface ou à l'intérieur du neurone. L'écran de l'oscilloscope indique un tracé horizontal au niveau zéro. Les deux électrodes sont au même potentiel. Il n'y a aucune différence de potentiel. Tous les points de la surface ou de l'intérieur de l'axone sont au même niveau potentiel.

À l'instant t_1 , une des microélectrodes réceptrices est enfoncée dans le neurone et l'autre restant à l'extérieur. On constate une brusque variation négative du spot de l'oscilloscope jusqu'à -70 mV environ à travers la membrane. Le signe « moins » indique que la face interne de la membrane du neurone est chargée négativement, alors que la face externe est chargée positivement. Cette différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur de toutes les cellules vivantes s'appelle **potentiel de repos** ou **potentiel de membrane** : toutes les membranes cellulaires sont polarisées.

Ce potentiel de repos (-70 mV) traduit, pour l'essentiel, une répartition inégale des ions sodium et des ions potassium à l'intérieur et à l'extérieur de la cellule et des différences de la perméabilité de la membrane à ces ions.

NB : La valeur du potentiel de repos varie de -55 à -100 mV selon les neurones.

*** Interprétation ionique du potentiel de repos**

En analysant la composition des milieux intra et extracellulaire des cellules au repos, on constate qu'il y a une inégale répartition des ions de part et d'autre de la membrane.

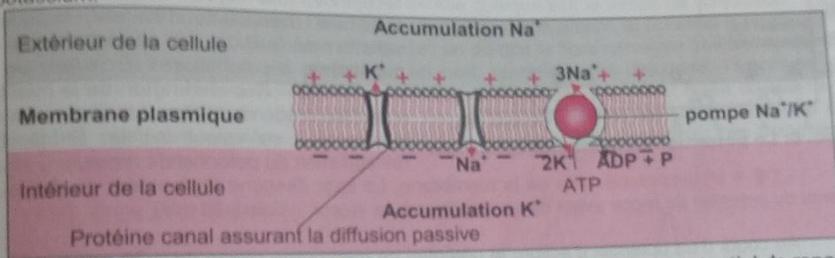
Chapitre 10 - La communication nerveuse

Concentration ionique (en mmol L ⁻¹)	Neurone de vertébrés		Neurone d'invertébrés marins (calmar)	
	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire
Na ⁺	5 à 15	145	50	440
K ⁺	140	5	400	20
Ca ²⁺	10 ⁻⁴	1 à 2	10 ⁻⁴	10
Cl ⁻	4 à 30	110	40 à 150	560

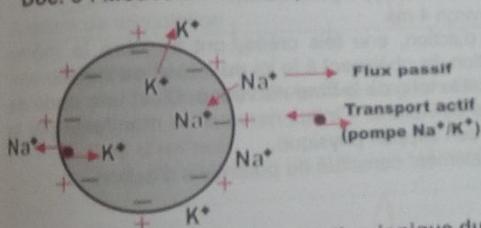
Tableau des concentrations ioniques intra et extracellulaires au niveau de cellules au repos

Ce tableau montre que :

- la concentration en Na⁺ est élevée dans le compartiment extracellulaire, alors que celle de K⁺ est très élevée dans le compartiment intracellulaire.
- Cette répartition inégale est en réalité un état d'équilibre dynamique déterminé par :
 - une diffusion sélective des ions Na⁺ et K⁺ suivant leur gradient de concentration liée aux propriétés de la membrane qui est plus perméable aux ions K⁺ qu'aux ions Na⁺.
 - l'intervention d'une pompe Na⁺, K⁺ et ATP dépendante, qui assure un transport « actif » des ions Na⁺ et K⁺, en éjectant trois ions sodium de la cellule chaque fois qu'elle fait entrer deux ions potassium.



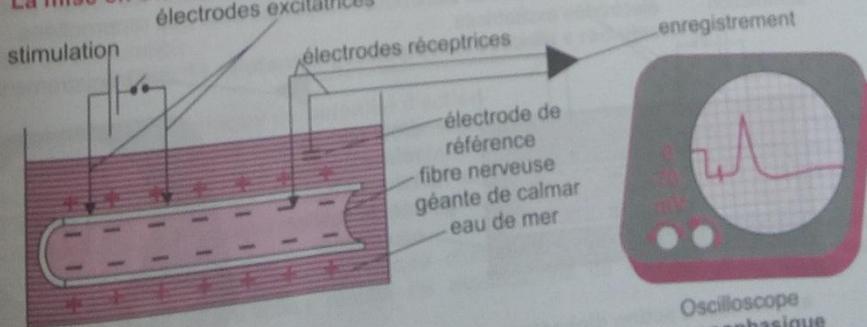
Doc. 5 : Mouvements ioniques transmembranaires intervenant lors du potentiel de repos



Le potentiel de repos est donc la différence de potentiel qui existe entre la surface et l'intérieur d'une cellule vivante en absence de toute stimulation.

Doc. 6 : Schéma de l'interprétation ionique du potentiel de repos

b) Le potentiel d'action (PA)
 La mise en évidence du potentiel d'action

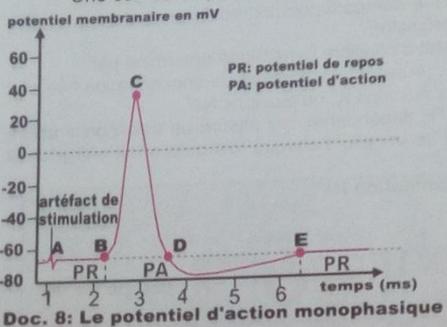


Doc. 7 : Dispositif de mise en évidence du potentiel d'action monophasique

On utilise un montage expérimental voisin de celui qui a été utilisé pour le potentiel de repos. Mais deux électrodes stimulatrices ont été ajoutées à la fibre nerveuse, et qu'on n'enregistre que Si une stimulation électrique S1 est appliquée à la fibre nerveuse, et qu'on n'enregistre que l'artéfact de stimulation sur l'écran de l'oscilloscope, S1 est donc **inefficace** pour pouvoir modifier le potentiel de la membrane: son intensité est donc **inférieure à l'intensité seuil ou rhéobase**. S1 est une stimulation **infraliminaire**.

Si on stimule électriquement une fibre nerveuse avec une intensité S2, l'enregistrement obtenu sur l'écran de l'oscilloscope après un certain retard montre, au niveau de la microélectrode réceptrice, le passage d'un signal nerveux appelé **potentiel d'action monophasique**. La fibre se donc réponde à la stimulation S2 qui est **efficace**.

Une courbe de potentiel d'action présente les parties suivantes :



Doc. 8: Le potentiel d'action monophasique

- A = **artéfact** de stimulation, qui correspond au moment précis de l'excitation.
- AB = **temps de latence**, qui est le temps mis par le message nerveux pour aller de l'électrode de stimulation jusqu'à l'électrode réceptrice (d'enregistrement).
- BC = **Dépolarisation** sous l'électrode réceptrice. Le spot subit une déviation maximale d'amplitude 100 mV, indiquant la variation de la d.d.p. de part et d'autre de la membrane.
- CD = **Repolarisation** de la membrane sous l'électrode réceptrice. Le spot revient plus lentement à sa valeur initiale. En D, il y a réinstallation du potentiel de repos.

- DE = **Hyperpolarisation** de la membrane. Le spot descend légèrement en dessous du niveau du potentiel de repos avant de se stabiliser à sa valeur initiale (-70 mV).

Au cours d'un potentiel d'action, le potentiel de membrane passe de -70 mV à +30 voire +40 mV puis revient à sa position initiale après une brève hyperpolarisation. La durée du potentiel d'action BE est d'environ 4 ms.

Pour une fibre nerveuse, les potentiels d'action, une fois créés, ont toujours la même amplitude, quelle que soit l'intensité de la stimulation. Ils obéissent à la loi du « tout ou rien ».

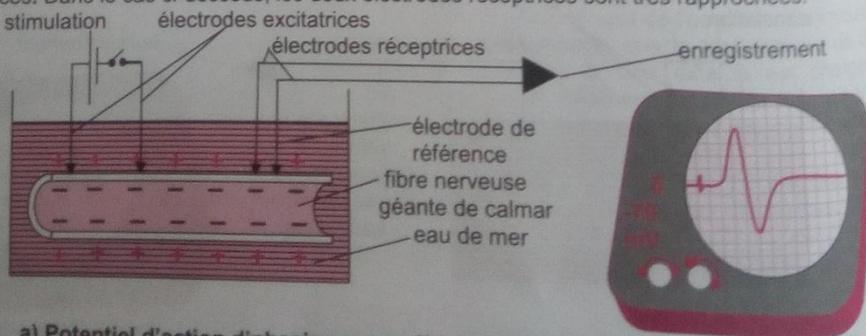
L'influx nerveux est un « message » conduit le long de la fibre nerveuse. C'est une onde de dépolarisation qui voyage le long de la membrane de l'axone. L'influx nerveux se manifeste par la succession des potentiels d'action qui constituent son support physique.

Chez le vivant, le message nerveux est également constitué de potentiels d'action.

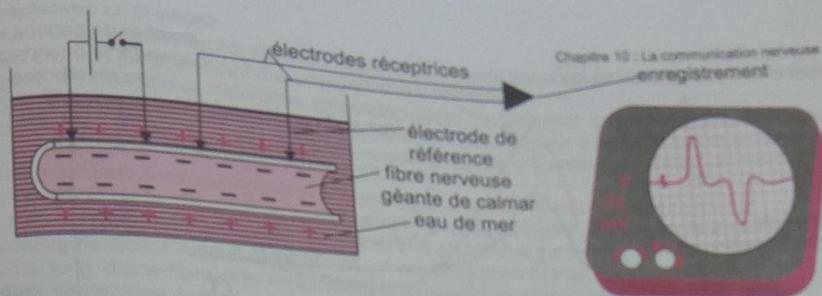
Remarque

Lorsqu'il y a une seule électrode enregistreuse, la courbe du potentiel d'action obtenu est dite **monophasique**.

Si les deux électrodes réceptrices sont à la surface de l'axone, on obtient après stimulation une **courbe diphasique** variant en fonction de la distance qui sépare les deux électrodes réceptrices. Dans le cas ci-dessous, les deux électrodes réceptrices sont très rapprochées.



a) Potentiel d'action diphasique avec électrodes réceptrices rapprochées

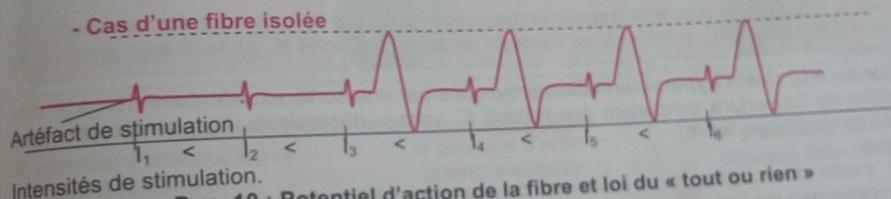


b) Potentiel d'action diphasique avec électrodes réceptrices éloignées
Doc. 9 : Dispositifs de mise en évidence du potentiel d'action diphasique

Remarque

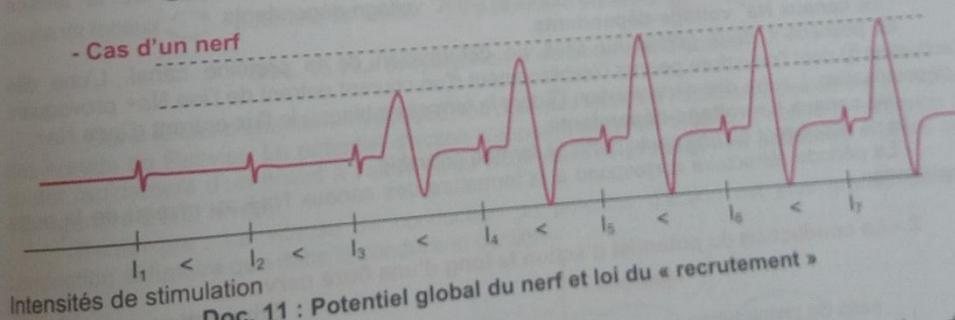
La fibre ou le nerf peut être excité(e) si on la (le) stimule avec un excitant mécanique, électrique, thermique ou chimique. Il existe une valeur minimale de l'intensité de l'excitation en dessous de laquelle la fibre nerveuse n'est pas excitée quelque soit le temps de stimulation : c'est le seuil de stimulation ou **rhéobase**. Une fois le seuil d'excitation atteint, le potentiel d'action d'une **fibre isolée** présente toujours la même amplitude : on dit que la fibre nerveuse obéit à la « loi du tout ou rien ». Si l'excitation est portée sur un nerf, au-delà de la rhéobase, l'amplitude du potentiel d'action augmente avec l'intensité de l'excitation jusqu'à une valeur limite où elle reste constante quelque soit l'intensité d'excitation. En ce moment, toutes les fibres nerveuses qui composent le nerf sont excitées. Le nerf obéit à la loi du « recrutement ». Les documents suivants illustrent les deux cas.

- Cas d'une fibre isolée



Doc. 10 : Potentiel d'action de la fibre et loi du « tout ou rien »

- Cas d'un nerf

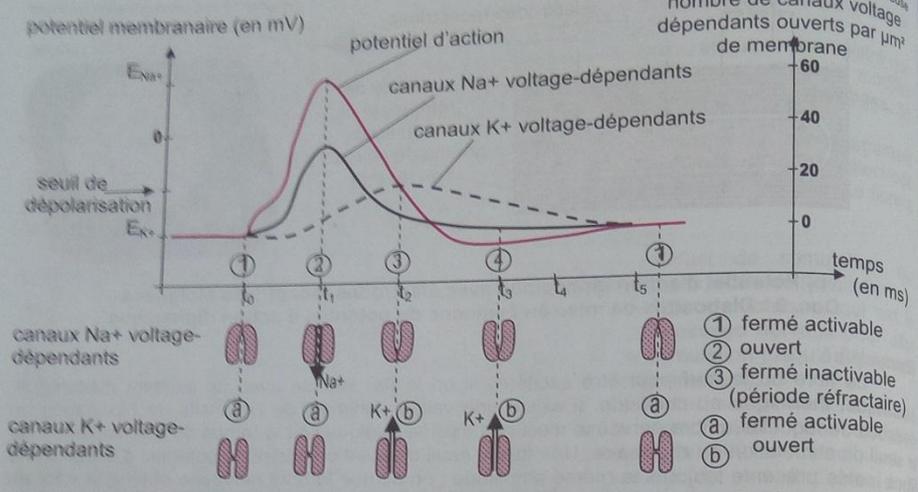


Doc. 11 : Potentiel global du nerf et loi du « recrutement »

*** Interprétation ionique du potentiel d'action**

L'existence d'un potentiel d'action correspond à une modification passagère de la perméabilité membranaire aux ions. Ces mouvements d'ions font intervenir deux nouvelles catégories de canaux ioniques. Ces canaux à Na^+ et à K^+ à fonction active sont fermés au repos. Leur ouverture (ou leur fermeture) dépend de la polarité de la membrane : on dit que les canaux sont voltage-dépendants.

Toute stimulation provoque l'ouverture d'un certain nombre de canaux Na^+ voltage-dépendants. Le potentiel d'action résulte de modifications du nombre de canaux voltage-dépendants ouverts ou fermés.



Doc. 12 : Fonctionnement des canaux ioniques voltage-dépendants et mécanisme du potentiel d'action

De t_0 à t_1 , c'est la phase de **dépolarisation** provoquée par l'ouverture massive des canaux Na^+ voltage-dépendants et l'entrée massive des ions Na^+ suivant leur gradient de concentration, mais les canaux K^+ restent fermés.

De t_1 à t_2 , c'est la phase de **repolarisation** provoquée par la fermeture des canaux à Na^+ , l'ouverture des canaux K^+ voltage-dépendants et la sortie des ions K^+ suivant leur gradient de concentration.

De $t_{2,5}$ à t_5 , c'est l'**hyperpolarisation** provoquée par une sortie excédentaire d'ions K^+ due au maintien de l'ouverture temporaire des canaux K^+ voltage-dépendants. Le potentiel de repos est rétabli par la pompe Na^+/K^+ .

Remarque

Il existe deux types de « protéines canaux » sensibles à la variation de la tension transmembranaire : les Na^+ voltage-dépendants et les K^+ voltage-dépendants

- les **canaux Na^+ voltage-dépendants**.

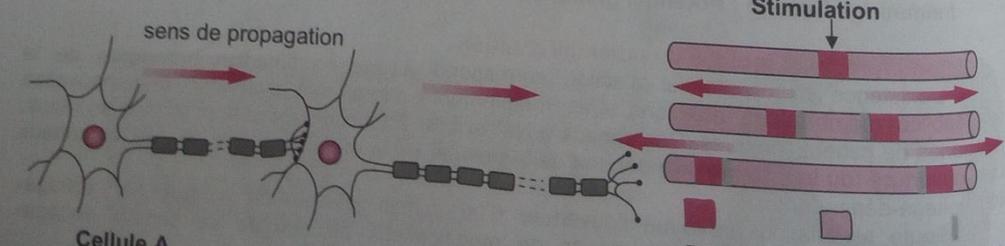
Ils possèdent deux portes ou sites de déformation de la protéine canal. L'une dite d'activation ① dont l'ouverture permet l'établissement d'un courant entrant de l'ion Na^+ provoquant la dépolarisation. L'autre dite d'inactivation ③ dont la fermeture bloque le flux entrant d'ions Na^+ .

- les **canaux K^+ voltage-dépendants**.

Ils ne possèdent qu'une seule porte @ fermée activable.

- La période réfractaire correspond à la fermeture des canaux Na^+ au niveau de la porte d'inactivation.

2 - La conduction du potentiel d'action le long d'une fibre nerveuse



Doc. 13 : Conduction unidirectionnelle (chaîne de neurones)

Doc. 14 : Conduction bidirectionnelle (fibre isolée)

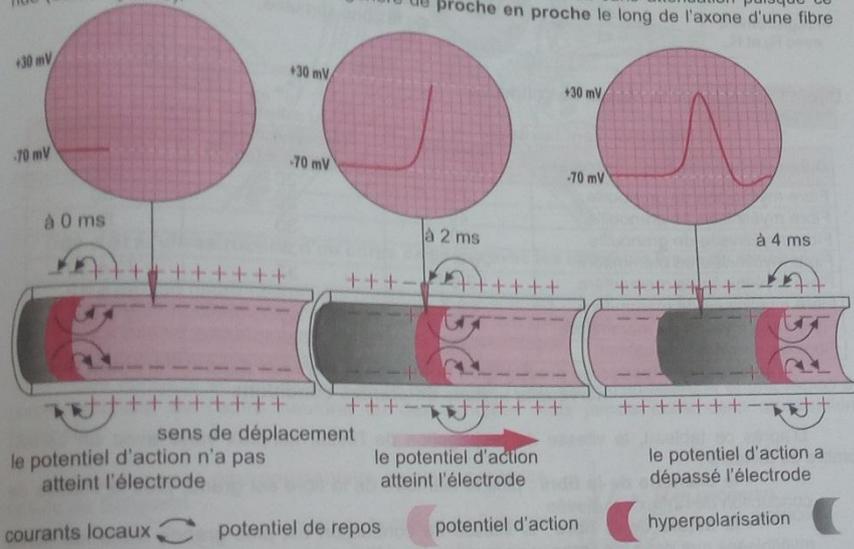
Sur une fibre isolée de l'organisme, le potentiel d'action se propage dans les deux sens tout le long de l'axone à partir du point d'excitation.

Dans les conditions naturelles (physiologiques), le potentiel d'action se propage sans atténuation et dans un seul sens le long de la fibre nerveuse à partir du point d'excitation selon le schéma : (dendrite → corps cellulaire → axone → arborisation terminale).

Des courants locaux régénèrent le potentiel d'action (mode de propagation)

L'inversion de la polarisation membranaire, due au potentiel d'action, crée des courants locaux. Ces derniers qui dépolarisent la membrane plasmique permettent à celle-ci d'atteindre le seuil de dépolarisation. Ce seuil étant atteint, un nouveau potentiel est émis.

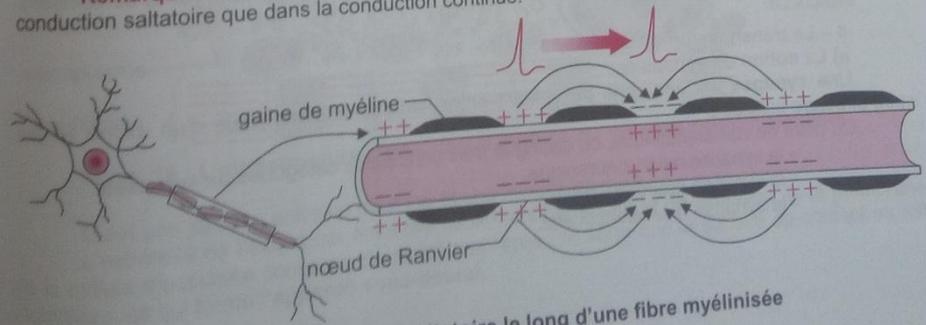
Le long d'une fibre non myélinisée, la propagation se fait sans atténuation puisque ce potentiel ne se déplace pas : il est régénéré de proche en proche le long de l'axone d'une fibre nue (sans myéline).



Doc. 15 : La propagation d'un potentiel d'action

- Dans le cas d'une fibre myélinisée, les courants locaux s'établissent seulement au niveau des nœuds de Ranvier. Le potentiel d'action n'apparaît qu'à leur niveau. Il donne l'impression de sauter rapidement d'un nœud à l'autre (d'où l'expression « **propagation saltatoire** ») alors qu'il est régénéré à leur niveau.

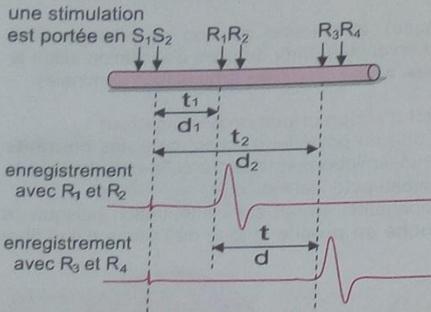
Remarque : La vitesse de conduction du potentiel d'action est plus grande dans la conduction saltatoire que dans la conduction continue.



Doc. 16 : Conduction saltatoire le long d'une fibre myélinisée

TERMINALE C

3 – La vitesse de propagation de l'influx nerveux et sa variation



Doc. 17 : Mesure de la vitesse de conduction

* La détermination de la vitesse de propagation de l'influx nerveux

L'électrode R₃ est à une distance d (d₂ - d₁) de l'électrode R₁. Le temps mis par le message nerveux pour aller de R₁ à R₃ est t (t₂ - t₁), donc la vitesse est v = d/t. Cette vitesse varie d'une à quelques dizaines de mètres par seconde.

La réponse enregistrée à une distance éloignée de la zone stimulée est un potentiel d'action identique à celui enregistré à proximité de la zone stimulée.

* Les facteurs influençant la vitesse de propagation du message nerveux

Différents types de fibres nerveuses.	Diamètre (en μm)	Température de l'organisme (en $^{\circ}\text{C}$)	Vitesse (en m.s^{-1})
Fibre myélinisée de grenouille.	10	20	17
Fibre myélinisée de grenouille.	20	20	30
Fibre myélinisée de grenouille.	20	30	80
Fibre myélinisée de mammifère.	20 à 12	37	110 à 60
Fibre myélinisée de mammifère.	12 à 5	37	70 à 30
Fibre myélinisée de mammifère.	5 à 2	37	30 à 12
Fibre sans myéline de mammifère.	1	37	2 à 0,5
Fibre sans myéline de calmar.	1 000	23	33

Tableau des vitesses de propagation du message nerveux dans différentes fibres nerveuses et dans différentes conditions

D'après ce tableau, la vitesse de propagation de l'influx nerveux varie avec un certain nombre de facteurs :

- le **diamètre de la fibre** : plus le diamètre de la fibre est grand, plus la vitesse de conduction de l'influx est élevée.
- la **nature de la fibre** : la vitesse de conduction est plus grande dans les fibres myélinisées que dans les fibres sans myéline (amyélinisées),
- la **température interne** de l'animal : plus la température interne de l'animal est élevée, plus la vitesse de conduction est élevée,
- la **distance** entre deux étranglements de Ranvier consécutifs : plus la distance entre deux étranglements est grande, plus la vitesse de conduction est élevée.

Exemple : Dans certaines maladies comme la sclérose en plaques, caractérisée par une disparition par plaques de la myéline, la propagation du message nerveux est ralentie. La gaine de myéline facilite et accélère la propagation du message nerveux. La gaine de myéline se comporte donc comme un isolant électrique.

4 – La transmission synaptique

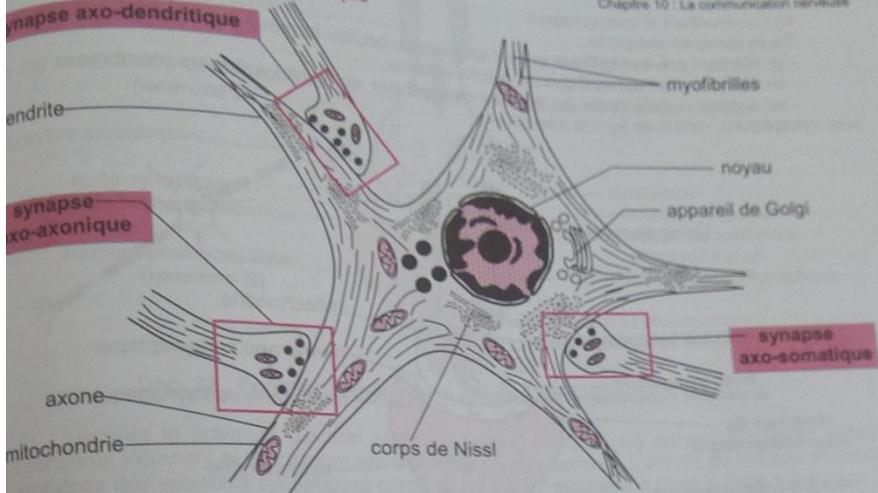
a) La notion de synapses

Une **synapse** est une zone de contact entre l'arborisation terminale d'un axone et une autre structure cellulaire.

Du point de vue anatomique, on distingue trois principales catégories de synapses :

- la synapse neuro-neuronique,
- la synapse neuromusculaire,
- la synapse neurosensorielle.

*** La synapse neuro-neuronique**

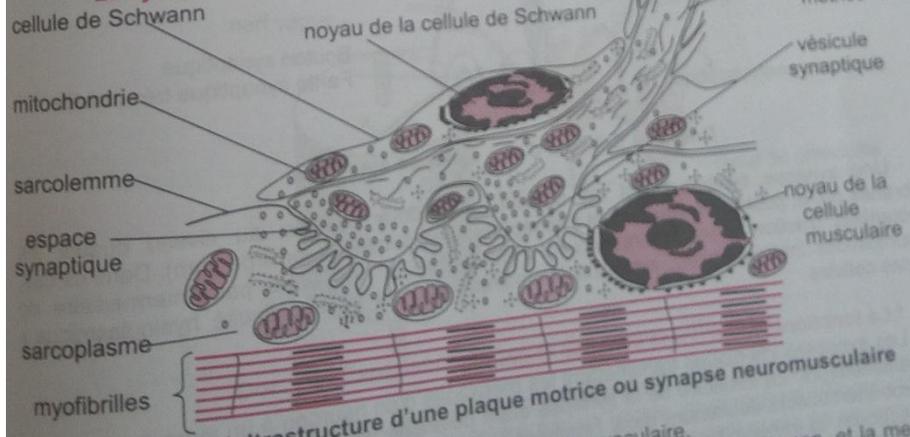


Doc. 18 : L'ultrastructure d'un corps cellulaire avec les différents types de synapses

La synapse neuro-neuronique comporte trois variantes :
 - la jonction axone-corps cellulaire ou synapse axo somatique,
 - la jonction axone-dendrite ou synapse axo-dendritique,
 - la jonction axone-axone ou synapse axo-axonique.

Ces contacts se font toujours entre l'arborisation terminale d'un neurone et une région du corps cellulaire de l'autre neurone ou des dendrites mais jamais entre deux arborisations terminales.

*** La synapse neuromusculaire ou plaque motrice**



Doc. 19 : L'ultrastructure d'une plaque motrice ou synapse neuromusculaire

C'est une jonction entre un neurone et une fibre musculaire.
 L'extrémité de l'axone est entourée seulement par la cellule de Schwann, et la membrane de la cellule musculaire comporte de nombreux replis (de sorte que la surface de contact en est multipliée), ce qui forme l'appareil sous-neural.

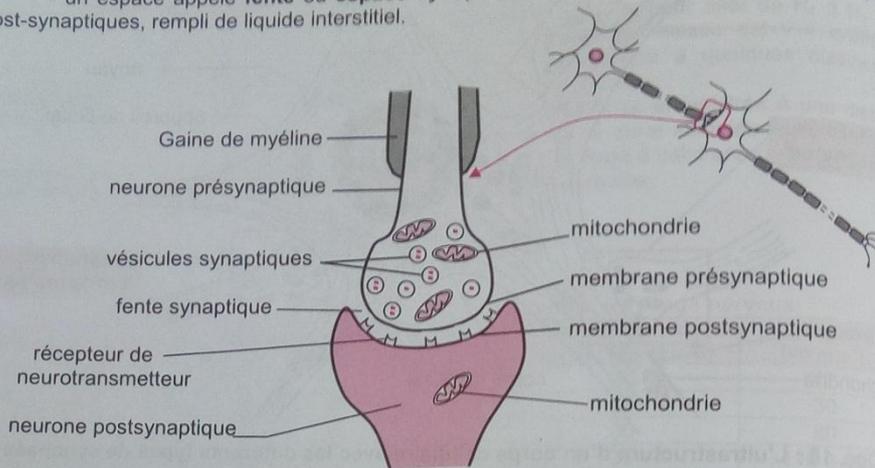
*** La synapse neuro-sensorielle**

C'est le contact entre la cellule sensorielle et le neurone.

b) La structure d'une synapse

Toute synapse comporte :

- un élément **pré-synaptique** qui est toujours un bouton terminal d'un neurone,
- un élément **post-synaptique** de nature variable,
- un espace appelé **fente ou espace synaptique** qui existe entre les membranes pré et post-synaptiques, rempli de liquide interstitiel.



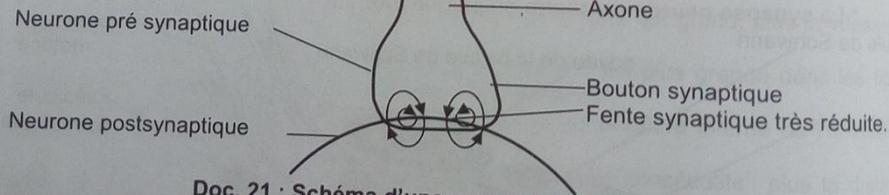
Doc. 20 : Schéma d'une synapse

c) Le fonctionnement des synapses

Du point de vue physiologique, on distingue deux types de synapses :

- les synapses électriques,
- les synapses chimiques.

*** Le fonctionnement d'une synapse à transmission électrique**

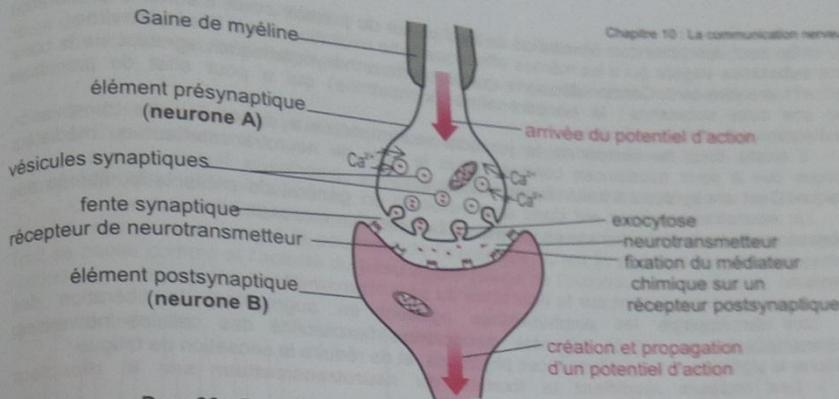


Doc. 21 : Schéma d'une synapse électrique

Une synapse électrique est un contact entre deux cellules, au niveau duquel les membranes pré et post-synaptiques sont très rapprochées et minces (environ 2nm). Dans ce cas, les potentiels d'action passent directement d'une cellule à une autre par l'intermédiaire de communications intercellulaires, jonctions lacunaires assurant la « continuité hyaloplasmique » entre ces cellules.

*** Le fonctionnement d'une synapse chimique**

Les synapses chimiques transmettent les messages d'un neurone à un autre au moyen de neurotransmetteurs. La structure de la synapse étant polarisée (existence de vésicules contenant les neurotransmetteurs seulement dans l'élément présynaptique, et récepteurs sur la membrane postsynaptique), la transmission du message nerveux ne peut se faire qu'en sens unique ; c'est-à-dire de l'élément présynaptique vers l'élément postsynaptique. Le neurone postsynaptique peut posséder différents types de récepteurs, il est donc sensible à plusieurs neurotransmetteurs.

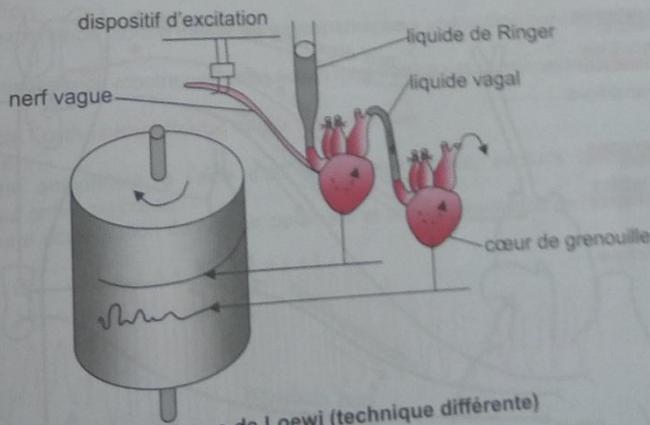


Doc. 22 : Fonctionnement de la synapse à transmission chimique

Lorsque le potentiel d'action atteint le bouton terminal, les canaux à calcium voltage-dépendants s'ouvrent et du calcium entre dans le bouton terminal. L'arrivée du calcium déclenche l'exocytose des vésicules synaptiques contenant le neurotransmetteur dans la fente synaptique qui se lie aux récepteurs spécifiques de la membrane postsynaptique. La liaison du neurotransmetteur provoque l'ouverture des canaux ioniques spécifiques, ce qui produit des potentiels gradués. Après son action sur la membrane postsynaptique, le neurotransmetteur ou les produits de sa dégradation sont recapturés par invagination de la membrane cytoplasmique du neurone présynaptique.

NB : La plaque motrice ou synapse neuromusculaire est une synapse à fonctionnement chimique.

d) La notion du neurotransmetteur : expériences de Otto Loewi et Cannon



Doc. 23 : Expérience de Loewi (technique différente)

En 1921, Otto Loewi utilise un cœur de grenouille isolé de la circulation sanguine, mais conservant son innervation ; le cœur est perfusé par un liquide physiologique (Ringer). Un petit volume de ce liquide servant de témoin est laissé dans le cœur pendant quelques secondes, puis recueilli. Un même volume de ce liquide de Ringer est ensuite laissé pendant le même temps, mais au cours d'une excitation du nerf vague provoquant un arrêt cardiaque. Ce liquide vagal est lui aussi recueilli.

Un autre cœur de grenouille est isolé sans son innervation. Il est perfusé avec le liquide témoin, ce qui ne donne aucune réaction, puis avec le liquide vagal, ce qui entraîne l'arrêt cardiaque.

On peut donc dire que l'excitation du nerf vague du premier cœur a entraîné la libération d'une substance vagale qui a les mêmes effets que cette excitation : c'est l'**acétylcholine**.

11 ans plus tard, Cannon découvre que les nerfs orthosympathiques agissent sur le cœur avec une autre substance : le **noradrénaline** (sympathine) qui a pour effet de provoquer l'accélération du rythme cardiaque.

Il existe donc au niveau de la jonction neuromusculaire du cœur, une transmission chimique due à deux substances connues sous le nom de neurotransmetteur ou médiateur chimique. C'est une synapse à transmission chimique.

Un **neurotransmetteur** est donc une molécule en général de petite taille, libérée par l'arborisation terminale d'un neurone en réponse à l'arrivée d'un message nerveux.

Remarque

- Les facteurs agissant sur la libération du neurotransmetteur
Lors du dopage, les amphétamines agissent en augmentant la libération des neurotransmetteurs qui ont la propriété d'augmenter l'excitabilité des cellules nerveuses, d'améliorer la vigilance et les performances physiques, et de réduire la sensation de fatigue.

- Les facteurs modifiant la fixation du neurotransmetteur sur le récepteur

postsynaptique

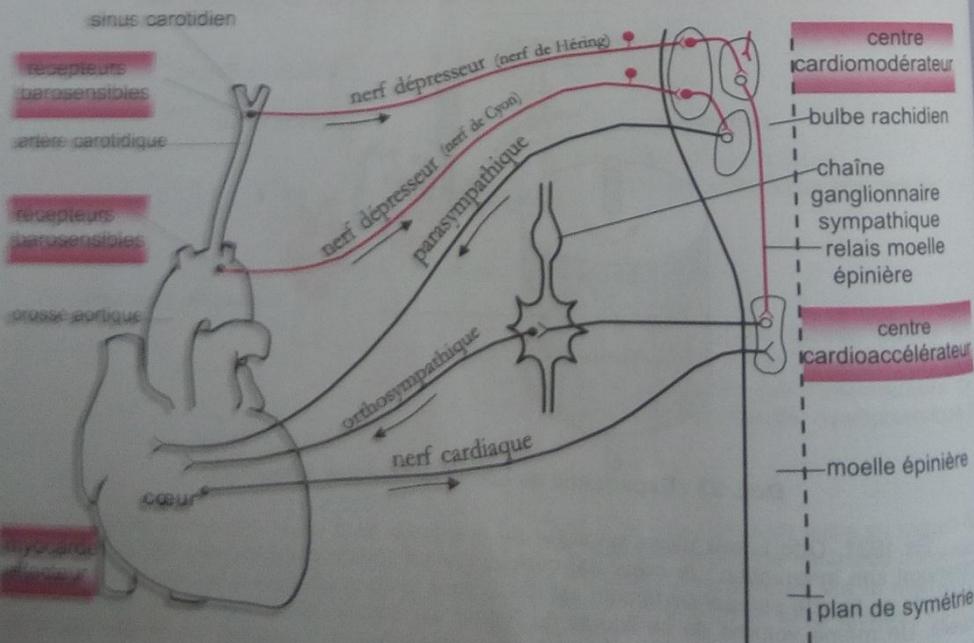
Une injection de la morphine libère dans le sang un grand nombre de molécules qui vont se fixer sur les récepteurs des endomorphines et jouer le même rôle : diminuer la douleur. C'est pourquoi la morphine est utilisée en milieu hospitalier pour atténuer la souffrance dans le cas des maladies très douloureuses. La **morphine est une molécule agoniste de l'enképhaline**. Un agoniste est donc une substance qui a le même mode d'action qu'une autre substance.

Le curare bloque les récepteurs au niveau de l'élément postsynaptique de la plaque motrice et paralyse le muscle. Le **curare est donc un antagoniste de l'acétylcholine**.

III - Le système neurovégétatif et le rythme cardiaque

1 - Influence du système nerveux végétatif sur le rythme cardiaque

Des expériences effectuées sur les nerfs parasymphatiques et orthosymphatiques ont montré le rôle de ces deux nerfs sur l'activité cardiaque.



Doc. 24 : Contrôle nerveux de l'activité cardiaque

Observation

En sectionnant chez un Chien, tous les nerfs qui partent et arrivent au cœur.

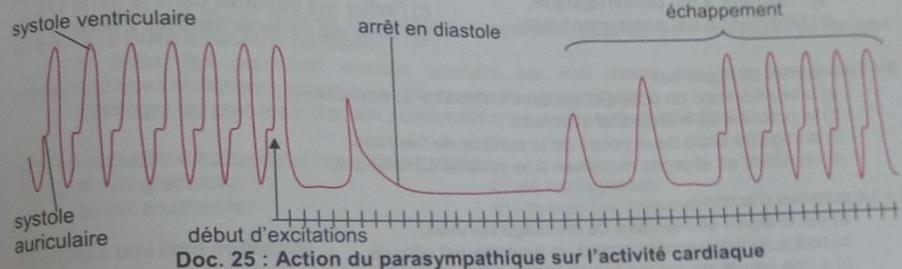
Celui-ci ne peut plus s'adapter au moindre effort et l'animal meurt d'épuisement après une heure de marche.

Conclusion L'innervation du cœur joue donc un rôle dans le contrôle de l'activité cardiaque.

2 - L'action du parasympathique ou nerf pneumogastrique (nerf X)

a) Expériences

- sur un animal anesthésié, à l'aide d'un stimulus électrique, excitons la branche du parasympathique qui arrive au cœur.
On constate un ralentissement, suivi d'un arrêt du cœur en diastole, ensuite le rythme reprend normalement malgré la poursuite de l'excitation : C'est le **phénomène d'échappement**. Tout se passe comme si l'activité du **tissu nodal** (siège de l'automatisme cardiaque) échappait à l'action du parasympathique.



Doc. 25 : Action du parasympathique sur l'activité cardiaque

- la section des deux nerfs parasympathiques provoque une accélération du rythme cardiaque.
Chez l'Homme, par exemple, le rythme cardiaque au repos passe de 70 à 120 battements par minute.

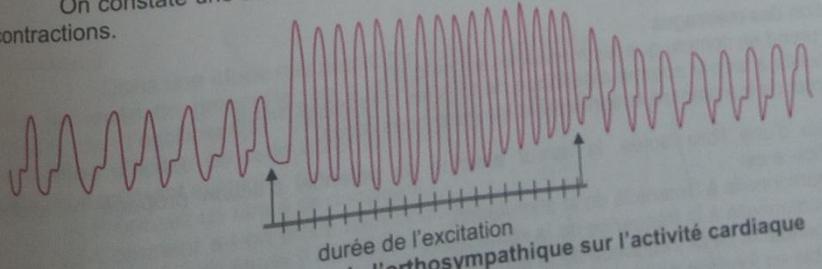
b) Interprétation

La première expérience montre que le **parasympathique** a une action cardiomodératrice (bradycardie).
La deuxième expérience montre que cette action modératrice est permanente.

3 - L'action de l'orthosympathique ou du sympathique

a) Expérience

Sur un animal anesthésié, à l'aide d'un stimulus électrique, excitons la branche de l'orthosympathique qui arrive au cœur.
On constate une accélération du rythme cardiaque et une augmentation de l'amplitude des contractions.



Doc. 26 : Action de l'orthosympathique sur l'activité cardiaque

b) Interprétation

Cette expérience montre que l'orthosympathique a une action cardio-accélératrice (tachycardie).

Conclusion : Le rythme cardiaque est régulé grâce à l'action antagoniste de l'orthosympathique et du parasympathique.

Exercices

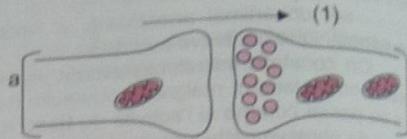
I - Restitution organisée des connaissances

A - Questionnaires à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

1 - Voici le schéma d'une synapse interneurale observée au microscope électronique :

Parmi les propositions suivantes, laquelle est exacte ?



- a) l'élément a est présynaptique,
- b) l'élément a est postsynaptique,

- c) l'influx est transmis dans le sens (1),
- d) l'influx est transmis dans les 2 sens.

- 2 - Le potentiel de repos est :
 - a) une différence de potentiel transmembranaire du neurone,
 - b) le potentiel de membrane d'un nerf,
 - c) enregistré entre deux points de la surface du neurone,
 - d) un déficit en charges négatives à la surface du neurone,
- 3 - Le potentiel d'action :
 - a) est le signal élémentaire du message nerveux,
 - b) naît automatiquement quand un neurone est stimulé,
 - c) a une amplitude qui est fonction de celle de la stimulation,
 - d) est la réponse à la stimulation d'un nerf,
- 4 - La propagation d'un potentiel d'action le long d'une fibre nerveuse :
 - a) permet la conservation de toutes ses caractéristiques,
 - b) est telle que le potentiel d'action diminue d'amplitude,
 - c) a une vitesse plus rapide en l'absence de la myéline,
- 5 - Dans un contact synaptique :
 - a) l'asymétrie des structures impose le sens de propagation,
 - b) tout potentiel d'action présynaptique entraîne un message postsynaptique,
 - c) le potentiel d'action existe aussi dans la fente synaptique,
- 6 - Les neurotransmetteurs :
 - a) sont produits par le neurone postsynaptique,
 - b) sont toujours contenus dans des vésicules présynaptiques,
 - c) ont des récepteurs dans la membrane présynaptique,
 - d) sont différents des neuromédiateurs,
- 7 - L'intégration des messages :
 - a) ne prend en compte que les messages excitateurs,
 - b) consiste à faire la somme algébrique de tous les messages reçus,
 - c) permet de transmettre intégralement les messages reçus.
- 8 - Au niveau d'une fibre isolée, la valeur absolue du potentiel d'action propagé né d'une stimulation efficace est :
 - a) proportionnelle à l'intensité de la stimulation,
 - b) proportionnelle à la fréquence de la stimulation,
 - c) indépendante de la fréquence de la stimulation,
 - d) variable en fonction de la nature de la stimulation.
- 9 - Le potentiel d'action :
 - a) a une amplitude qui décroît progressivement le long de la fibre nerveuse excitée,
 - b) est lié à des mouvements ioniques intenses mais brefs au travers de la zone membranaire excitée,

c) correspond à une augmentation de la polarisation membranaire qui passe de 70mV à 100 mV,
 d) ne peut se propager que dans un seul sens le long d'une fibre nerveuse.

10 - Au niveau d'une synapse chimique :
 a) la transmission du message est assurée dans un sens précis grâce à un neurotransmetteur stocké dans la terminaison axonique postsynaptique,
 b) la libération de ce neurotransmetteur obéit à la loi « du tout ou rien »,
 c) le neurotransmetteur est rapidement inactivé dans la fente synaptique,
 d) le neurotransmetteur se fixe sur des récepteurs membranaires présynaptiques.

11 - Un neurone
 a) reçoit généralement, à un instant donné, des informations provenant de plusieurs neurones,
 b) porte un grand nombre de contacts synaptiques, tous de type excitateur ou de type inhibiteur, suivant le neurone considéré,
 c) émet des potentiels d'action conduits par son axone dès que des potentiels postsynaptiques excitateurs apparaissent au niveau du corps cellulaire,
 d) intègre les potentiels d'action postsynaptiques excitateurs et inhibiteurs.

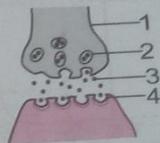
12 - Le potentiel d'action dans une fibre nerveuse :
 a) est graduable, c) est propageable,
 b) est sommable, d) traverse les synapses.

13 - Dans une fibre myélinisée :
 a) la conduction des potentiels d'action est « saltatoire »,
 b) la conduction est moins rapide que dans les fibres amyéliniques,
 c) il n'y pas de cellules de Schwann,
 d) la myéline forme une couche continue d'un bout à l'autre de la fibre,

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Exercice 1 : Les structures synaptiques

Après avoir nommé les différents éléments numérotés, expliquer leur rôle dans la transmission synaptique.



Exercice 2

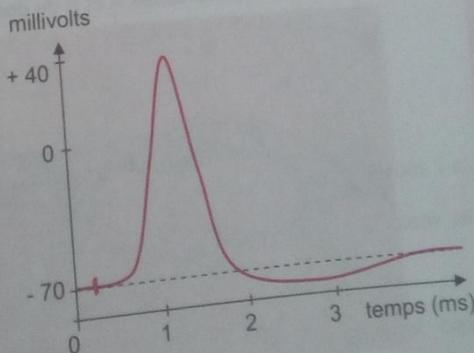
Pour étudier les propriétés fondamentales des différentes régions d'un neurone multipolaire (motoneurone médullaire par exemple), on résume par un tableau les fonctions d'un tel neurone. Compléter le tableau suivant.

Zones	Fonctions
Dendrites	
Soma ou péricaryon.	
Segment initial,	
Axone	
Arborisation terminale	

Exercice 3

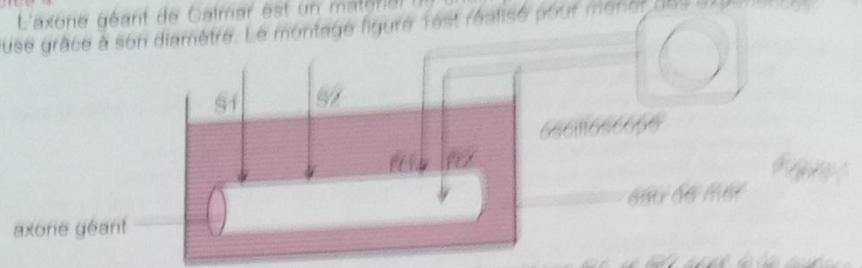
1 - Dans une étude des propriétés d'une fibre nerveuse de grenouille, on a obtenu sur l'écran de l'oscilloscope cathodique, après stimulation efficace de cette fibre nerveuse, le tracé du document suivant :

- a) Proposez un titre à ce document.
- b) Comment a-t-on placé les électrodes réceptrices dans cette étude ? Faites le schéma correspondant.
- c) Reproduisez le document en y portant toutes les indications nécessaires à sa compréhension.



Exercice 4

L'axone géant de Calmar est un matériel de choix pour l'étude des propriétés de la fibre nerveuse grâce à son diamètre. Le montage figure 1 est réalisé pour mener des expériences.



Au début de l'expérience, les deux électrodes réceptrices R1 et R2 sont à la surface de l'axone : on enregistre le tracé AB (figure 2).
 Au temps t1, la microélectrode R2 est introduite dans l'axone : on enregistre le tracé CD.
 Lorsque la microélectrode reste dans l'axone, on enregistre le tracé EFGH.
 1 - Que peut-on dire de la répartition des charges électriques au niveau de la membrane de l'axone ?
 2 - Quel est la propriété de la fibre nerveuse ainsi mise en évidence ?
 3 - Au temps t2, l'électrode R1 reste à la surface de l'axone et R2 baigne dans l'eau de mer. On porte ensuite à la surface de l'axone un stimulus d'intensité suffisante : on enregistre le tracé DEFGH (figure 2).

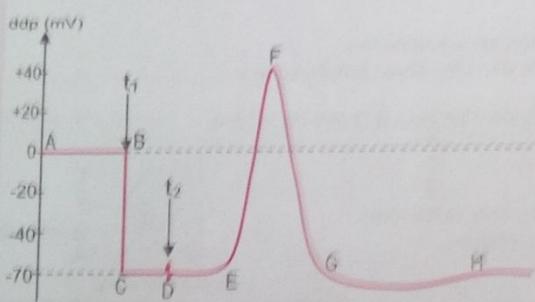


Figure 2

a) Quel nom porte le pic EFG ? Quelle est sa valeur ?
 b) Quelles est la nouvelle propriété de la fibre nerveuse mise en évidence par les parties DEFG de l'enregistrement ?
 4 - Expliquez à partir des schémas de montage les différentes parties de l'enregistrement DEFG montrant l'évolution des charges électriques des part et d'autre de la membrane de l'axone.

5 - Expliquez comment cet enregistrement serait modifié, si avant la stimulation au temps 2 :
 a) On avait éloigné les électrodes R1-R2 des électrodes stimulatrices S1-S2.
 b) On avait lésé l'axone entre l'électrode de stimulation S2 et l'électrode d'enregistrement R1.

II - Exploitation des documents

On considère les schémas A et B du document ci-dessous

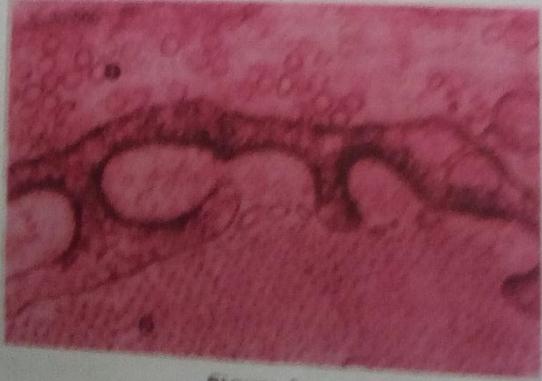


Figure A

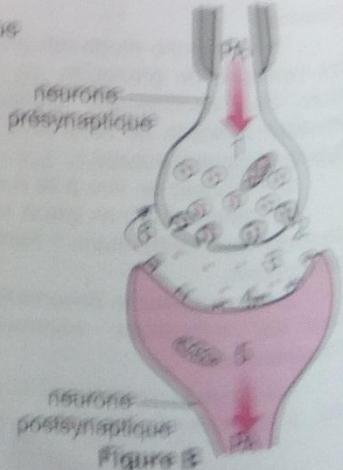


Figure B

- 1 - Que représente le schéma A ?
- 2 - A partir du schéma B, relever dans l'ordre et expliquer les différentes étapes de la transmission synaptique.
- 3 - Certaines substances telles que le curare, à effet paralysant sur les muscles, perturbent l'une des étapes de cette transmission synaptique. De quelle étape s'agit-il ?
- 4 - Une microélectrode est placée dans la fibre présynaptique du schéma B. Elle est reliée à un oscillographe avec électrode de référence.

On réalise alors les expériences suivantes :

Expérience 1 : On porte une stimulation efficace sur la fibre présynaptique. On observe une exocytose des éléments numérotés 2 schéma B, qui déversent leur contenu dans l'espace extracellulaire dépourvu d'ions calcium. On stimule l'élément présynaptique, l'exocytose observée précédemment ne s'effectue pas.

Expérience 2 : On place la terminaison axonique de la fibre présynaptique dans un milieu précédemment ne s'effectue pas.

Expérience 3 : En l'absence de stimulation électrique de la fibre présynaptique, on injecte cette fibre. On obtient les mêmes résultats que ceux de l'expérience 1.

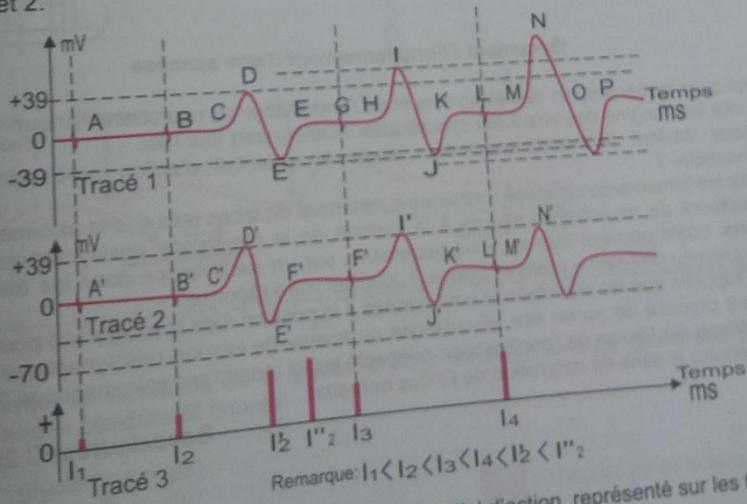
Expérience 4 : Des injections d'une enzyme, l'acétylcholinestérase, sont pratiquées à l'aide d'une micropipette au niveau de la fibre présynaptique ; une stimulation portée sur cette fibre après un certain laps de temps n'est suivie d'aucune propagation de potentiel le long de la fibre postsynaptique, alors que l'élément présynaptique présente un potentiel d'action.

- a) Analysez chacune de ces expériences.
- b) En utilisant les résultats de ces expériences et vos connaissances, expliquez ce qui se passe lors de la transmission de l'influx nerveux au niveau de la synapse.

III - Explication des mécanismes de fonctionnement des organes

Les tracés 1 et 2 du document 1 ci-dessous représentent des courbes de potentiels d'action d'une fibre nerveuse et d'un nerf.

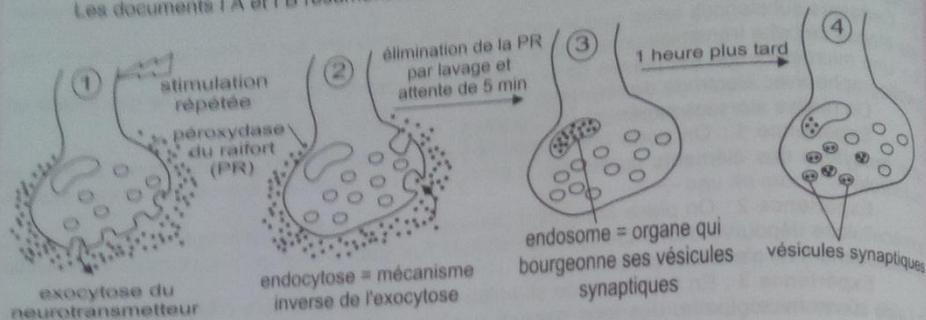
Le tracé 3 représente les différentes intensités de stimulation utilisées pour obtenir les tracés 1 et 2.



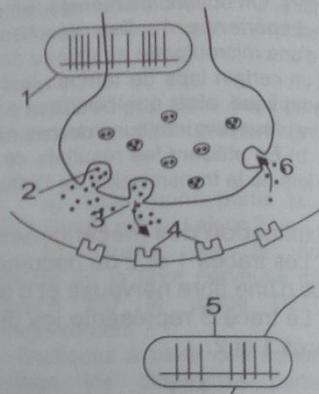
- 1 - a) Comment qualifie-t-on chaque courbe du potentiel d'action représenté sur les tracés 1 et 2 ?
- b) Indiquer la position (localisation) des électrodes réceptrices qui permettent d'obtenir ce type de potentiel d'action.
- c) Que représentent B d'une part et BC d'autre part ?
- 2 - a) Analyser les tracés 1 et 2
- b) Dédurre de cette analyse le tracé correspondant à la fibre nerveuse et celui correspondant au nerf : Justifier votre choix.

Exercice 2

Les documents I A et I B résument le fonctionnement d'une synapse.



- 1 - Arrivée du potentiel d'action dans la terminaison présynaptique
- 2 - Fusion de quelques vésicules de neurotransmetteurs avec la membrane présynaptique.
- 3 - Libération par exocytose du neurotransmetteur dans la fente synaptique.
- 4 - Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs spécifiques de la membrane postsynaptique.
- 5 - Naissance, dans certaines conditions, de potentiels d'action postsynaptiques.
- 6 - Recapture par endocytose du neurotransmetteur ou des produits de sa dégradation.



Document : Fonctionnement d'une synapse

- 1 - Expliquez le mécanisme de l'exocytose et de l'endocytose du neurotransmetteur.
 - 2 - Quelle est l'origine des vésicules synaptiques ? Déterminez leur rôle.
 - 3 - Que devient le neurotransmetteur après le potentiel d'action créé dans la région postsynaptique ?
 - 4 - Chez les fumeurs de cigarette, certaines substances du tabac telle que la nicotine se fixent sur les récepteurs de neurotransmetteurs à la surface de la membrane postsynaptique. Dans ces conditions, quels peuvent être les enregistrements sur un oscilloscope donc les électrodes sont situés au niveau de l'axone postsynaptique ? Justifiez votre réponse.
- NB : On rappelle que les stimulations sont portées à la position 1 de la membrane postsynaptique.
- 5 - On se propose de porter des stimulations au niveau de l'axone postsynaptique. Quel est le résultat obtenu sur l'écran de l'oscilloscope connecté sur la membrane présynaptique ?
Dédurre le sens de circulation de l'influx nerveux.

Baccalauréat C 2010, partiel

CHAPITRE 11: LA RÉGULATION DE LA GLYCÉMIE

Chapitre 11 : La régulation de la glycémie.

Objectifs pédagogiques.

À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :

- de définir la notion de glycémie,
- d'expliquer le rôle du foie et du pancréas dans la régulation de la glycémie,
- d'expliquer l'influence des hormones pancréatiques sur la régulation de la glycémie.

de déduire que la régulation de la glycémie dépend d'un mécanisme hormonal : conclure par un schéma fonctionnel.

Les pré-requis

La glycémie est un paramètre physiologique du milieu intérieur dont le taux doit être maintenu autour d'une valeur de référence. Cependant, ce paramètre supposé constant peut varier instantanément.

Problèmes scientifiques à résoudre :

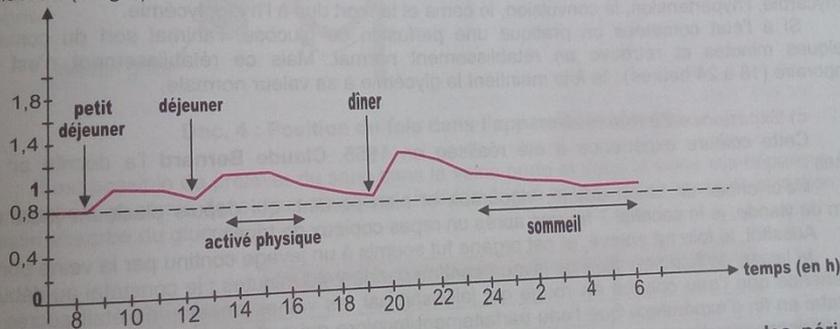
Qu'est ce que la glycémie ?
Quels sont les causes de variation de la glycémie ?
Quels sont les mécanismes de régulation de la glycémie ?

I - La notion de glycémie

La glycémie est le taux de glucose dans le sang.
Sa valeur normale varie entre de 0,8 à 1g/l de sang.

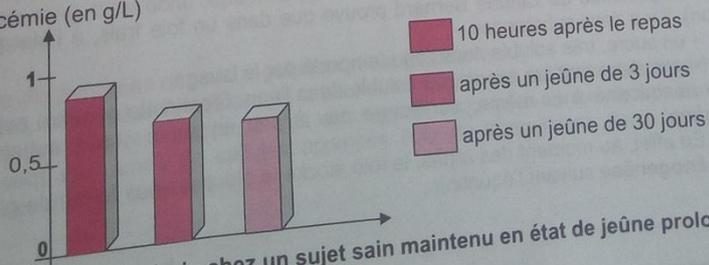
II - La variation de glycémie

glucose (en g/L)



Doc. 1 : Courbe de variations de la glycémie chez un sujet sain au cours des périodes d'activités variées pendant 24 heures

glycémie (en g/L)



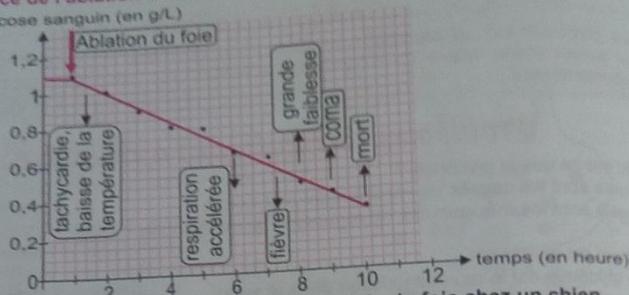
Doc. 2 : Variation de la glycémie chez un sujet sain maintenu en état de jeûne prolongé

TERMINALE C

Après un repas riche en glucides, la glycémie augmente, mais reprend sa valeur initiale quelque temps après.
 De même, au cours du jeûne prolongé ou une activité physique intense, la variation de la glycémie est peu sensible.
 De nombreuses causes font varier la glycémie :
 - ingestion d'aliments riches en glucides,
 - le jeûne,
 - activité physique.

III - Le déterminisme de la régulation de la glycémie
1 - Rôle du foie dans la régulation de la glycémie

a) Expérience de l'ablation du foie
 taux de glucose sanguin (en g/L)



Doc. 3 : Les conséquences de l'ablation totale du foie chez un chien

b) Analyse de la courbe

L'ablation du foie d'un animal entraîne des désordres physiologiques tels que la tachycardie, l'hypertension, la convulsion, le coma et la mort dus à l'hypoglycémie.
 Si à l'état comateux on pratique une perfusion de glucose, l'animal sort du coma en quelques minutes et retrouve un rétablissement normal. Mais ce rétablissement n'est que temporaire (18 à 24 heures) : le foie maintient la glycémie à sa valeur normale.

c) Expérience du foie lavé

Cette célèbre expérience a été réalisée en 1855. **Claude Bernard** l'a décrite en ces termes :

« J'ai choisi un chien adulte, vigoureux et bien portant, qui depuis plusieurs jours était nourri de viande, je le sacrifiai 7 heures après un repas copieux de tripes.

Aussitôt, le foie fut enlevé, et cet organe fut soumis à un lavage continu par la veine porte...

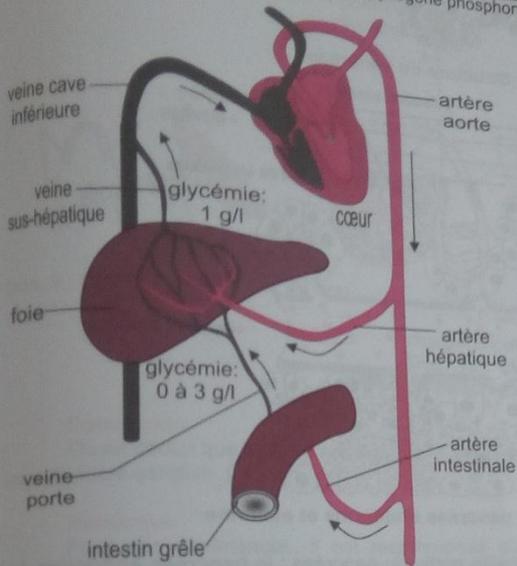
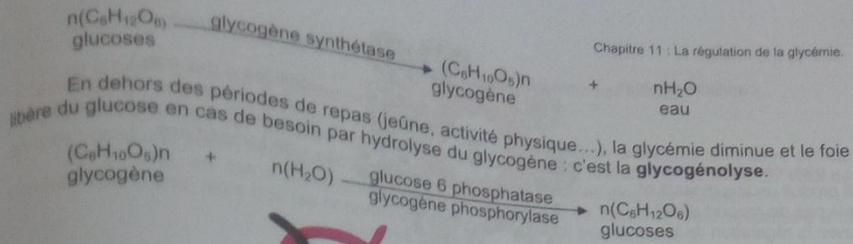
Je laissai ce foie soumis à ce lavage continu pendant 40 minutes ; je constatai au début de l'expérience que l'eau colorée en rouge qui jaillissait par les veines hépatiques était sucrée ; Je constatai en fin d'expérience que l'eau parfaitement incolore qui sortait ne renfermait plus aucune trace de sucre...

J'abandonnai ce foie dans un vase à température ambiante et, revenu 24 heures après, je constatai que cet organe que j'avais laissé la veille complètement vide de sucre s'en trouvait pourvu très abondamment »

L'expérience de Claude Bernard prouve que dans un foie frais, à l'état physiologique (en fonction), il y a deux substances :

- un sucre, très soluble dans l'eau, emporté par le lavage,
- une autre matière assez peu soluble dans l'eau. C'est cette dernière substance qui, dans le foie abandonné à lui-même, se charge peu à peu en sucre : cette substance s'appelle le **glycogène**.

En effet, au moment des repas, le foie stocke le glucose sous forme de glycogène : c'est la **glycogénogenèse** suivant l'équation :



Cette libération de glucose dans le sang n'est possible que grâce à une enzyme, le glucose 6 phosphatase que seul le foie produit.

De plus, le foie est capable de transformer les substances non glucidiques (acide gras, acide aminé, acide lactique...) en glucose : c'est la **néoglucogenèse**.

Remarque

Cette fonction régulatrice de la glycémie par le foie est facilitée par sa position stratégique placée en série sur les vaisseaux provenant de l'intestin.

Doc. 4 : Position du foie dans l'appareil circulatoire

Il est possible de prélever du sang dans la veine porte et dans la veine sus-hépatique pour y comparer la glycémie dans deux situations : individu à jeun et individu en cours de digestion dont l'intestin absorbe du glucose.

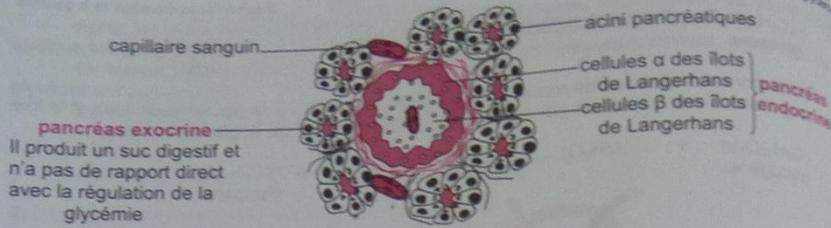
	Veine porte hépatique	Veine sus-hépatique
Digestion	2,5 g/L	1,2 g/L
Jeûne	0 g/L*	0,9 g/L

Doc. 5 : Dosages du glucose à l'entrée et à la sortie du foie dans deux situations différentes

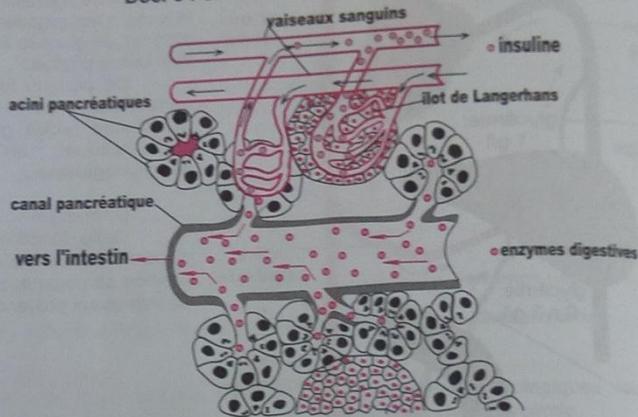
Ce tableau montre clairement le rôle du foie : en cours de digestion il stocke du glucose ; à jeun il le restitue au sang. Il est donc capable d'assurer la régulation de la glycémie, qu'il adapte au besoin de l'organisme.

2 - Le rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie

Le pancréas, situé sous l'estomac est rattaché au duodénum par le canal pancréatique, présente dans sa structure microscopique des acini pancréatiques en forme de sphères entre lesquels se trouvent des amas de cellules appelées îlots de Langerhans dans lesquels on distingue les cellules α et les cellules β .



Doc. 6 : Structure du pancréas

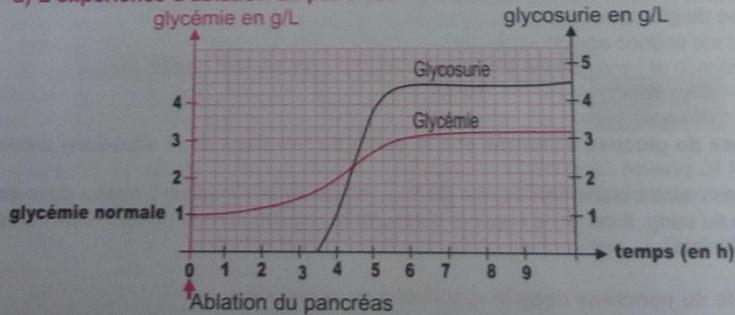


Doc. 7 : Structure du pancréas endocrine et exocrine

Les cellules α et β constituent une petite partie du pancréas : le **pancréas endocrine**. La partie du pancréas qui sécrète le suc pancréatique est constituée d'un ensemble de cellules acineuses (un acinus, des acini) formant le **pancréas exocrine**.

Trois expériences peuvent être réalisées pour montrer le rôle du pancréas.

a) L'expérience d'ablation du pancréas



Doc. 8 : Effet de l'ablation du pancréas sur la glycémie d'un chien

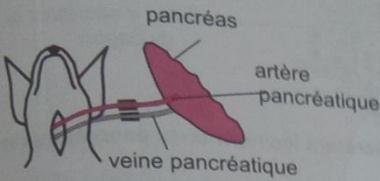
L'ablation du pancréas ou pancréatectomie entraîne non seulement des troubles digestifs dus à l'absence du suc pancréatique qui agit sur la digestion des aliments, mais aussi une augmentation du taux de glucose dans le sang. Il y a hyperglycémie caractéristique du diabète. Lorsque ce taux dépasse une certaine valeur, l'excès se retrouve dans l'urine : on parle de glycosurie. Le sujet s'affaiblit progressivement et meurt.

Conclusion

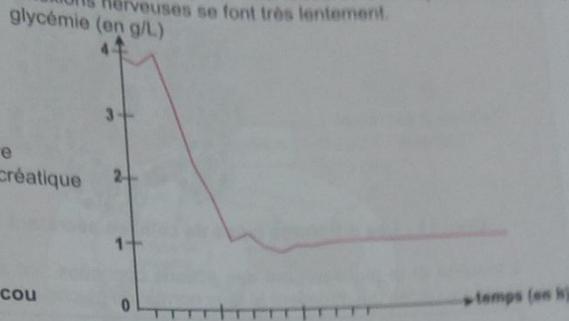
Le pancréas est responsable de la régulation de la glycémie par le foie.

b) L'expérience de la greffe de pancréas

Chez un animal dépancréaté, la greffe au cou d'un pancréas provenant d'un autre animal entraîne la disparition des troubles diabétiques ; c'est-à-dire un retour à la normale du taux de glucose ; donc une action hypoglycémisante. Cependant, les troubles digestifs persistent. En général, en cas d'acceptation de greffe, le greffon se raccorde très rapidement à la circulation sanguine, alors que les connexions nerveuses se font très lentement.



Doc. 9 : Greffe du pancréas au cou



Doc. 10 : Evolution de la glycémie au cours d'une greffe du pancréas chez un animal dépancréaté

Conclusion

On en déduit que le pancréas agit par voie sanguine et que son action consiste à baisser le taux de sucre sanguin.

Remarque

Pour ces expériences, il est recommandé d'utiliser des chiens de souches pures qui acceptent les greffons des donneurs appartenant à la même souche.

c) L'expérience d'injection d'extraits pancréatiques

Des extraits pancréatiques obtenus par broyage, filtration et purification chimique sont injectés à intervalles réguliers sur un animal dépancréaté. Les troubles diabétiques disparaissent et l'animal redevient normal. Si les injections sont pratiquées sur un animal normal, on constate une hypoglycémie.

Conclusion

Les extraits pancréatiques contiennent des molécules qui agissent dans la régulation de la glycémie en la ramenant à sa valeur normale.

3 - Les rôles du système hormonal dans la régulation de la glycémie

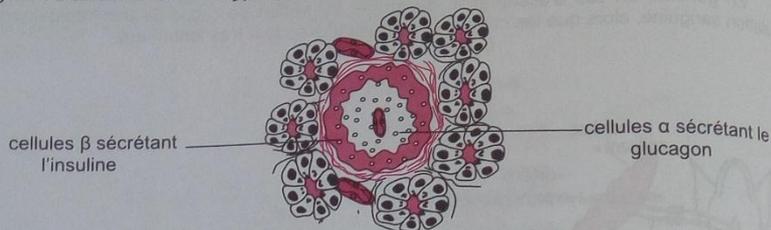
L'analyse des extraits pancréatiques a montré l'existence de deux types d'hormones : l'insuline et le glucagon.

a) L'insuline

Elle est produite par les cellules β des îlots de Langerhans. Son injection à un sujet hyperglycémiant ou diabétique provoque une baisse de la glycémie par stockage du glucose dans le foie et dans les muscles sous forme de glycogène ou dans le tissu adipeux sous forme de graisses : on dit qu'elle est hypoglycémisante. L'insuline favorise le stockage du glucose d'une part, sa consommation d'autre part : elle active donc les mécanismes de la respiration cellulaire. L'insuline est un polypeptide formée de 51 acides aminés.

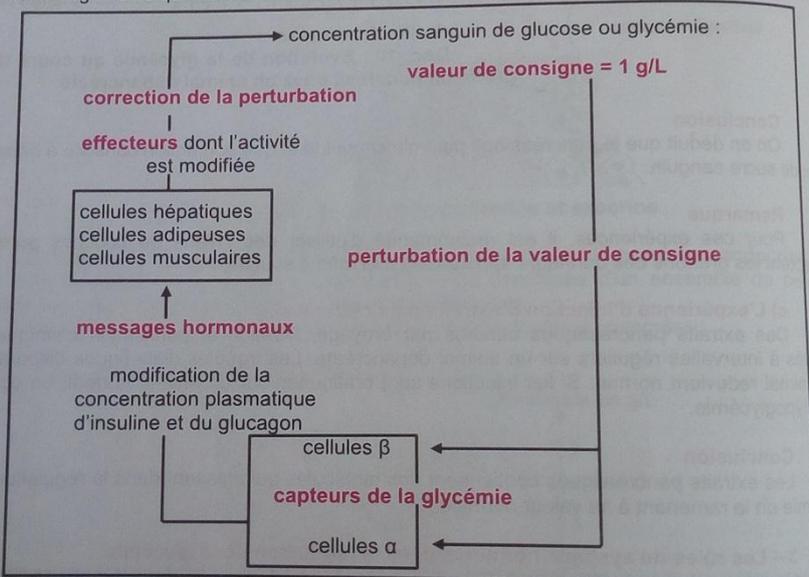
b) Le glucagon

L'injection de l'alloxane (substance qui détruit de façon sélective les cellules β) à un sujet normal entraîne un diabète plus sévère que celui provoqué par l'ablation totale du pancréas, c'est-à-dire que la tendance à l'hyperglycémie est alors plus forte. Il s'agit d'une deuxième hormone, le glucagon, sécrété par les cellules α des îlots de Langerhans. C'est un polypeptide formé de 29 acides aminés dont l'injection entraîne une libération de glucose dans le sang par hydrolyse du glycogène : d'où son caractère **hyperglycémiant**.



Doc. 11 : Les différents types de cellules sécrétant les hormones pancréatiques

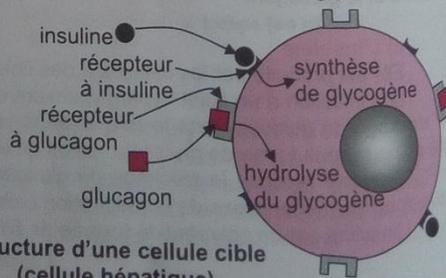
L'insuline et le glucagon ont des actions opposées : ce sont des hormones antagonistes. C'est cet antagonisme qui maintient le taux normal du glucose sanguin.



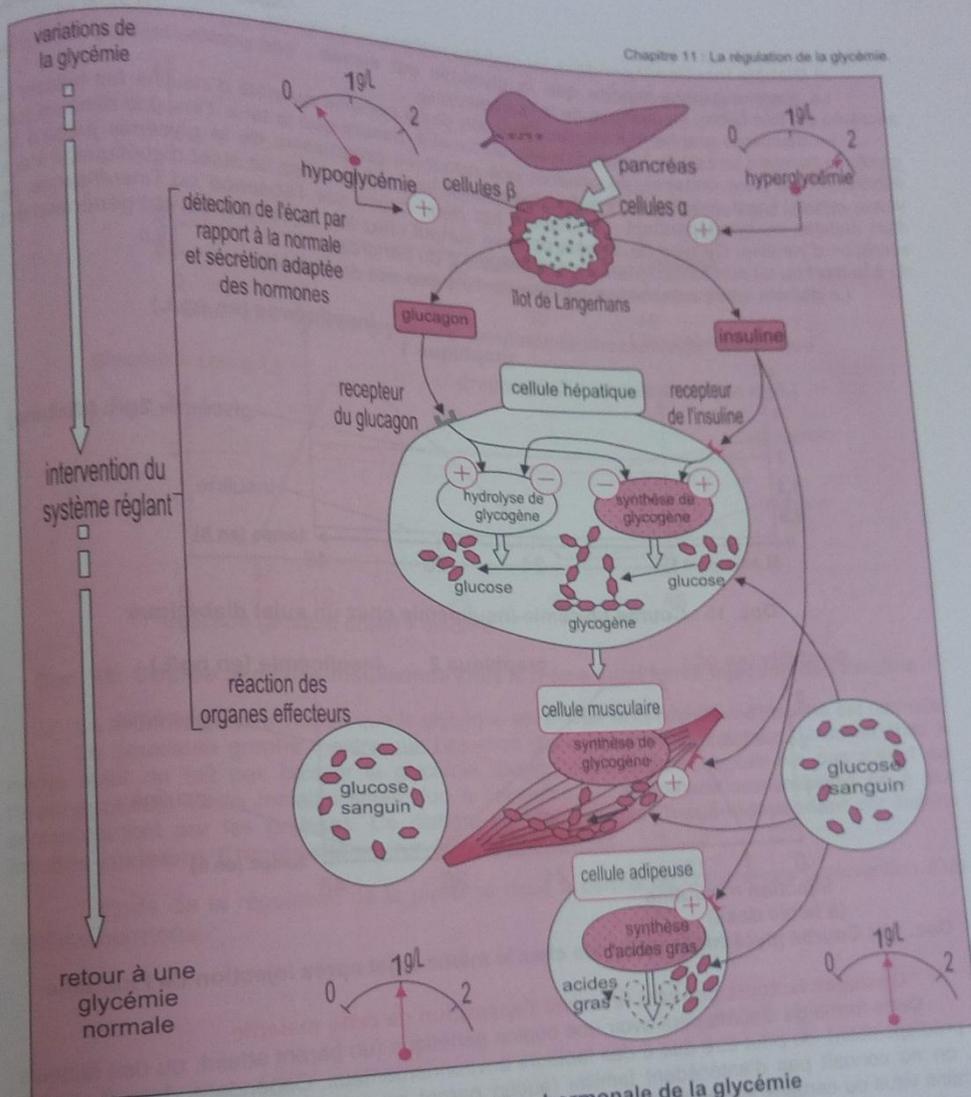
Doc. 12 : Schéma simplifié de la boucle de régulation hormonale de la glycémie

Remarque

Les cellules cibles de l'insuline et du glucagon possèdent des récepteurs membranaires qui sont complémentaires de l'hormone. Le complexe récepteur + hormone modifie le fonctionnement de la cellule : la cellule cible répond au message hormonal.



Doc. 13 : Structure d'une cellule cible (cellule hépatique).



Doc. 14 : Régulation hormonale de la glycémie

4 - Les maladies dues au dysfonctionnement du système de régulation de la glycémie

Les diabètes résultent d'un mauvais fonctionnement de la régulation de la glycémie qui varie dans des proportions importantes avec une forte tendance à l'hyperglycémie. Ces maladies sont détectées par un **test d'hyperglycémie** provoquée qui est alors un **moyen de diagnostic** efficace permettant de faire un traitement sur un diabète commençant.

On peut mesurer également la teneur sanguine en insuline au cours du test. On distingue ainsi deux grands types de dysfonctionnement :

- le diabète insulino-dépendant ou diabète de type I ;
- le diabète non insulino-dépendant ou diabète de type II.

Dans les graphes (documents 15 et 16) de la page suivante, on a représenté les teneurs en glucose et en insuline chez deux sujets atteints de diabète.

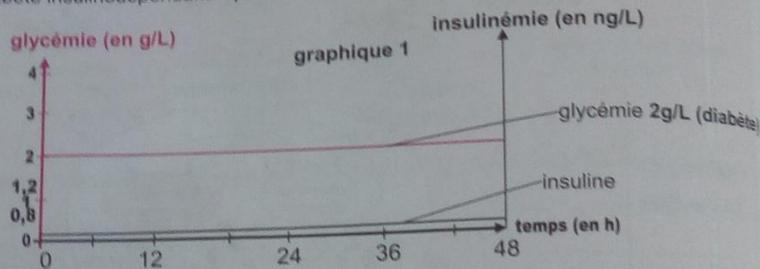
TERMINA

a) Diabète insulino-dépendant ou diabète maigre ou juvénile

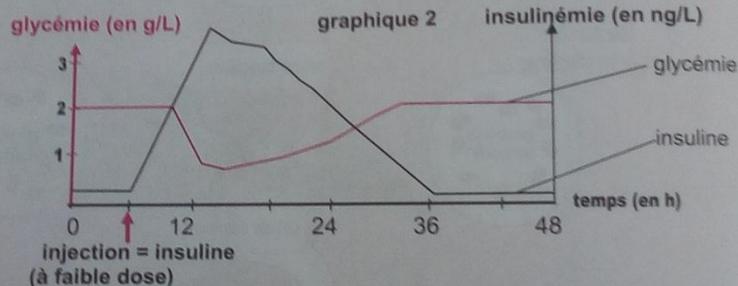
Le premier graphique montre que la glycémie est élevée ; par contre, le taux d'insuline sécrétée est très faible, en dessous de la normale.

Le deuxième graphique montre que l'injection d'une certaine quantité d'insuline fait baisser la glycémie pendant un certain temps. Ensuite, au fur et à mesure que le taux d'insuline diminue (par élimination par voie urinaire), on observe une remontée progressive de la glycémie jusqu'à sa valeur initiale. Etant donné que l'insuline fait baisser la glycémie chez ce sujet diabétique, il s'agit d'un diabète insulino-dépendant. Ce diabète est donc causé par l'absence ou l'insuffisance de sécrétion d'insuline. Ce type de diabète observé surtout chez les sujets jeunes, est généralement dû à la mort ou au non fonctionnement des cellules β du pancréas.

Le diabète insulino-dépendant représente 10% des cas de diabètes.



Doc. 15 : Courbe glycémie-insulinémie chez un sujet diabétique



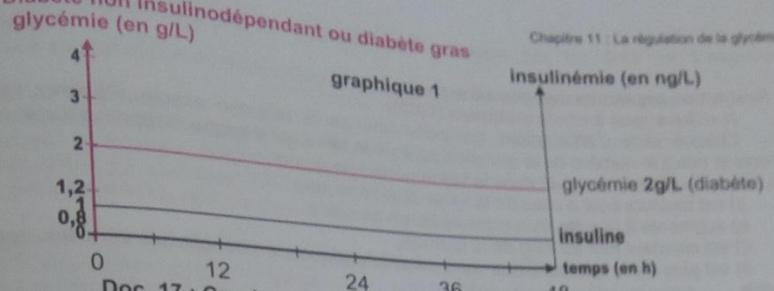
Doc. 16 : Courbe glycémie-insulinémie chez le même sujet après injection de l'insuline

*** Quelques facteurs pouvant favoriser l'apparition de cette maladie**

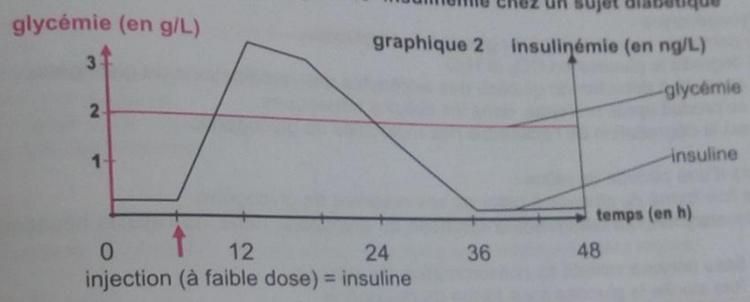
Cette forme de diabète peut avoir une origine génétique (un parent atteint, ou des facteurs de prédisposition), ou peut être due à des facteurs environnementaux. Cependant, dans 9 cas sur 10, on ne connaît pas d'antécédent familial (aucun parent ne présente de diabète) ; En effet, certains virus ou certains aliments pourraient être en cause dans le déclenchement de la maladie. Dans le cas du virus, le système immunitaire qui normalement détruit les cellules virales fait une sorte de confusion et s'attaque plutôt aux cellules β du pancréas qui sont ainsi détruites. Dans ce cas, on considère ce type de diabète comme une maladie auto-immune.

Pour suppléer au manque d'insuline chez les sujets atteints, on procède par des injections quotidiennes de cette hormone. L'insuline est actuellement produite par génie génétique en inoculant le gène correspondant de l'insuline humaine à des bactéries. Elle peut être aussi d'origine animale (bœuf ou porc).

b) Diabète non insulino-dépendant ou diabète gras



Doc. 17 : Courbe glycémie-insulinémie chez un sujet diabétique



Doc. 18: Courbe glycémie-insulinémie chez le même sujet après injection de l'insuline

Le premier graphe montre que la glycémie est élevée et la sécrétion d'insuline est normale. Le deuxième graphe montre que l'injection d'une dose supplémentaire d'insuline chez le même sujet ne fait pas baisser la glycémie. Donc l'insuline dans ce cas n'a pas d'effet sur l'hyperglycémie. Cette maladie serait due à l'absence de récepteurs membranaires ou à leur encombrement par les graisses. Ce diabète est donc dit non **insulino-dépendant** ou diabète **insulino-résistant**. Il représente environ 90% de diabétiques.

L'étude de la régulation de la glycémie nous a permis de comprendre l'intervention d'un système hormonal.

Exercices

I – Restitution organisée des connaissances

A – Questions à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 – Le taux de glucose sanguin dans la veine porte hépatique :
 - a) est toujours égal à celui de la veine sus-hépatique,
 - b) augmente à la suite d'un repas riche en glucides,
 - c) est constant tout au long de la journée,
 - d) est plus élevé que celui des veines sus-hépatiques, en dehors des périodes d'absorption digestive.

- 2 – La glycogénolyse :
 - a) permet la transformation du glycogène en glucose,
 - b) dégrade le glucose en CO_2 et H_2O ,
 - c) consiste à détacher du glucose des extrémités des ramifications du glycogène,
 - d) se produit après un repas, dans les cellules hépatiques,
 - e) est la dégradation de l'ensemble des molécules de glycogène.

- 3 – Au cours d'une période de jeûne :
 - a) le foie forme du glucose à partir de ses réserves de glycogène,
 - b) les enzymes qui catalysent la synthèse du glycogène dans les cellules hépatiques sont stimulées,
 - c) le tissu nerveux ralentit sa consommation de glucose,
 - d) le foie stocke le glucose sous forme de glycogène.

- 4 – L'insuline :
 - a) est une hormone hyperglycémiant fabriquée par les cellules β du pancréas,
 - b) est une hormone hyperglycémiant fabriquée par les cellules du pancréas,
 - c) agit directement sur le glucagon par boucle nerveuse,
 - d) permet la libération du glucose par les cellules hépatiques.

- 5 – Parmi les affirmations suivantes, laquelle est inexacte. Les cellules-cibles du glucagon :
 - a) sont les cellules musculaires et adipeuses,
 - b) possèdent des récepteurs membranaires spécifiques,
 - c) modifient leur activité après fixation du glucagon,
 - d) restituent du glucose dans le sang après fixation du glucagon.

- 6 – Quel tissu, parmi les suivants, peut libérer du glucose dans le sang en cas de besoin ?

a) tissu pancréatique,	c) tissu hépatique,
b) tissu musculaire,	d) tissu adipeux.

- 7 – La perfusion de la solution glucosée a pour effet immédiat :
 - a) de stimuler la glycogénolyse hépatique,
 - b) d'inhiber la glycogénolyse hépatique,
 - c) de stimuler la glycogénogenèse hépatique,
 - d) d'inhiber la glycogénogenèse hépatique.

- 8 – Les cellules α des îlots de Langerhans pancréatiques :
 - a) voient leur activité augmenter lorsque la glycémie s'élève,
 - b) voient leur activité augmenter lorsque la glycémie diminue,
 - c) sécrètent une hormone hypoglycémiant,
 - d) sécrètent une hormone qui stimule la glycogénogenèse hépatique,
 - e) sécrètent une hormone qui inhibe la glycogénolyse hépatique,

- 9 – La perfusion de la solution glucosée chez un patient provoque immédiatement :
 - a) une augmentation de la sécrétion d'insuline par les acini pancréatiques,
 - b) une augmentation de la sécrétion d'insuline par les îlots de Langerhans pancréatiques.

- c) une augmentation de la sécrétion du glucagon par les acini pancréatiques,
 - d) une augmentation de la sécrétion du glucagon par les îlots de Langerhans.
- 10 - La cellule hépatique :
- a) dégrade le plasma sanguin pour stocker le glucose,
 - b) capte de l'insuline et libère le glucagon,
 - c) stocke le glucose sous l'influence de l'insuline,
 - d) possède des récepteurs sensibles à la glycémie.
- 11 - La quantité normale de sucre circulant dans le sang est de l'ordre de :
- a) 1 kilogramme par litre de sang,
 - b) 1 gramme par litre de sang,
 - c) 1 milligramme par litre de sang,
 - d) 1 microgramme par litre de sang.

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)
Exercice 1

Définissez les mots et expressions suivants :

- a) hyperglycémie,
- b) système de régulation,
- c) glyco-génogenèse,

Exercice 2

Présentez sous forme d'un texte un argument permettant d'affirmer que chez une personne en bonne santé, la glycémie est une valeur physiologique continuellement réglée.

Exercice 3

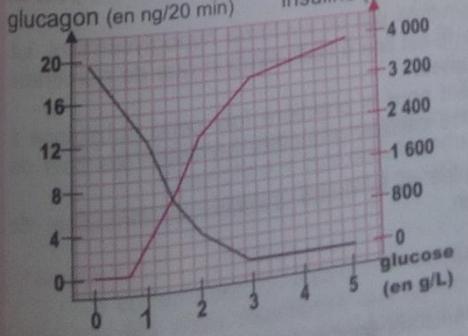
On pratique l'ablation totale du pancréas à $t = 0$ chez un animal et on étudie son taux de glucose dans le sang (glycémie) et dans l'urine (glycosurie).

Les résultats de cette expérience sont consignés dans le tableau ci-contre.

Temps	Glycémie en g/L	Glycosurie en g/L
avant l'ablation	1	0
$t = 0$	1	0
$t = 30$ minutes	1,1	0
$t = 1$ h	1,2	0
$t = 1$ h 30	1,5	0
$t = 2$ h	1,7	0
$t = 2$ h 30	1,9	0,5
$t = 3$ h	2,1	5
$t = 3$ h 30	2,4	10
$t = 4$ h	2,8	20
$t = 4$ h 30	3	45
$t = 5$ h	3,1	55
$t = 5$ h 30	3,2	65

- 1 - Représentez sur un graphique l'évolution de la glycémie et de la glycosurie en fonction du temps puis interprétez les deux courbes.
- 2 - Quelle relation existe-t-il entre la glycémie et la glycosurie ?
- 3 - Quel est d'après cette expérience le rôle du pancréas et des reins ?
- 4 - Quels sont les principaux symptômes du diabète sucré ?

Exercice 4



Des îlots de Langerhans de pancréas de rat sont isolés et placés dans un milieu d'incubation dont on fait varier la concentration en glucose. La libération du glucagon et celle de l'insuline sont régulièrement dosées.

- 1 - Quels sont, dans les îlots de Langerhans les cellules sécrétrices d'insuline, de glucagon ? Où sont-elles situées ?
- 2 - Quelles conclusions pouvez-vous tirer des résultats expérimentaux présentés dans le graphique ci-contre ?
- 3 - À quelle condition une cellule peut-elle être

la cible d'une hormone ?
BORD BLEU

II – Exploitation des documents
Exercice 1

Expérience 1

Chez un chien ayant subi l'ablation du pancréas, on observe d'une part des troubles digestifs que l'on peut corriger par ingestion d'extraits pancréatiques, et d'autre part des troubles divers, persistants caractérisant le « diabète sucré ». Chez ce chien, on réalise une greffe temporaire de « pancréas au cou » et on mesure la glycémie de l'animal. Les résultats sont donnés par la figure 1.

Expérience 2

Chez un chien normal, on injecte par voie sous-cutanée 0,5 mg d'une substance S extraite du tissu pancréatique et on mesure la glycémie de l'animal. Les résultats sont traduits par la figure 2.

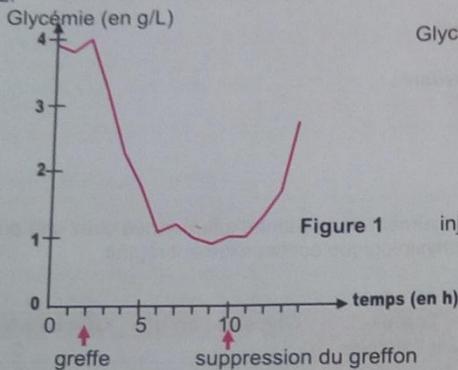


Figure 1

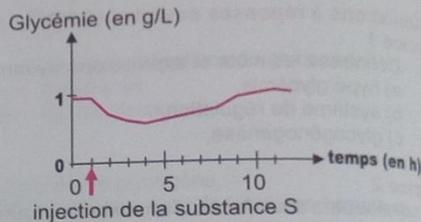


Figure 2

- Analysez ces expériences ; en déduire le rôle du pancréas. Donnez le nom de la substance S.
- Quelle est la nature chimique de la substance S ?
- Pourquoi chez les diabétiques, cette substance doit-elle être administrée par injection et non par voie buccale ?

Exercice 2

La régulation de la glycémie

A – Le glycogène est la forme de stockage du glucose sanguin.

Il est synthétisé dans le foie et également dans d'autres organes.

1 – Lesquels ?

2 – Comment le glucose transporté par le sang est-il utilisé dans les cellules ? (vous donnerez une réponse précise)

B – 1 – La figure 1 comporte deux courbes (a et b) représentant la glycémie chez deux individus. Quelle est celle de l'individu sain ? Justifiez votre réponse.

2 – Vers 1850, Claude Bernard ayant mis au point des techniques de dosage du glucose dans le sang montre que la glycosurie est associée à un taux de glucose sanguin trop élevé. Comment peut-on montrer au laboratoire qu'un individu est atteint de glycosurie ?

C – Le stockage du glycogène dans le foie est commandé par un système hypoglycémiant. La substance hypoglycémiante est l'insuline. Sa découverte est liée à l'observation que de nombreux diabètes humains sont associés à des lésions du pancréas.

C'est **BANTING et BEST en 1920** qui extraient pour la première fois cette substance à partir du pancréas de chien. Elle est sécrétée par des cellules groupées en îlots : les îlots de **LANGERHANS** qui sont très irrigués.

Pour mieux comprendre le rôle de ces cellules et le mode d'action de l'insuline, de nombreuses expériences ont été réalisées chez le chien.

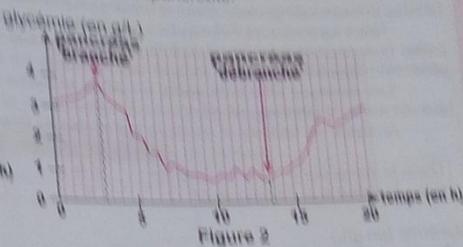
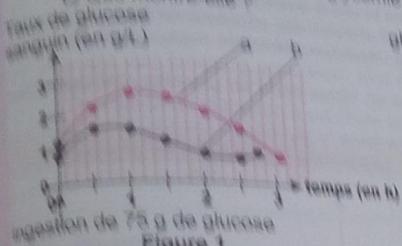
1 – Ablation totale du pancréas (pancréas débranché)

On constate des troubles digestifs.

On mesure la glycémie toutes les heures et les résultats sont portés sur le tableau suivant :

Figures glycémiques	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	0,9	0,9	1,2	1,35	1,9	2,4	2,7	2,9	3,2	3,2	3,4

- a) À qui peuvent être dus les troubles digestifs ?
 b) Construisez la courbe de la glycémie chez le chien dépancréaté.
 c) Que montre-t-elle ?



2 - Ligature du canal pancréatique

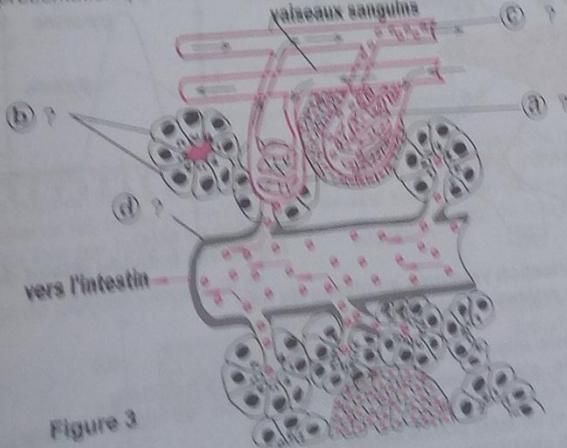
Elle entraîne l'apparition de troubles digestifs mais pas de diabète sucré. Quelles explications pouvez-vous donner à ces deux observations ?

3 - Greffe du pancréas (pancréas branché)

À une chienne dépancréatée, donc diabétique, on greffe un pancréas dans la région mammaire (région très irriguée). On mesure à intervalles réguliers le taux de glucose sanguin. Ces résultats sont sur un graphique (figure 2).

- a) Que constatez-vous après la greffe du pancréas ?
 b) Quelle est l'influence de la suppression du greffon ?
 c) Trouvez parmi les substances que vous avez déjà étudiées une substance ayant le même mode d'action. Expliquez-vous.

4 - Observez la représentation qui est faite du pancréas suivant (figure 3).



- a) Complétez la légende en utilisant les lettres.
 Exemple a = îlots de Langerhans
 b) Pourquoi le pancréas est-il qualifié de glande mixte ?

Exercice 3

La composition du milieu intérieur d'un organisme animal est remarquablement constante. Cette stabilité n'est maintenue que grâce à un "ensemble de dispositions physiologiques qui servent à restaurer l'état normal lorsqu'il a été perturbé" c'est ce que W.B. GANNON a appelé l'homéostasie.

Considérons par exemple le taux sanguin de glucose (glycémie), qui est constant (1g/L).
 1 - On fait absorber du sirop glucosé (glucose dissout dans de l'eau) à un sujet à jeun, puis on suit l'évolution de sa glycémie au cours des 4 heures qui suivent. On obtient la courbe figure 1. Analyser cette courbe et conclure.

2 - Le physiologiste **Claude BERNARD**, cherchant le mécanisme de la régulation de la glycémie, fait des dosages du glucose dans la veine porte et dans la veine sus-hépatique.

Nous savons que l'absorption intestinale conduit d'abord les aliments au foie par la veine porte, puis ceux-ci ressortent du foie par la veine sus-hépatique avant de regagner la circulation générale (Figure 2).

Les dosages effectués après un jeûne et après un repas riche en glucides, ont donné les taux suivants de glucose (en g/L).

	Après un jeûne	Après un repas riche en glucides
Dans la veine-porte	0,8	2,5
Dans la veine sus-hépatique	1	1

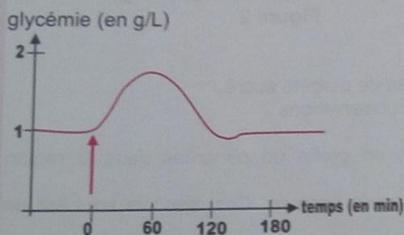


Figure 1

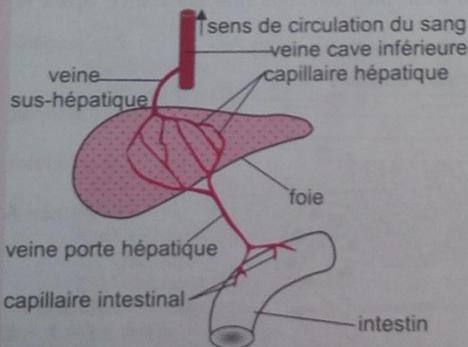


Figure 2 : Vascularisation veineuse au niveau du foie et de l'intestin (les artères ne sont pas représentées)

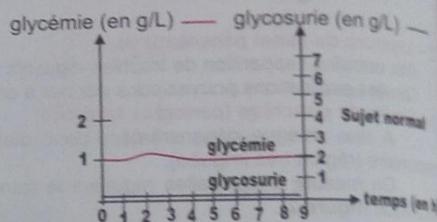


Figure 3a : Individu normal

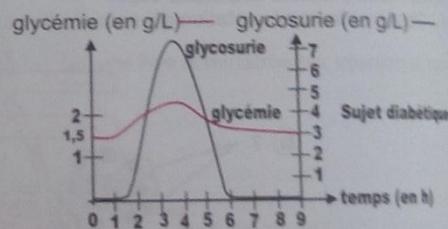


Figure 3b : Individu atteint de diabète sucré

3 - Lorsque la glycémie atteint ou dépasse 2g/L, on dit qu'il y a diabète.

Cette maladie s'accompagne d'une augmentation du débit urinaire, avec glycosurie (présence de glucose dans l'urine).

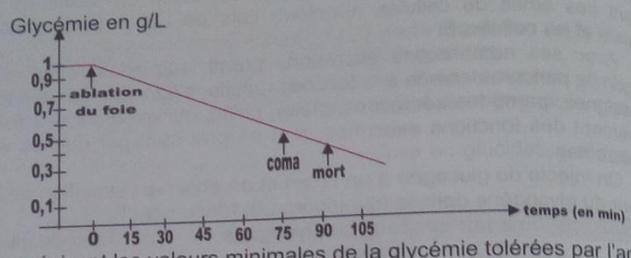
Un sujet sain et un sujet prédiabétique absorbent du sirop glucosé au temps t_0 . L'évolution de la glycémie et de la glycosurie chez les 2 individus est enregistrée sur les figures 3a et 3b.

a) Analyser l'évolution des courbes dans les deux cas.

b) En déduire pourquoi on dit que le glucose est une substance à seuil pour les reins, en indiquant ce seuil.

On a pu étudier l'influence de l'ablation du foie sur la glycémie chez un chien. Les résultats sont rapportés par le graphique suivant :

Document 4



7 – Expliquez les résultats en précisant les valeurs minimales de la glycémie tolérées par l'animal.

III – Saisie de l'information et appréciation
Exercice 1

Au 19^{ème} siècle, Claude Bernard accomplit plusieurs recherches sur le foie pour mettre en évidence son rôle dans la régulation de la glycémie. Voici l'une de ses expériences : « Je montrai par exemple, qu'en faisant passer dans un foie encore chaud et aussitôt après la mort de l'animal un courant d'eau froide infecté avec force dans les vaisseaux hépatiques, on débarrasse complètement le tissu hépatique du sucre qu'il contient. Mais le lendemain ou quelques heures après, quand on place le foie lavé à une température, on trouve son tissu de nouveau chargé d'une quantité de glucose qui s'est produit depuis le lavage ». Cette expérience prouve que dans un foie frais, à l'état physiologique, il y a deux substances : Le sucre très soluble dans l'eau, emporté par le lavage et une autre matière peu soluble dans l'eau, qui se changera peu à peu en glucose.

- 1 – Nommer la matière qui s'est transformée en sucre au cours de l'expérience.
- 2 – Nommer la fonction du foie qui consiste à produire du sucre à partir de cette matière.
- 3 – Expliquer le processus de cette transformation.
- 4 – Le foie peut-il encore produire du glucose à partir d'autres substances non glucidiques ? Si oui les citer.
- 5 – La régulation de la glycémie, dans l'organisme vivant, fait intervenir le Pancréas qui sécrète alors deux hormones ; les citer en précisant également leur rôle.

Baccalauréat C 2013, partiel

Exercice 2***

Le pancréas est un organe très vascularisé qui communique avec le duodénum par le canal pancréatique. Il contient deux types de formation : des acini sécrétant le suc pancréatique aboutissant par le canal pancréatique et de petits îlots de cellules richement vascularisées : les îlots de Langerhans.

1 – On pratique chez un chien l'ablation totale du pancréas. On mesure heure par heure la glycémie, la glycosurie et le taux de glycogène hépatique. À longue échéance, l'animal présente un diabète sucré intense et des troubles digestifs.

Temps (en h)	Glycémie (en g/l)	Glycosurie (g/l)	Glycogène hépatique (UA)
0	1	0	2,65
1	0,95	0	2,65
2	0,90	0	2,6
3	0,85	0	2,6
4*	0,95	0	2,55
5	1,2	0	2,5
6	1,8	0,1	2,45
7	2,8	1,5	2,4
8	3,2	5,6	2,3
9	3,3	6,7	2,2
10	3,4	6,8	2,1

* ablation du pancréas

- a) Représentez sur le même graphe, les variations de la glycémie, de la glycosurie et du glycogène hépatique en fonction du temps.
- b) Commentez les résultats, sachant que la ligature du canal pancréatique n'entraîne que l'apparition de troubles digestifs.
- 2 - Chez un chien pancréatectomisé, on intercale sur la circulation de l'artère carotide et la veine jugulaire, un pancréas prélevé sur un autre chien (pancréas "au cou"). Quelques heures après, ce pancréas est supprimé. La courbe de la figure 1 traduit les variations de la glycémie chez ce receveur.
- 3 - Interprétez la courbe.
- 3 - Il existe chez le chien une région du pancréas ne contenant que des îlots de Langerhans et aucun acinus. Chez un chien pancréatectomisé, on greffe cette région insulaire (riche en îlots) dans une région du corps bien vascularisée. Si le greffon réussit, il est de nouveau vascularisé et demeure normale autour de 1g/l. On constate qu'en cas de réussite, le diabète n'apparaît pas, la glycémie interprétez ces faits.

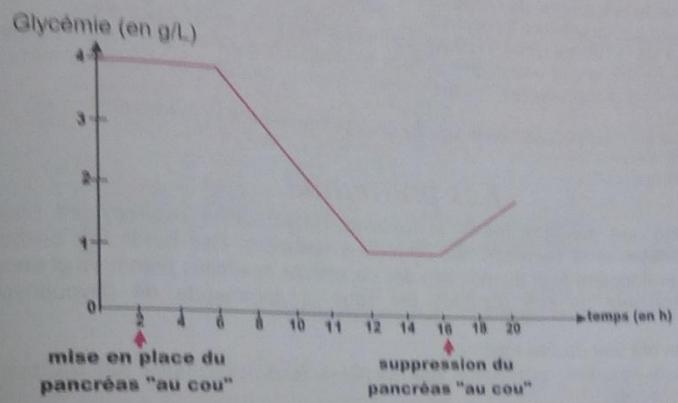


Figure 1

- 4 - Un chien dépancréaté reçoit des injections d'extraits pancréatiques dont l'analyse révèle qu'ils ne contiennent pas de glucose. On constate une variation de la glycémie exprimée sur le graphe de la figure 2.

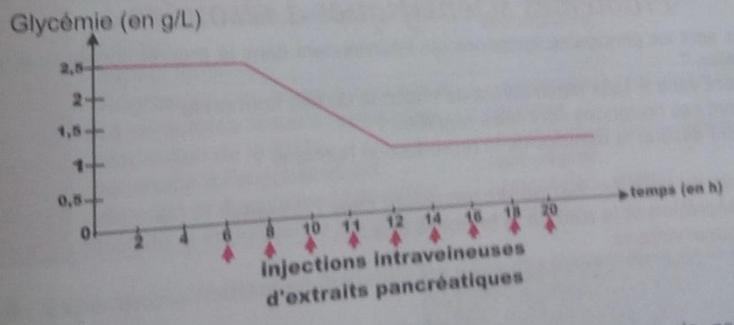


Figure 2

- Interprétez ce graphe
- 5 - Les îlots de Langerhans contiennent principalement deux types de cellules appelées respectivement cellules α et β . Une substance chimique, alloxane, détruit exclusivement les cellules β .
- Un animal subissant les injections répétées d'alloxane développe un diabète plus intense qu'un animal témoin dépancréaté.
- Interprétez ce fait.
- 6 - Concluez en proposant un bilan.

CHAPITRE 12 : LA RÉGULATION DU TAUX DES HORMONES SEXUELLES CHEZ L'HOMME

Objectifs pédagogiques

- À la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable :
- de dégager le rôle de la testostérone,
 - d'expliquer le mécanisme de régulation de la testostérone,
 - de définir la notion d'autorégulation et de représenter par un schéma fonctionnel, la relation testicule complexe hypothalamo-hypophysaire,
 - de définir un cycle sexuel,
 - de comparer les courbes de variation de taux d'hormones ovariennes et hypophysaires chez une femme normale non gestante. En déduire la notion de synchronisme de l'activité hormonale,
 - de dégager le rôle des hormones ovariennes et hypophysaires,
 - d'expliquer le mécanisme de régulation,
 - de conclure par un schéma fonctionnel,
 - de relever les différents types de pilules contraceptives et de donner leur rôle,
 - d'expliquer comment la connaissance de la régulation hormonale des cycles sexuels permet d'assurer la maîtrise de la reproduction humaine (contraception, procréation médicalement assistée et problèmes éthiques),
 - d'énumérer quelques causes de la stérilité chez l'homme et chez la femme.

Les pré-requis

À la puberté, les gonades mâles et femelles (testicules et ovaires) ont pour rôle la production des gamètes et la sécrétion des hormones sexuelles. Ces hormones sexuelles sont responsables du développement et du maintien des caractères sexuelles primaires et secondaires. Le fonctionnement de ces gonades est sous la commande de l'hypophyse et de l'hypothalamus.

Ces gonades ont une double fonction :

- une fonction exocrine : production des gamètes (spermatozoïdes par les testicules et ovocytes II par les ovaires),
- une fonction endocrine : production des hormones sexuelles (testostérone par les testicules, œstrogènes et progestérone par les ovaires).

Problèmes scientifiques à résoudre :

Quelles sont les principales hormones qui interviennent dans la procréation et quel est le rôle de chacune d'elles ?

Comment varie le taux plasmatique de chacune de ces hormones ?

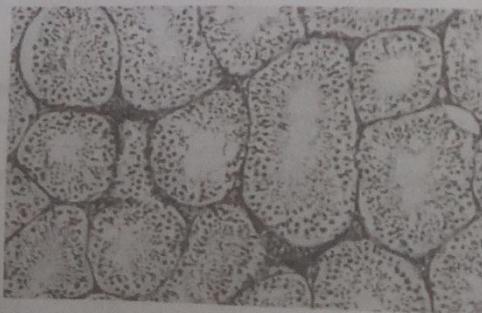
Comment ces hormones sont-elles régulées ?

Comment assurer la maîtrise de la reproduction humaine ?

I – La régulation du taux des hormones sexuelles chez l'homme

1 – La sécrétion et le rôle de la testostérone

a) Les observations



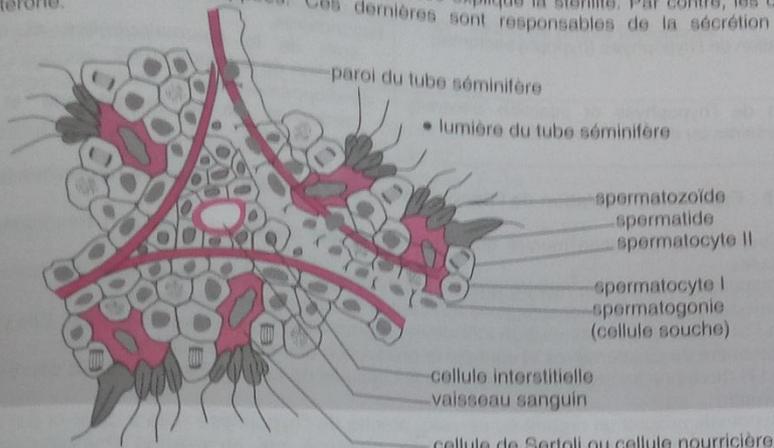
Doc. 1 : Coupe de testicule d'un individu normal



Doc. 2 : Coupe de testicule d'un individu cryptorchide (stérile)

Lorsque les testicules restent dans la cavité abdominale au lieu de migrer dans les bourses : il y a cryptorchidie. Chez ces sujets, certains caractères sexuels secondaires apparaissent normalement à la puberté (développement des voies génitales, des glandes annexes, de la pilosité, de l'instinct sexuel...), mais il y a **stérilité**. L'analyse des tubes séminifères de ces sujets montre une composition anormale (paroi du tube séminifère présentant uniquement quelques spermatogonies et lumière du tube dépourvue de spermatozoïdes). Cette absence de spermatogenèse explique la stérilité. Par contre, les cellules de Leydig sont très développées. Ces dernières sont responsables de la sécrétion de la

Chapitre 19 : La régulation du taux des hormones sexuelles chez l'homme



Doc. 3 : Détail d'un tube séminifère normal

b) Le Rôle de la testostérone

Expériences et résultats	Castration bilatérale	Castration bilatérale suivie d'injection d'extraits testiculaires ou de testostérone
Avant la puberté	<ul style="list-style-type: none"> - infantilisme générale, - non apparition des caractères sexuels secondaires, - arrêt de la croissance des organes génitaux, - aspect féminisé. 	<ul style="list-style-type: none"> - reprise de la croissance des organes génitaux, - apparition des caractères sexuels secondaires, - stérilité.
Après la puberté	<ul style="list-style-type: none"> - Régression des glandes annexes et des caractères sexuels secondaires, - disparition de la libido, - tendance à l'engraissement, - érection et éjaculation impossible (stérilité et impuissance sexuelle). 	<ul style="list-style-type: none"> - reprise de la croissance des organes génitaux, - réapparition des caractères sexuels secondaires, - retour de la libido, - stérilité.

Doc. 4 : Expériences mettant en évidence les rôles des testicules et de la testostérone

Les expériences de castration montrent que les testicules sont responsables de la croissance des organes génitaux, du développement, et du maintien des caractères sexuels secondaires ainsi que de la fertilité de l'individu.

Les expériences d'injections d'extraits testiculaires ou de la testostérone montrent que les testicules agissent sur le développement des organes génitaux, l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires par voie humorale par l'intermédiaire de l'hormone mâle appelée testostérone.

La testostérone seule ne permet pas la fertilité; elle agit sur la formation des spermatozoïdes dans les tubes séminifères et sur les cellules de Sertoli.

Les testicules ont donc deux fonctions :
 - la production des **spermatozoïdes** dans les tubes séminifères,

- la sécrétion de l'hormone sexuelle mâle : la **testostérone** par les cellules interstitielles ou cellules de Leydig. Cette testostérone est responsable du développement des caractères sexuels secondaires et de leur maintien chez l'adulte.

c) La régulation de la sécrétion de la testostérone	
Expérience	Résultats
Ablation de l'hypophyse (hypophysectomie)	- atrophie des testicules. - régression des caractères sexuels secondaires. - arrêt de la spermatogenèse et de la production de la testostérone.
Ablation de l'hypophyse et injection d'extraits hypophysaires ou des hormones FSH et LH.	- développement des testicules. - production de la testostérone et des spermatozoïdes.

Doc. 5 : Expérience d'ablation de l'hypophyse et de l'injection d'extraits hypophysaires

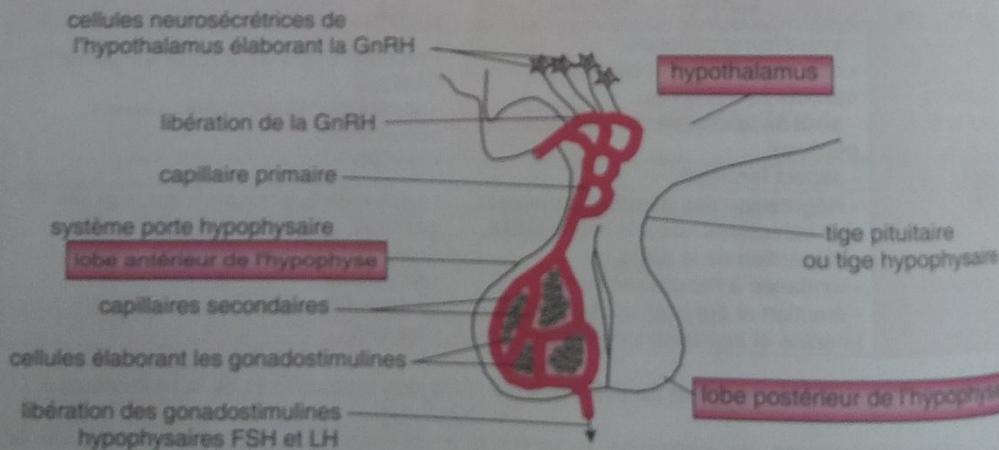
L'expérience d'ablation montre que l'hypophyse est responsable du bon fonctionnement des testicules.

L'expérience d'injection montre que l'hypophyse agit sur les testicules par voie hormonale par l'intermédiaire de ses gonadostimulines FSH et LH de nature glycoprotéique.

La FSH (hormone de stimulation folliculaire) a pour cible les cellules de Sertoli. Elle permet le développement de ces dernières et contrôle la production des spermatozoïdes.

La LH (hormone lutéinisante) a pour cible les cellules de Leydig. Elle stimule la sécrétion de la testostérone.

L'hypothalamus est un organe du cerveau proche de l'hypophyse relié à celle-ci par la tige hypophysaire. Un réseau important de capillaires sanguins met en relation l'hypothalamus et l'hypophyse. Si on interrompt la communication sanguine entre ces deux organes, on observe un arrêt des fonctions testiculaires. Ceci montre que l'hypothalamus agit sur les testicules par l'intermédiaire de l'hypophyse antérieure ou antéhypophyse.

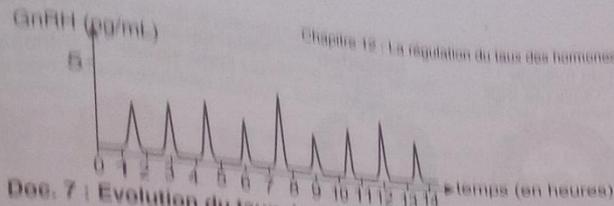


Doc. 6 : Organisation fonctionnelle de l'axe hypothalamo-hypophysaire

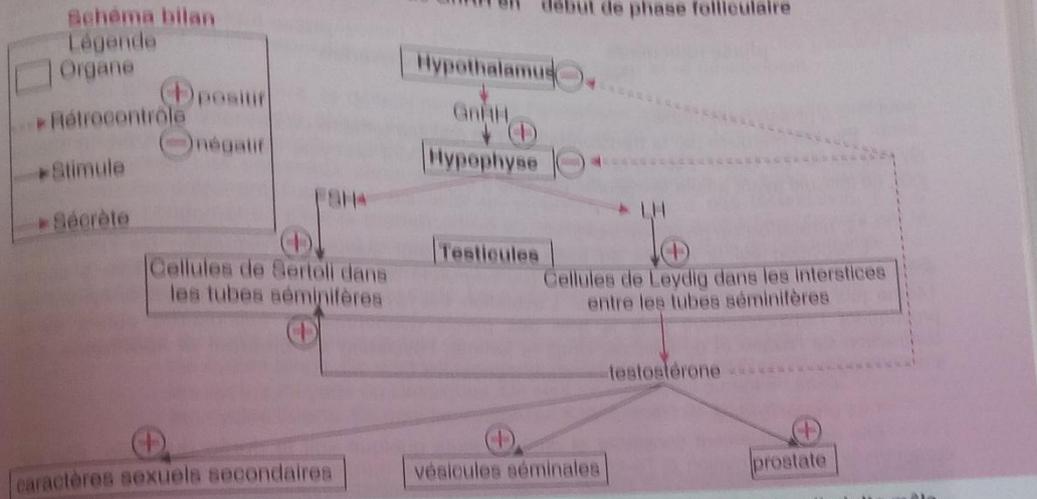
Si on fait une entaille dans la tige hypophysaire et on y place une feuille en plastique au niveau des boutons terminaux des neurones hypothalamiques, on constate non seulement que l'antéhypophyse ne produit plus ses gonadostimulines mais aussi une accumulation en amont d'une substance de nature peptidique : la gonadolibérine ou GnRH (Gonadotrophin Releasing hormon).

L'injection de la GnRH de façon pulsatile sur l'antéhypophyse permet une sécrétion des gonadostimulines.

Les neurones de l'hypothalamus sécrètent de façon pulsatile une neurohormone la GnRH qui stimule la sécrétion des gonadostimulines par l'antéhypophyse.



Doc. 7 : Evolution du taux de GnRH en début de phase folliculaire



Doc. 8 : Schéma bilan des rôles de la testostérone et de sa production chez l'adulte mâle

d) Le rétrocontrôle de l'activité testiculaire sur le complexe hypothalamo-hypophysaire

La castration bilatérale chez un mâle entraîne une hypertrophie de l'antéhypophyse. Donc les testicules exercent une activité frénatrice sur l'antéhypophyse : c'est un rétrocontrôle. Chez un animal non castré, on injecte des quantités importantes de testostérone et on constate que l'activité de l'hypophyse et de l'hypothalamus baisse respectivement à travers la diminution des pulses de gonadostimulines et de GnRH. L'activité frénatrice exercée par les testicules sur le complexe hypothalamo-hypophysaire se fait par l'intermédiaire de la testostérone : c'est un rétrocontrôle négatif. Un **rétrocontrôle** ou **feed-back** est un mécanisme de contrôle de l'activité d'un organe par l'organe dont il stimule l'activité.

II - La régulation du taux des hormones sexuelles chez la femme

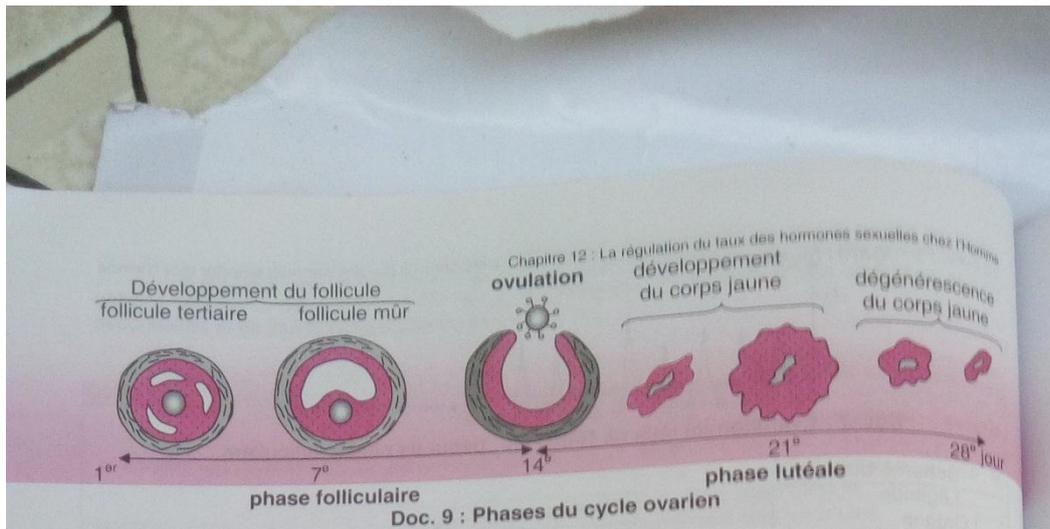
1 - Les cycles sexuels

Chez la femme, les cycles fonctionnent de la puberté (vers 13 ans) à la ménopause (vers 50 ans). Ils durent en moyenne 28 jours. Le fonctionnement de l'appareil génital est marqué par des transformations qui se reproduisent identiques à elles-mêmes et ceci à intervalles de temps réguliers. On parle de cycles sexuels. Les manifestations extérieures étant les règles ou menstruations, les cycles sexuels chez la femme sont qualifiés de **cycles menstruels**. Ces transformations cycliques concernent la **menstruation**, les **ovaires**, l'**utérus** et le **vagin**. Les cycles dits sont synchronisés.

a) Le cycle ovarien

Le cycle ovarien est caractérisé par le développement et la maturation d'un, de deux ou parfois de plusieurs follicules tertiaires, la présence du corps jaune et la fonction endocrine de l'ovaire. Le cycle ovarien comporte deux phases séparées par l'ovulation ou ponte ovulaire :

- la phase folliculaire,
- la phase lutéale.



*** La phase folliculaire**

Elle est marquée par la transformation d'un follicule tertiaire ou cavitaire en un follicule mûr ou follicule de De Graaf. Elle va du 1^{er} au 13^{ème} jour pour un cycle de 28 jours. Vers le 13^{ème} jour, ce follicule ayant atteint la maturité est apte à ovuler.

*** L'ovulation ou ponte ovulaire**

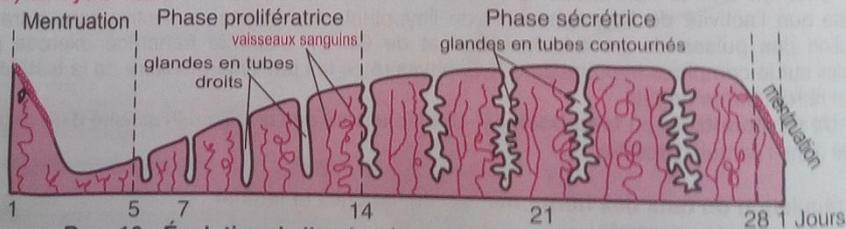
L'ovulation est la rupture du follicule ovarien mûr suivie de l'expulsion de l'ovocyte II entouré des cellules de la corona radiata (ou couronne de cellules folliculaires). Elle a lieu le 14^{ème} jour pour un cycle de 28 jours. L'ovulation est favorisée par l'action des enzymes qui provoquent l'amincissement puis la lyse des parois ovariennes et folliculaires suivie de la contraction de l'ovaire et du follicule. Chez la femme, l'ovulation est brusque et spontanée. Elle s'accompagne d'une élévation de température d'environ 1°C.

*** La phase lutéale**

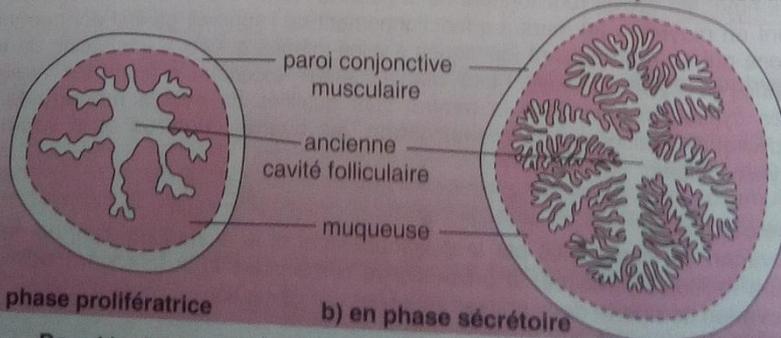
Elle est relativement constante et dure 14 jours quelque soit la durée du cycle. Elle est caractérisée par la formation et l'évolution du **corps jaune** (structure ovarienne provenant de la transformation du reste du follicule mûr après ovulation). Pendant toute cette phase, aucun follicule ovarien ne poursuit sa croissance. Si l'ovocyte II émis n'a pas été fécondé, le corps jaune dégénère en fin de cycle. Une multitude de follicules entre en phase de croissance et un nouveau cycle commence.

En cas de fécondation et implantation de l'œuf, le corps jaune persiste et les cycles sont interrompus pendant les 9 mois de grossesse pour ne reprendre en principe qu'après l'allaitement.

b) Le cycle utérin



Doc. 10 : Évolution de l'endomètre au cours d'un cycle menstruel



Doc. 11 : Aspect de l'utérus en phase prolifératrice et en phase sécrétoire

L'utérus est constitué de deux tuniques :
- le myomètre ou muscle utérin, externe et très épais
- l'endomètre ou muqueuse utérine, interne, mince constitué par un tissu conjonctif riche en vaisseaux sanguins.

* La **phase menstruelle** correspond à la desquamation de la couche fonctionnelle de l'endomètre. Ce processus provoque le saignement qui dure en moyenne 3 à 5 jours. Le sang et les tissus qui se sont détachés s'écoulent dans le vagin et constituent l'écoulement menstruel.

* En **phase proliférative**, l'endomètre qui a été détruit presque entièrement au cours de la menstruation, se reconstitue et s'épaissit à partir du reste de l'épithélium utérin. Des glandes en tubes apparaissent, et les vaisseaux sanguins deviennent nombreux et se développent.

* En **phase sécrétoire**, le développement de l'endomètre atteint son maximum quelques jours après l'ovulation. Cette phase se situe entre le 15^e et 28^e jour. Les glandes en tubes présentent un aspect en dentelle qualifié de « dentelle utérine ». Ces glandes sécrètent du mucus et du glycogène. Les vaisseaux sanguins se spiralisent et se gorgent de sang. Toutes ces transformations préparent l'utérus à accueillir un embryon. S'il n'y a pas fécondation, il y a décapage de l'endomètre : c'est la **menstruation** ou **règles** correspondant à l'écoulement par le vagin d'un liquide composé de sang incoagulable mêlé de mucus et de débris de l'endomètre.

Le premier jour des règles correspond au premier jour du cycle. La veille des règles suivantes correspond au dernier jour du cycle. La durée moyenne des règles est de 4 jours.

Remarque

La durée du cycle menstruel permet de distinguer plusieurs types de cycles :

- les cycles longs. Ce sont les cycles qui durent plus de 28 jours,
- les cycles moyens ou classiques. Ce sont les cycles qui durent 28 jours,
- les cycles courts. Ce sont les cycles qui durent moins de 28 jours.

c) Le cycle de la glaire cervicale



Phase folliculaire

Période ovulatoire

phase lutéale

Doc. 12 : Glaires cervicales prélevées dans le col utérin et observées au microscope électronique à balayage à différents moments du cycle menstruel

La glaire cervicale ou mucus cervical est une sécrétion des glandes du col de l'utérus. Elle empêche certains agents pathogènes d'atteindre l'utérus. Elle est formée de filaments protéiques disposés en réseau aux mailles variables. Elle subit une évolution cyclique :

En **phase folliculaire**, la glaire forme un réseau dense et imperméable aux spermatozoïdes.

En **période ovulatoire**, la sécrétion est abondante. La glaire devient filante, plus fluide et apte à favoriser la progression des spermatozoïdes. Le mucus filtre et sélectionne les spermatozoïdes qui pourront le traverser.

En **phase lutéale**, la progestérone rend la glaire cervicale dense, épaisse et donc imperméable aux spermatozoïdes.

2 - La sécrétion et le rôle des hormones ovariennes

a) L'analyse des courbes de variation du taux d'hormones ovariennes

Une hormone est une molécule produite par une glande, transportée par le sang, et modifiant, à distance, le fonctionnement d'autres organes.

Les ovaires produisent deux types d'hormones : les œstrogènes et la progestérone.

En phase folliculaire, seuls les œstrogènes (œstradiol ou folliculine) sont sécrétés par la **thèque interne** et la **granulosa** des follicules en croissance. Leur pic de sécrétion se situe entre le 11^e et le 13^e jour pour un cycle de 28 jours.

En phase lutéale, le corps jaune sécrète la progestérone en quantité importante et un peu d'œstradiol. Le maximum de sécrétion se situe entre le 20^e et le 22^e jour pour un cycle de 28 jours.

Remarque

En cas de grossesse, les sécrétions d'hormones ovariennes augmentent, car le placenta produit aussi les œstrogènes et la progestérone.

À la fin du cycle, le taux de sécrétion des hormones ovariennes chute : c'est l'une des causes de la menstruation.

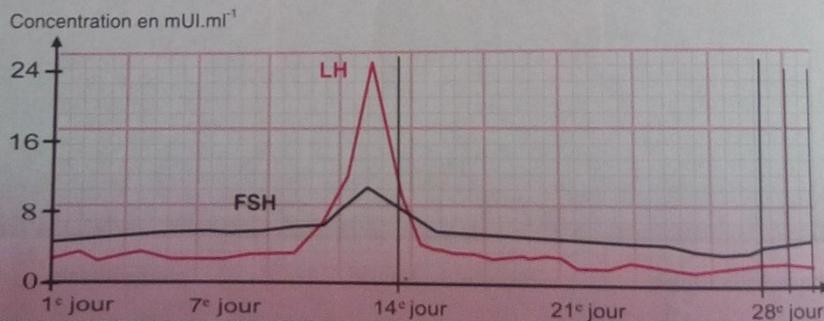
b) L'analyse des courbes de variation du taux d'hormones hypophysaires

En phase folliculaire, les taux plasmatiques de LH et de FSH sont modérés et relativement stables. La FSH est seule responsable du début de la maturation des follicules ; par contre les deux hormones (LH et FSH) agissant en synergie, commandent l'achèvement de cette maturation et stimulent la sécrétion des œstrogènes par la thèque interne des follicules.

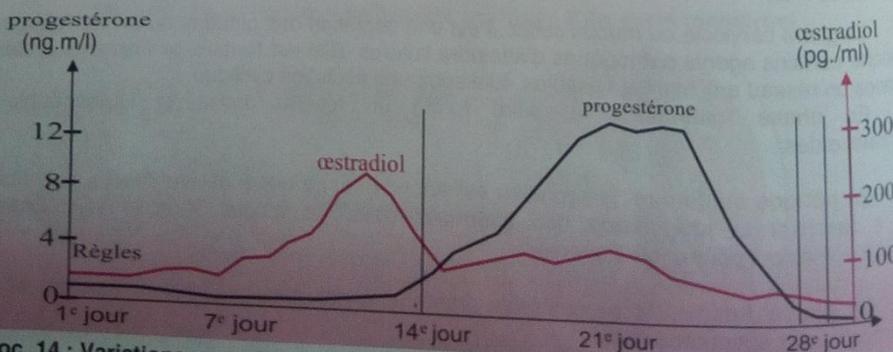
Au moment de l'ovulation se produit un « pic de décharge » de FSH et surtout de LH. C'est le pic de LH qui provoque l'ovulation : c'est la « décharge ovulante ».

En phase lutéale, les taux de LH et de FSH sont comparables à ceux de la phase folliculaire. Cependant, l'effet sur l'ovaire est différent car les gonadostimulines agissent maintenant sur le corps jaune et non plus sur le follicule en croissance. Elles stimulent alors la sécrétion de la progestérone.

Ces deux documents montrent que le taux sanguin des gonadostimulines évolue selon un cycle synchrone du cycle ovarien.



Doc. 13 : Variations des taux sanguins des gonadostimulines au cours d'un cycle classique



Doc. 14 : Variations sanguines d'hormones ovariennes au cours d'un cycle classique

c) Le rôle des hormones ovariennes

Rôle des œstrogènes pendant la phase proliférative

- croissance de la muqueuse utérine à chaque cycle,
- mise en place des glandes utérines,
- augmentation de la contractilité du myomètre,
- déclenchement de la sécrétion d'un type de glaire cervicale à maillage lâche.

Rôle de la progestérone pendant la phase sécrétoire

- poursuite du développement de la muqueuse utérine,
- mise en place de la « dentelle » utérine (c'est l'aspect très découpé de l'endomètre utérin du fait de la prolifération et de la ramification des glandes en tube,
- sécrétion du glycogène par les glandes utérines,
- inhibition de la contractilité du myomètre.

Remarque

La progestérone n'a d'action sur les cellules cibles que si celles-ci ont été préalablement soumises aux œstrogènes. En effet, les cellules cibles synthétisent des récepteurs à progestérone en réponse aux œstrogènes, sans ces récepteurs, les cellules ne peuvent recevoir le message véhiculé par la progestérone.

Doc. 15 : Rôle des hormones ovariennes sur l'utérus

d) Le rôle des hormones hypophysaires

La FSH intervient dans la maturation des follicules et commande la sécrétion des œstrogènes pendant la phase folliculaire.

La LH déclenche l'ovulation (par son pic) et provoque la transformation du follicule éclaté en corps jaune, puis stimule la sécrétion par ce dernier des œstrogènes et de la progestérone en phase lutéale.

3 – La régulation de la sécrétion ovarienne

a) La mise en évidence du rôle de l'hypophyse dans la régulation hormonale chez un mammifère femelle

Expériences	Résultats	Interprétation
Ablation de l'hypophyse	Disparition des cycles ovarien et utérin.	L'hypophyse est indispensable aux fonctionnements cycliques des ovaires et de l'utérus.
Ablation de l'hypophyse et injection d'extraits hypophysaires	Cycle ovarien et cycle utérin normaux.	L'hypophyse agit par voie hormonale sur le fonctionnement des ovaires et de l'utérus.
Ablation de l'hypophyse + ablation des ovaires + injection d'extraits hypophysaires	Disparition du cycle utérin.	Le cycle utérin n'est pas sous la commande directe de l'hypophyse et est donc sous le contrôle des ovaires.

Conclusion

Le fonctionnement des ovaires et de l'utérus est sous la dépendance de l'hypophyse.

b) Les expériences de mise en évidence du rôle de l'hypothalamus et de l'hypophyse dans la sécrétion des gonadostimulines

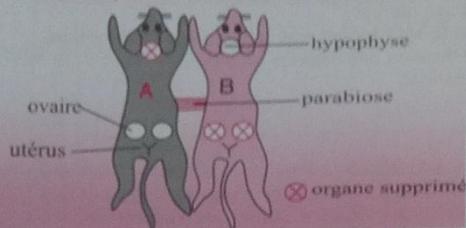
Expériences		Résultats
Ablation de l'hypophyse		
Chez l'animal hypophysectomisé	Transplantation d'une hypophyse dans une région quelconque	Arrêt de l'activité ovarienne
	Transplantation d'une hypophyse dans sa région d'origine	Arrêt de l'activité ovarienne
Chez l'animal normal non hypophysectomisé	Lésion des cellules neuro-sécrétrices des noyaux baso-ventraux de l'hypothalamus	Reprise de l'activité ovarienne
	Stimulation des cellules neuro-sécrétrices des noyaux baso-ventraux de l'hypothalamus	Arrêt de l'activité ovarienne
		Ovulation brutale

Conclusion

- L'hypophyse ne fonctionne que lorsqu'elle est à proximité de l'hypothalamus
- L'hypothalamus agit sur l'hypophyse par l'intermédiaire d'une substance sécrétée par les cellules neurosécrétrices : il s'agit d'une neurohormone (GnRH)

c) La parabiose

*** Expérience**



Une rate pubère A non gestante hypophysectomisée est mise en parabiose avec une rate pubère non gestante et ovariectomisée. Les utérus des rates A et de B retrouvent leur volume et leurs cycles normaux. Les cycles sexuels des deux animaux sont parallèles et synchronisés.

Doc. 16 : La parabiose sur deux rates

*** Interprétation**

L'hypophyse de B sécrète les gonadostimulines qui, véhiculées par le sang, stimulent le fonctionnement des ovaires de A. Les ovaires de A à leur tour sécrètent les hormones sexuelles qui, véhiculées par le sang, rétablissent le fonctionnement des cycles utérins de A et de B. La synchronisation de ces deux cycles est due au fait que leur fonctionnement est induit par la même hypophyse.

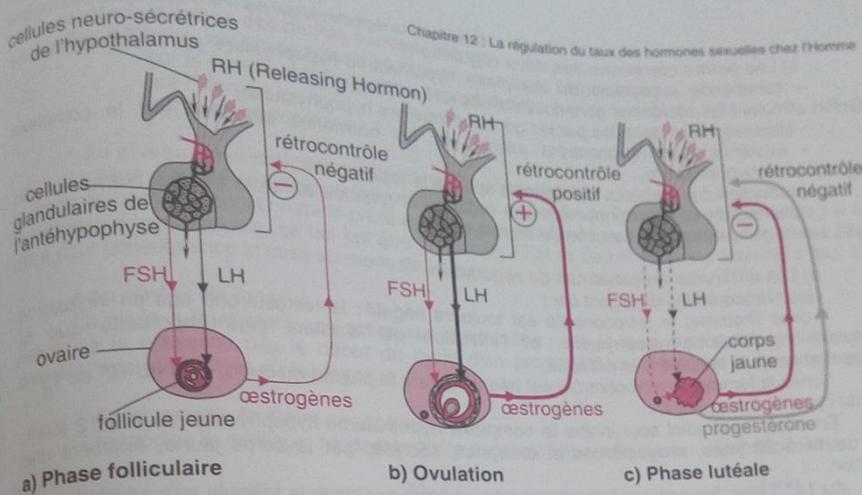
La parabiose est donc une opération expérimentale qui consiste à établir une connexion sanguine entre deux ou plusieurs animaux. Elle peut être naturelle (**siamois**) ou artificielle (document 16).

d) L'action des hormones ovariennes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire

Expériences	Résultats
Chez une rate pubère non gestante, on supprime de façon bilatérale les deux ovaires	Hypertrophie de l'hypophyse
Injection de petites quantités d'œstrogènes dans l'hypothalamus	Absence d'ovulation
Injection de grandes quantités d'œstrogènes dans l'hypothalamus	Apparition d'une quantité importante de LH dans le sang et déclenchement immédiat de l'ovulation
Injection de progestérone et d'œstrogènes dans l'hypothalamus, à des concentrations très élevées.	Cycle ovarien bloqué et pas d'ovulation

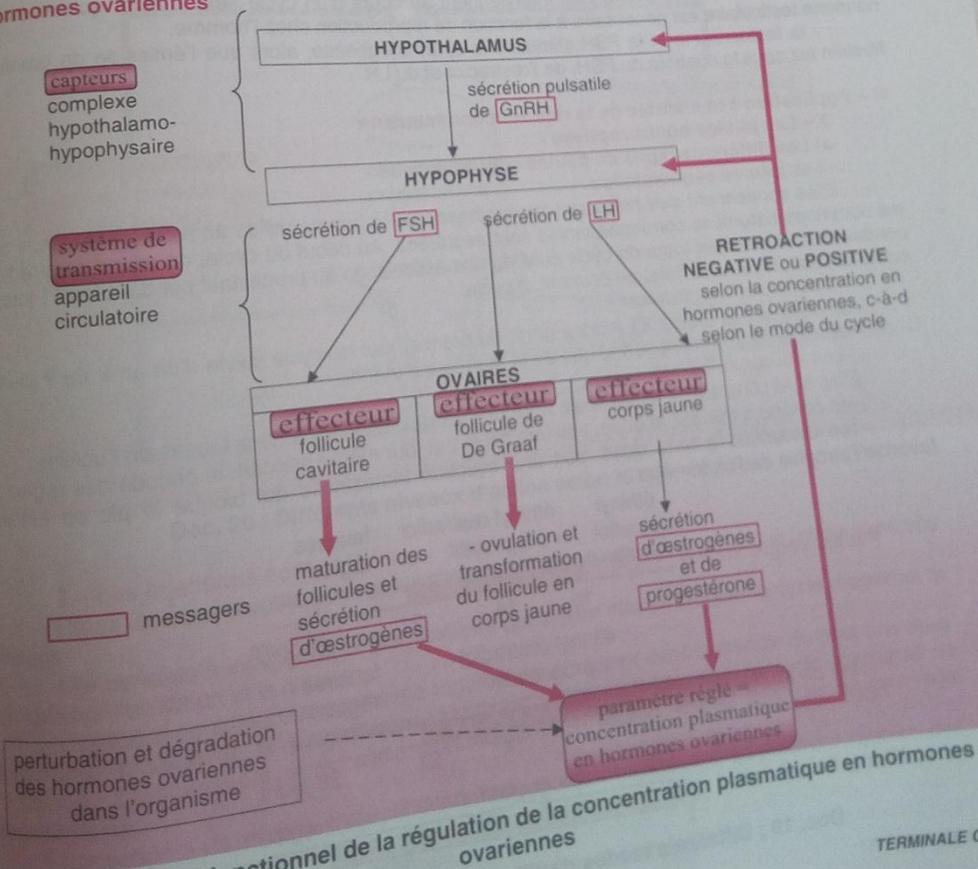
Interprétation

- les ovaires exercent une activité frénatrice sur le fonctionnement de l'hypophyse,
- les faibles concentrations d'œstrogènes inhibent la sécrétion de GnRH ainsi que celles des gonadostimulines : c'est le **retrocontrôle négatif** observé pendant la phase folliculaire.
- les fortes concentrations d'œstrogènes stimulent la sécrétion de GnRH et partant celles des gonadostimulines surtout, la LH qui déclenche l'ovulation : c'est le **retrocontrôle positif** qui explique le pic de décharge de LH.
- la progestérone inhibe la sécrétion de la GnRH et des gonadostimulines quelle que soit la concentration des œstrogènes : c'est le **retrocontrôle négatif** observé pendant la phase lutéale.



Doc. 17 : Les différents rétrocontrôles observés pendant un cycle sexuel

4 - Schéma fonctionnel de la régulation de la concentration plasmatique en hormones ovariennes



Doc. 18 : Schéma fonctionnel de la régulation de la concentration plasmatique en hormones ovariennes

a) Les points communs des deux régulations

- commande supérieure du complexe hypothalamo-hypophysaire par l'intervention de GnRH stimulant les sécrétions gonadostimulines (LH et FSH),
- stimulation des gonades par les gonadostimulines hypophysaires,
- existence d'un rétrocontrôle exercé par les hormones sexuelles sur le complexe hypothalamo-hypophysaire,
- production des gamètes fonctionnels aptes à la reproduction,
- stimulation du fonctionnement des organes et glandes annexes par les hormones afin qu'ils soient compatibles à la fonction de reproduction.

b) Les différents mécanismes de régulation

- les rétrocontrôles divergent car :
 - * chez l'homme, le rétrocontrôle est toujours négatif : la testostérone agit en inhibant le complexe hypothalamo-hypophysaire, et l'inhibition est d'autant plus importante que la concentration de la testostérone est forte.
 - * chez la femme, le rétrocontrôle est négatif durant la plupart du cycle, sauf du 12^e au 13^e jour du cycle où il est positif.

En effet, l'œstradiol seul inhibe le complexe hypothalamo-hypophysaire de 0 à 12 jours, puis de 14 à 28 jours, progestérone et œstradiol, sécrétés par le corps jaune, exercent une inhibition.

Au 14^e jour, les cellules folliculaires très nombreuses dans le follicule mûr sécrètent une forte quantité d'œstradiol qui exerce un rétrocontrôle positif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire. Le pic de LH (et dans une moindre mesure celui de FSH) qui s'en suit est déclencheur de l'ovulation.

- deux hormones ovariennes interviennent au cours d'un cycle sexuel alors qu'une seule hormone testiculaire est nécessaire à la fonction de reproduction chez l'homme.
- la testostérone et la FSH stimulent la spermatogenèse, alors que l'émission de gamète féminin est sous le contrôle de FSH, de l'œstradiol et du LH.

III - Application à la maîtrise de la reproduction humaine

1 - Les pilules contraceptives

a) Les différents types de pilules contraceptives

- Les pilules séquentielles

Elles contiennent des hormones de synthèse que la femme utilise au moment du cycle où les hormones naturelles correspondantes sont sécrétées. Au début du cycle, on prend l'œstradiol pendant les 10 premiers jours du cycle suivi de son association au progestatif pendant les 11 jours suivants ; soit 21 jours au total au cours d'un cycle.

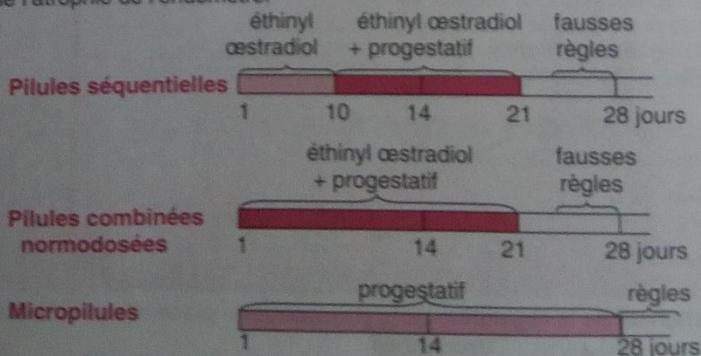
- Les pilules combinées

La prise se fait durant 21 jours à partir du premier jour du cycle suivie d'un arrêt de 7 jours lui permettant le délabrement périodique de la muqueuse utérine.

- Les micropilules

Elles sont constituées d'une seule hormone progestative. Il y a deux façons de l'utiliser :

- en continu à très faible dose, soit une pilule par jour même pendant la période des règles.
- en discontinu à forte dose, soit une injection trimestrielle qui bloque le pic de LH et favorise l'atrophie de l'endomètre.



Doc. 19 : Différents modes d'utilisation de la contraception orale

b) Mode d'action des pilules contraceptives

selon les cas, les pilules agissent à trois niveaux dans l'organisme :

- sur le complexe hypothalamo-hypophysaire,
- sur l'utérus,
- sur la glaire cervicale.

• Au niveau du complexe hypothalamo-hypophysaire.

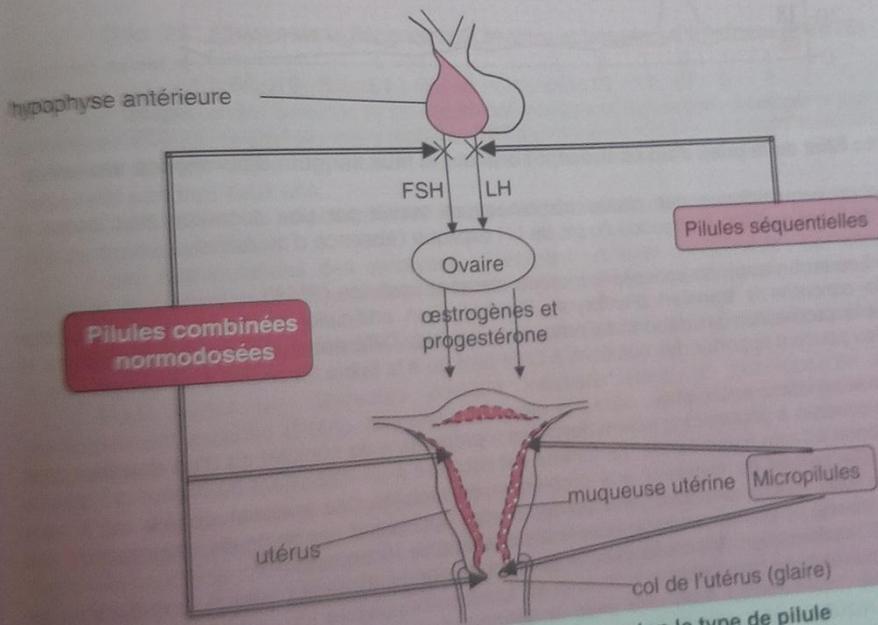
La forte quantité d'hormones (association d'un analogue de l'œstradiol et d'un analogue de la progestérone) que contiennent la pilule exerce en permanence un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, ce qui fait que le taux de FSH et de LH reste constamment bas. Ce qui a pour conséquence la mise au repos de l'ovaire.

• Au niveau de l'utérus.

La pilule a également une action sur l'endomètre : elle le rend impropre à la nidation en raison de la présence dès le début du cycle d'un progestatif qui empêche à l'œstrogène de stimuler l'épaississement de l'endomètre.

• Au niveau de la glaire cervicale

Elle modifie le maillage, rendant la glaire cervicale imperméable aux spermatozoïdes.



Doc. 20 : Différents niveaux d'action selon le type de pilule

2 - Les injections contraceptives

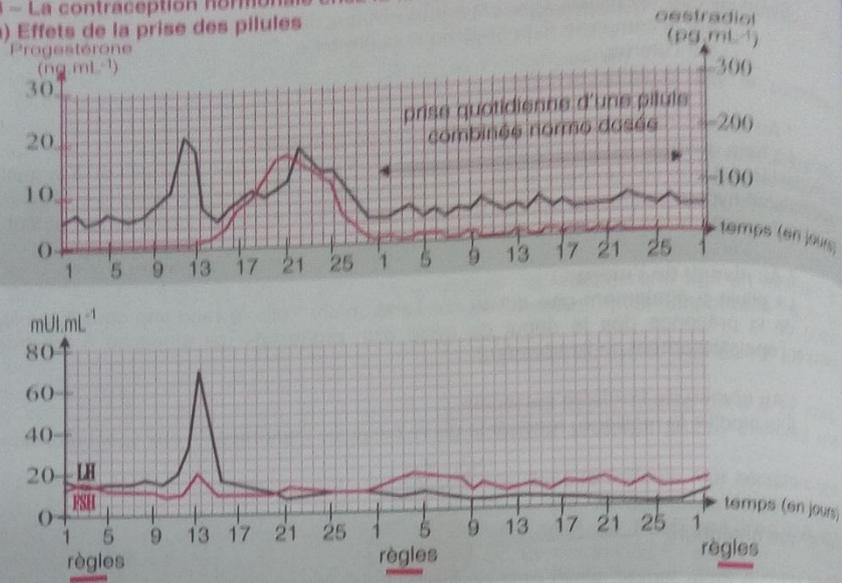
Parmi les contraceptifs hormonaux, l'injection trimestrielle est peu connue, et pourtant très efficace. Elle consiste à injecter de la progestérone qui a pour rôle de bloquer le cycle menstruel et d'empêcher l'ovulation et la nidation.

L'injection contraceptive consiste à régulièrement injecter dans le muscle du bras une dose d'hormone. Il s'agit de la progestérone, hormone qui « court-circuite » le cycle menstruel et l'ovulation. Contrairement à la pilule contraceptive, l'injection trimestrielle ne contient pas d'œstrogènes.

L'injection a un effet contraceptif pendant au moins 14 semaines. La première injection doit se faire dans les 5 premiers jours du cycle. Elle doit être renouvelée toutes les 12 semaines ou tous les 3 mois, pour une efficacité optimale.

NB : Il existe également un vaccin anti-spermatozoïde efficace

3 - La contraception hormonale chez la femme
a) Effets de la prise des pilules



Doc. 21 : Effet de la prise d'un contraceptif oral sur le taux sanguin d'hormones sexuelles

La prise quotidienne des pilules combinées se traduit par une sécrétion très basse et continue de LH et de FSH. L'absence du pic de LH explique l'absence d'ovulation.

b) Les techniques de procréation médicalement assistée (PMA)

Elle concerne le transfert d'embryon, l'insémination artificielle ou toute autre technique permettant la procréation en dehors du processus normal. Différentes techniques médicales et chirurgicales peuvent apporter des solutions à l'infertilité ou à la faible fécondité d'un couple :

- l'insémination artificielle

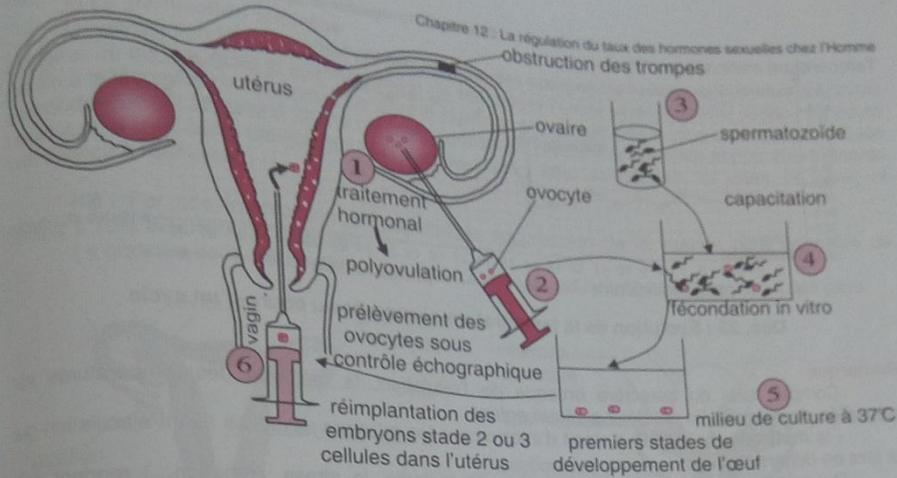
Elle consiste à déposer les spermatozoïdes « préparés » du conjoint ou d'un donneur dans la cavité utérine à l'aide d'une sonde. La femme est soumise à un traitement hormonal qui stimule l'ovulation. Elle permet de remédier aux problèmes de mobilité des spermatozoïdes ou à ceux causés par une glaire cervicale inadaptée. Cette technique permet de rapprocher les spermatozoïdes de l'ovocyte, ce qui augmente les chances de fécondation.

L'IAC (Insémination Artificielle avec le sperme du Conjoint) n'est pratiqué que dans le cas d'homme impuissant ou hypofertile.

L'IADA (Insémination Artificielle avec le sperme d'un donneur Anonyme). Elle est due à une stérilité résultant d'un déficit du sperme du mari. Longtemps pratiquée en Occident, cette méthode est de plus en plus pratiquée dans les pays africains.

- la fécondation in vitro et transfert d'embryon (FIVETE)

Le principe consiste à déclencher l'ovulation artificiellement par injection quotidienne d'hormones, à recueillir après une petite incision abdominale, sous contrôle échographique un ou plusieurs ovocytes chez une femme. Une fois prélevés, les ovocytes sont placés dans un liquide spécifique auquel on ajoute le sperme du conjoint préalablement préparé. L'ensemble est laissé en incubation pendant plusieurs heures. Dès que les œufs fécondés atteignent le stade 2, 4 ou 8 cellules, un ou plusieurs embryons sont transférés dans l'utérus de la mère afin d'augmenter la probabilité de grossesse. Deux jours passés en éprouvette pour neuf mois de grossesse ont valu à l'enfant le nom abusif de « bébé-éprouvette ». Cette technique qui se fait exclusivement en milieu hospitalier a été utilisée pour la première fois dans l'espèce humaine avec succès en 1978 en Angleterre avec la naissance de Louise Brown. C'est une solution aux problèmes de stérilité chez les femmes dont les trompes sont obstruées.



Doc. 22 : Étapes de la Fécondation *In Vitro* et transfert d'Embryon (FIVETE)

c) Les problèmes éthiques soulevés par les PMA

Le fait de rendre possible la conception d'enfants qui n'auraient jamais vu le jour sans les techniques médicales soulève des problèmes d'ordre moral :

- le devenir des embryons non implantés (embryons surnuméraires) qui sont congelés et conservés pendant deux ans,
- la possibilité de sélectionner les embryons créés avant de les implanter, selon des critères plus ou moins valables,
- les manipulations des embryons constituent un sujet d'inquiétude ; car elles peuvent favoriser la transmission à une descendance des anomalies génétiques pouvant entraîner la stérilité.

Le clonage reproductif des êtres humains est interdit ; car c'est un crime contre l'espèce humaine.

Pour éviter les désordres pouvant intervenir dans la technique de procréation médicalement assistée (PMA), beaucoup de pays ont créé un cadre juridique pour réglementer ces pratiques.

4 – Autres méthodes de contraception

La **contraception** est l'ensemble des méthodes utilisées par un couple pour empêcher de façon réversible la conception d'un enfant. Il existe des **méthodes contraceptives** (s'opposant à la conception) et des **méthodes contragestives** (s'opposant à la gestation). Ces méthodes exercent leur action à des **niveaux différents** de la reproduction (avant ou après la fécondation). Elle repose sur plusieurs procédés.

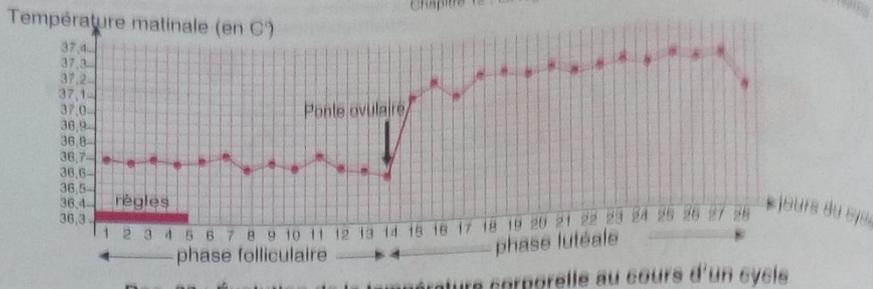
Elles recommandent l'abstinence sexuelle au cours de la période féconde.

On distingue :

- la **méthode de calendrier** ou « **méthode Ogino** ». Il s'agit de s'abstenir de relations sexuelles pendant la période féconde élargie de 6 - 7 jours, à condition que la femme ait un cycle régulier. La période de fécondité est calculée à partir de la durée du cycle sachant que la phase lutéale est constante et dure 14 jours pour tous les cycles.

- la **méthode des températures**. La température du corps de la femme varie en fonction de la période du cycle menstruel et indépendamment de la durée de celui-ci. Elle est toujours basse pendant la phase folliculaire et augmente brutalement pendant l'ovulation pour se maintenir élevée pendant la phase lutéale. La femme doit établir une courbe en prenant sa température rectale au réveil tous les matins à la même heure avant de se lever.

TERMINALE C



Doc. 23 : Évolution de la température corporelle au cours d'un cycle

Remarque

Compte tenu du caractère brusque de l'ovulation, la méthode des températures est conseillée pour un couple qui désire avoir un enfant.

- la **méthode du retrait**. Il s'agit d'interrompre les relations sexuelles avant éjaculation qui se fera en dehors du vagin.

De nombreux facteurs de perturbation (la maladie, le stress, l'émotion...) rendent ces méthodes peu efficaces en modifiant le moment de l'ovulation.

b) Les méthodes mécaniques

- le **préservatif masculin ou condom**. C'est un étui de caoutchouc mince et résistant qu'on enfle sur le pénis en érection. Il empêche le dépôt des spermatozoïdes dans le vagin. Il protège aussi contre les infections sexuellement transmissibles.

- le **diaphragme**. C'est un petit disque de caoutchouc qui, placé sur le col de l'utérus, empêche la pénétration des spermatozoïdes dans la cavité utérine.

- le **préservatif féminin**. C'est un cylindre en gaine de caoutchouc qui est introduit dans la cavité vaginale et qui empêche le dépôt des spermatozoïdes dans le vagin. Il protège aussi contre les infections sexuellement transmissibles.

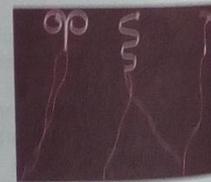
- le **stérilet**. C'est un petit objet comprenant une tête en matière plastique ou en métal de formes variables (serpentin ou en T) et de deux fils de retrait. Placé dans l'utérus en milieu hospitalier, le stérilet empêche la nidation de l'œuf. Il est utilisé par des femmes ayant déjà procréées.



Doc. 24 : Préservatif masculin

c) Les méthodes chimiques

C'est la méthode de contraception la plus sûre. Il s'agit surtout des **spermicides**. Ils sont conditionnés sous forme de crème, d'ovules ou de capsules. Ils détruisent les spermatozoïdes et contiennent un agent bactéricide pouvant prévenir certaines infections sexuellement transmissibles.



Doc. 25 : Les types de stérilets

d) La stérilisation

C'est la suppression de la faculté de reproduction. Elle peut être aussi bien masculine que féminine.

α) La stérilisation masculine

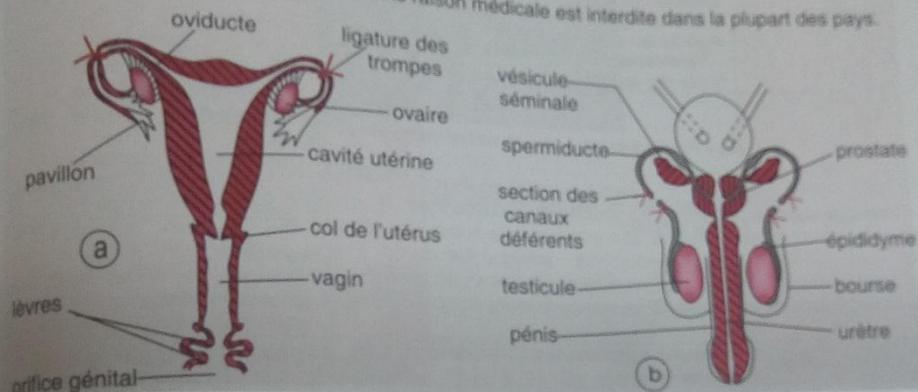
Elle s'obtient par section ou ligature des canaux déférents qu'empruntent les spermatozoïdes à la sortie des testicules. La section des deux canaux déférents est appelée **vasectomie**. La section ou la ligature des canaux déférents n'arrête pas la sécrétion spermatique, car la plus grande partie du sperme contient des sécrétions de la prostate et de vésicule séminale. Cependant, ce sperme ne contient pas de spermatozoïdes.

β) La stérilisation féminine

La stérilisation féminine s'obtient par ligature des trompes de Fallope qui conduisent l'ovule à l'utérus, ce qui empêche le spermatozoïde de rencontrer l'ovule et de féconder. Cette procédure met fin à la fécondité de la femme. Elle est efficace à 99,5% contre la grossesse pendant la première année. Elle présente l'avantage d'être sans danger pour la femme, sans effet secondaire, ni visite de suivi, ni ordonnance à renouveler.

NB : Par une intervention chirurgicale, la suppression de la ligature peut permettre de rétablir à 70% la fertilité de la femme.

La pratique de la stérilisation sans raison médicale est interdite dans la plupart des pays.



a) Ligature des trompes de Fallope b) Section des canaux déférents (vasectomie)

Doc. 26 : Stérilisation féminine et masculine

Fiabilité des différentes méthodes de contraception

Méthode contraception utilisée	Taux moyens d'échecs
aucune	90%
Abstinence périodique.	11 à 30%
Préservatifs masculins.	4 à 8%
Diaphragme féminin	2 à 4%
Stérilet (déconseillée aux jeunes filles)	0,3 à 3%
Pilules combinés (normo ou minidosées).	0,15 à 0,45%
Pilules « séquentielles »	0,4 à 0,7%
Coït interrompu	23%
Spermicides	1,3 à 4%
Contraceptifs implantés	4%

5 - Les principales causes de la stérilité

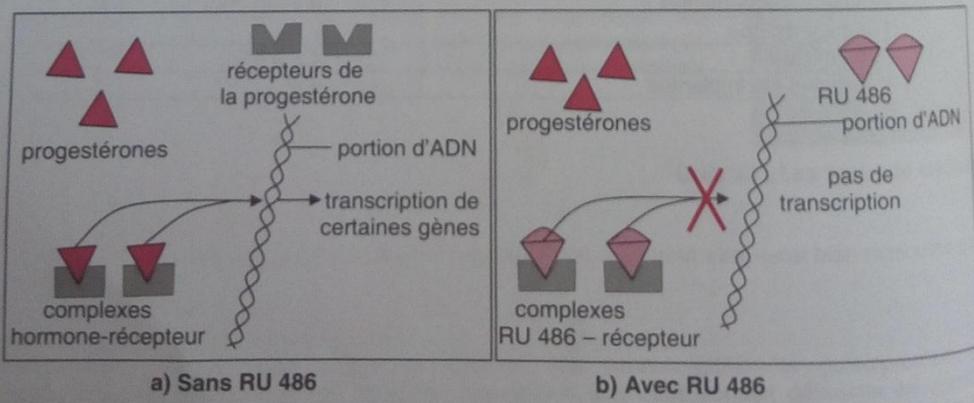
Stérilité masculine		Stérilité féminine	
origine			
Gonades	<ul style="list-style-type: none"> - Atrophie testiculaire. - Cryptorchidie : absence de descente des testicules dans la bourse. - Anomalie de la spermatogénèse 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'ovulation d'origine hypothalamique, hypophysaire, ovarienne. - dysfonctionnement du corps jaune. 	
Gamètes	<ul style="list-style-type: none"> - Azoospermie : absence de spermatozoïdes dans le sperme. - Oligospermie : faible quantité de spermatozoïdes dans le sperme. - Asthénospermie : réduction de la mobilité des spermatozoïdes. - Tératospermie : anomalies de la forme des spermatozoïdes 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'ovocyte. - Expulsion prématurée de l'ovocyte. - Courte durée de vie de l'ovocyte II 	
Voies génitales	- Obstruction de l'épididyme et/ou du canal déférent	Utérus	<ul style="list-style-type: none"> - Altération de l'endomètre - Malformations de l'utérus
		Trompes	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de la paroi tubulaire. - Obturation des trompes. - Adhérence péritubulaire empêchant la capacitation.
		Glaire cervicale	<ul style="list-style-type: none"> - Insuffisance qualitative et quantitative. - Glaire épaisse et non filante. - glaire purulente. - glaire toxique.
Immunologiques	Auto agglutination des spermatozoïdes	- Présence d'anticorps anti spermatozoïdes	

Pour en savoir plus

I - Les méthodes de contraception hormonale

1 - Les principes de la contraception hormonale

Depuis 1980, on connaît une pilule abortive appelée le RU 486 (du nom de son inventeur Roussel Uclaf). Il a une forte affinité pour les récepteurs à la progestérone. Il se fixe sur les récepteurs des cellules de l'endomètre avec une affinité plus grande que la progestérone. À la différence de la progestérone, le RU 486 n'entraîne pas la modification de l'activité des cellules cibles. Ainsi, il empêche l'action de cette hormone. La progestérone étant indispensable au maintien de l'endomètre, l'effet anti-progestérone du RU 486 se solde par la mort de l'embryon.

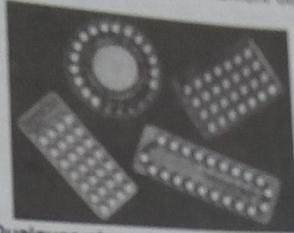


Doc. 27 : Action du RU 486 sur les cellules de l'endomètre

2 - La pilule du lendemain

En cas de rapport sexuel potentiellement fécondant, l'administration dans les 72 heures de cette pilule (comprimés fortement dosés en œstrogènes et progestérone) provoque la destruction de l'endomètre et empêche la nidation d'un éventuel embryon.

Ainsi un déséquilibre hormonal brutal, selon le moment du cycle, empêche l'ovulation, la fécondation ou bloque la nidation.



Doc. 16 : Quelques plaquettes de pilules contraceptives

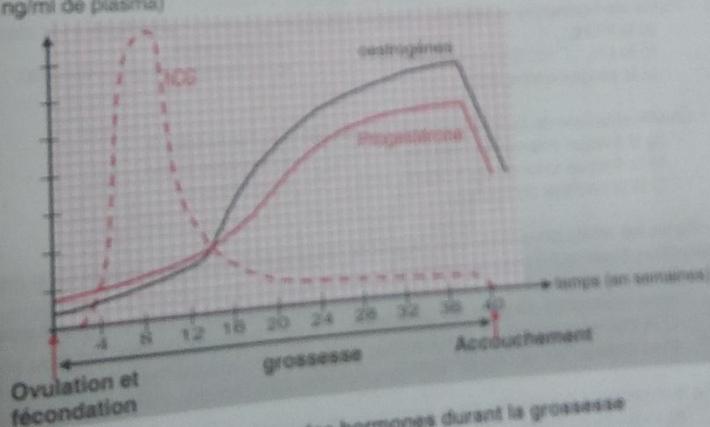
8 - Evolution du taux des hormones au cours de la grossesse

Dès le début de la nidation, le trophoblaste (ensemble des cellules entourant la jeune masse embryonnaire intervenant dans la nidation et participant à la formation du placenta) sécrète une hormone semblable à la LH, la gonadotrophine chorionique humaine (hCG). Elle est responsable du maintien du corps jaune et de sa transformation en corps jaune de grossesse (ou corps jaune gravidique). La hCG stimule le corps jaune à continuer de sécréter des œstrogènes et de la progestérone.

Elle est décelable dans le sang de la mère dès la première semaine après la fécondation. Sa concentration continue d'augmenter jusqu'à la fin du deuxième mois, puis diminue brusquement. À quatre mois de gestation, le taux de hCG baisse et se maintiendra jusqu'à la fin de la grossesse.

La détection de l'hCG dans l'urine de la femme est le principe du test de grossesse.

Concentrations plasmatiques relatives
(en ng/ml de plasma)



Doc. 17 : Courbes de variation des hormones durant la grossesse

La progestérone empêche les contractions utérines (et donc empêche l'expulsion de l'embryon). Elle permet à l'utérus de se dilater au fur et à mesure de la croissance de l'embryon. Cette action se poursuit tout au long de la grossesse. Le placenta sécrète aussi de la progestérone et, à partir du troisième mois, il prend en charge la sécrétion de ces deux hormones pour tout le reste de la grossesse.

TERMINALE C

I – Restitution organisée des connaissances
A – Questionnaires à choix multiples (QCM)

Chaque série d'affirmations comporte une seule réponse exacte. Repérez l'affirmation correcte et notez le numéro de la question suivi de la lettre qui désigne la réponse juste.

- 1 – Le cycle utérin :
 - a) est indépendant du cycle ovarien,
 - b) prépare l'organisme à recevoir un embryon,
 - c) ne se déroule qu'en présence de l'hypophyse,
 - d) peut se dérouler en l'absence d'ovaire,
 - e) se manifeste notamment par les règles.

- 2 – La phase préovulatoire du cycle ovarien :
 - a) ne dépend pas des hormones hypophysaires,
 - b) est caractérisée par la formation d'un corps jaune,
 - c) est caractérisée par la croissance folliculaire,
 - d) est contrôlée surtout par l'hormone LH,
 - e) est caractérisée par une abondante production de progestérone.

- 3 – La phase post-ovulatoire du cycle ovarien :
 - a) ne dépend pas des hormones hypophysaires,
 - b) est caractérisée par la formation d'un corps jaune,
 - c) est caractérisée par la croissance folliculaire,
 - d) est contrôlée surtout par l'hormone FSH,

- 4 – Au cours de la phase lutéale du cycle, on observe :
 - a) la formation du corps jaune,
 - b) un pic de sécrétion des gonadostimulines,
 - c) une abondante sécrétion d'œstrogènes,
 - d) la maturation des follicules.

- 5 – Parmi les hormones suivantes, laquelle n'est pas de nature protéique :
 - a) la FSH,
 - b) la LH,
 - c) la progestérone,
 - d) l'œstradiol,
 - e) la GnRH.

- 6 – Quelle structure de la liste suivante ne sécrète pas l'œstradiol ?
 - a) la thèque interne du follicule,
 - b) la thèque externe du follicule,
 - c) la granulosa du follicule,
 - d) le corps jaune,
 - e) le placenta.

- 7 – Parmi les effets physiologiques rapportés dans la liste suivante, lequel n'est pas déclenché par la sécrétion d'œstradiol chez la femme ?
 - a) développement des caractères sexuels secondaires féminins à la puberté ?
 - b) la croissance de glandes lactéales,
 - c) le déclenchement de l'ovulation,
 - d) la croissance de l'endomètre,

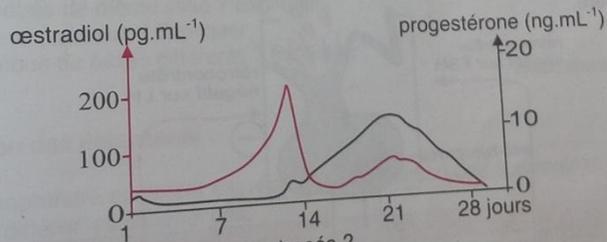
- 8 – La testostérone exerce sur l'axe hypothalamo-hypophysaire une rétroaction :
 - a) toujours positive,
 - b) positive et négative,
 - c) toujours négative,
 - d) parfois négative.

- 9 – Parmi les effets physiologiques indiqués dans la liste suivante, lequel est directement attribué à la FSH ?
 - a) l'ovulation,
 - b) la croissance folliculaire,
 - c) le déclenchement de la deuxième division de méiose,

- d) la croissance du corps jaune,
e) la stimulation de la sécrétion d'œstradiol par le follicule,
- 10 - Parmi les effets physiologiques indiqués dans la liste suivante, lequel est directement attribué à la LH ?
a) la croissance folliculaire,
b) le déclenchement de la deuxième division de méiose,
c) la croissance du corps jaune,
d) la stimulation de la sécrétion d'œstradiol par le follicule,
e) la stimulation de la croissance de l'endomètre.
- 11 - La testostérone chez l'homme à partir de la puberté :
a) est une hormone produite par les tubes séminifères,
b) a un taux sanguin variable car sa sécrétion est en permanence équilibrée par sa dégradation dans l'organisme,
c) est une protéine hormonale,
d) induit la formation des caractères sexuels primaires et secondaires.
- 12 - Au cours de la grossesse, les plus grandes quantités d'œstradiol et de progestérone sont sécrétées par :
a) les ovaires,
b) l'hypophyse,
c) les capsules surrénales,
d) le placenta.
- 13 - Les hormones ovariennes :
a) ne sont pas directement responsables de l'évolution cyclique de l'endomètre,
b) agissent sur les organes cibles qui ne sont pas exclusivement situés au niveau des voies génitales,
c) exercent en permanence une rétroaction négative sur l'action des gonadostimulines
d) sont sécrétées de façon cyclique, même en l'absence de neuro-hormone.

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Au cours du cycle ovarien, il est possible d'évaluer les concentrations sanguines des deux hormones sexuelles essentielles : l'œstradiol et la progestérone. Les résultats sont exprimés par le graphe du document ci-dessous.



- 1 - Quels résultats essentiels indiquent ces tracés ?
- 2 - Par quelles structures, l'œstradiol et la progestérone sont-ils sécrétés ?
- 3 - Quelle est la nature chimique de ces deux hormones ?
Quelles en sont les conséquences ?
- 4 - Quelles sont les fonctions essentielles de ces deux hormones ?
- 5 - Quels événements essentiels naturels peuvent perturber leur sécrétion ?

II - Explication des mécanismes de fonctionnement des organes
Exercice 1

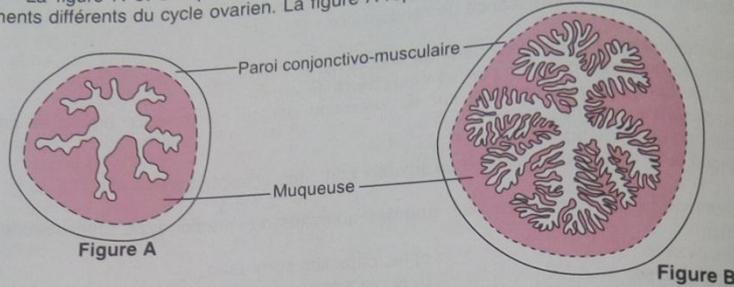
Les gonadostimulines ou gonadotrophines sont des hormones qui, comme leur nom l'indique, stimulent le fonctionnement des gonades. À titre d'exemple, on connaît l'hormone chorionique gonadotrope, la gonadostimuline A et la gonadostimuline B. Parmi ces trois hormones, deux sont communes à l'homme et à la femme ; tandis qu'une est propre à la femme.
1 - Indiquez les hormones communes aux deux sexes et l'hormone propre à la femme.
2 - Pour l'hormone propre à la femme, désignez sa structure sécrétrice, sa structure cible et son influence sur la structure cible.

3 - Pour les hormones communes aux deux sexes.

- Désignez les structures sécrétrices,
- Précisez leurs rôles respectifs chez la femme et les noms particuliers liés à ces rôles.
- Précisez leurs rôles respectifs chez l'homme et si possible les noms particuliers liés à ces rôles.

Exercice 2

La figure A et B représentent deux coupes de l'utérus d'un Mammifère femelle à deux moments différents du cycle ovarien. La figure A représente l'état 1 et la figure B représente l'état 2.



- Comparer les deux états de l'utérus pendant le cycle ovarien.
- Déterminer le moment du cycle ovarien correspondant à chaque état.
- Sachant que l'ovaire possède une fonction endocrine :
 - Citer les deux hormones produites.
 - Expliquer le rôle de chacune des hormones sur l'utérus.

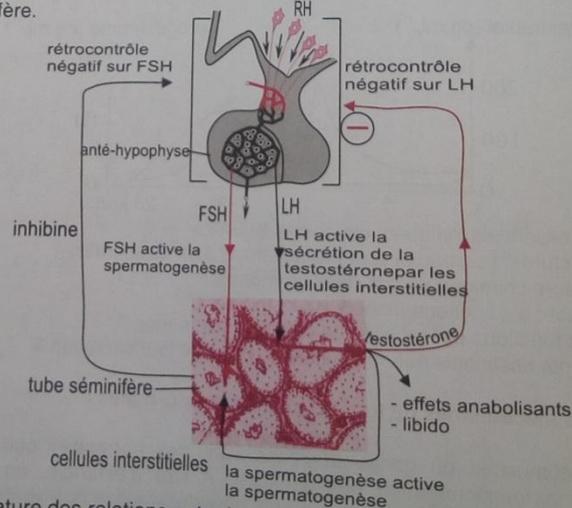
Baccalauréat C, partiel 2008

III - Saisie de l'information et appréciation

Exercice 1

La complexe hypothalamo-hypophysaire est un organe qui assure la régulation d'un certain nombre d'autres organes.

Le document suivant est un schéma bilan mettant en relation ce complexe et les gonades mâles de mammifère.



- Déterminer la nature des relations entre les deux organes.
- Relevez la ou les structure(s) cible(s) sur la ou lesquelles agissent :
 - la FSH et la LH.
 - la testostérone,

- c) l'inhibine.
- 3 - L'hypospermie est la production insuffisante des spermatozoïdes. Elle peut avoir pour cause un dérèglement de l'interaction illustrée par le document ci-dessus. Déterminer :
- a) deux hormones dont la non sécrétion ou la sécrétion à dose insuffisante peut causer directement l'hypospermie.
 - b) une hormone dont la non sécrétion ou la sécrétion à dose insuffisante peut causer indirectement l'hypospermie.
 - c) une hormone dont la sécrétion à forte dose insuffisante peut causer directement l'hypospermie.

Exercice 2

Baccalauréat C, partiel, 2009

Une dame qui, à l'âge de 35 ans, n'a encore connu ni gestation, ni accouchement, va en consultation dans un service de gynécologie. Le premier diagnostic des examens cliniques est qu'en dehors de l'obstruction des oviductes, tout le reste de l'appareil génital est normal. Pour elle, c'est une surprise, car tous les phénomènes de ses cycles sont aussi normaux que chez les autres femmes, et elle ne comprend pas pourquoi elle aurait des menstrues si les ovules n'arrivent pas dans l'utérus.

- 1 - L'obstruction des oviductes devrait-elle troubler le cycle d'une femme ? Justifier votre réponse.
- 2 - L'examen du sperme de son mari ne révélant aucune anomalie, la dame reçoit l'assurance que son problème pourra être résolu par des interventions artificielles impliquant prélèvement d'ovocyte, fécondation in vitro, puis placement de l'œuf dans l'utérus. Ces informations doivent-elles lui faire prévoir :
 - a) un apport de son mari ? Pourquoi ?
 - b) l'intervention d'une mère porteuse ? Pourquoi ?
- 3 - Les interventions aux niveaux de l'ovaire et de l'utérus ne se font que si ces organes se trouvent dans certaines conditions :
 - a) Dans quelle phase de fonctionnement doit être l'ovaire au moment du prélèvement de l'ovocyte ?
 - b) Dans quel état doit être l'utérus pour recevoir l'œuf ?
- 4 - Quelques semaines après l'opération, qui a consisté à implanter 2 œufs, grâce à une ovulation double au moment du prélèvement, on constate le succès de l'opération, et l'échographie révèle 3 embryons dans l'utérus. La situation permet-elle à la future mère d'attendre :
 - a) trois vrais jumeaux ? Expliquer
 - b) trois bébés de même sexe ? Expliquer
 - c) trois faux jumeaux ? Expliquer
 - d) des bébés de sexes différents ? Expliquer

Baccalauréat C 2007, partiel

IV - Exploitation des documents

Exercice 1***

Pour comprendre comment est régulée la production des spermatozoïdes, on pratique sur un mammifère, différentes expériences.

Expériences	Résultats
Première expérience Ablation de l'hypophyse.	Atrophie des testicules, arrêt de la production de testostérone et de spermatozoïdes
Seconde expérience Ablation de l'hypophyse et injections d'extraits hypophysaires (FSH et LH).	Développement des testicules, production de testostérone et de spermatozoïdes

- a) Interpréter les résultats de la première expérience.
- b) À l'aide de la seconde expérience, indiquer comment est contrôlée la production des spermatozoïdes ?

Exercice 2

Initialement situés dans la cavité abdominale, les testicules d'un fœtus mâle migrent normalement dans les bourses vers la fin de la grossesse. Par suite d'une anomalie du développement, les testicules peuvent rester en position intra-abdominale : le sujet est alors atteint de **cryptorchidie** (« testicule caché »).

TERMINALE C

Le fonctionnement testiculaire est alors perturbé et l'on peut faire les constatations suivantes :

- la puberté se déroule normalement et les caractères sexuels se développent,
- l'adulte demeure néanmoins stérile, le sperme se révélant dépourvu de spermatozoïdes,
- l'observation microscopique des testicules révèle une structure anormale (Voir Figure 2).

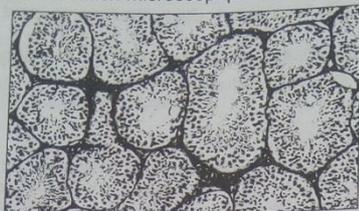


Figure 1



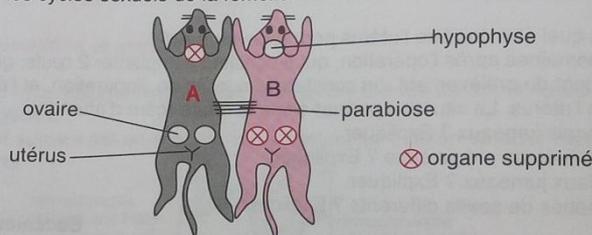
Figure 2

- 1 - Comparez la structure d'un testicule cryptorchide (Figure 2) à celle d'un testicule normal (Figure 1).
- 2 - En vous aidant de vos connaissances, mettez en relation les anomalies de structure constatées et les troubles cliniques évoqués.

Exercice 3

Une rate pubère A non gestante hypophysectomisée est mise en parabiose avec une rate pubère non gestante et ovariectomisée. Les utérus de la rate A et de B retrouvent leur volume et leur cycle normaux. Les cycles sexuels des deux animaux sont parallèles et synchronisés.

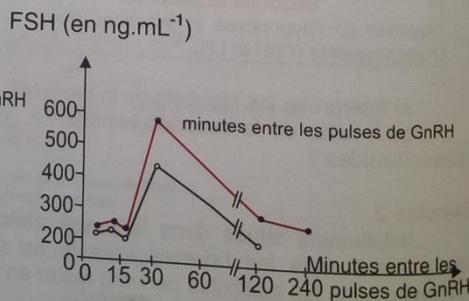
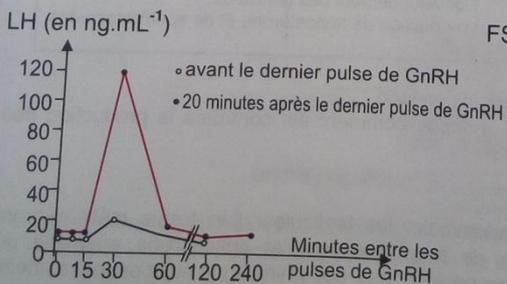
- Définir une glande endocrine et une glande exocrine.
- À partir de ce document proposé, montrer le rôle et le moteur de l'influence de l'antéhypophyse sur les cycles sexuels de la femelle.



Exercice 4

Des lots de rats castrés portent un implant libérant de façon continue de la testostérone dans leur organisme. Ils sont soumis pendant 48 heures à des pulses de GnRH (25 ng par pulse). Le temps séparant les pulses varie selon les lots de 7,5 à 240 minutes.

Les concentrations plasmatiques de LH et de FSH sont mesurées immédiatement avant le dernier pulse de GnRH ou vingt minutes après. Ce délai a été choisi car des études préliminaires ont montré qu'une augmentation significative de la sécrétion de LH, après une injection intraveineuse de GnRH, n'intervient qu'après un tel retard.

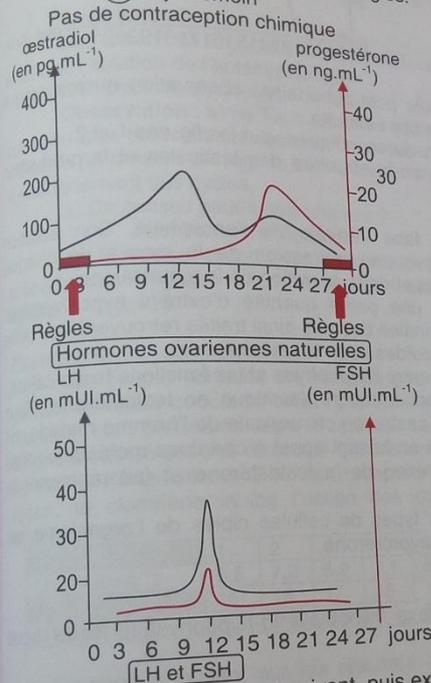


- 1 - Essayez de justifier la recherche l'expérimentateur ?
- 2 - En utilisant les connaissances des cellules hypophysaires sécrétrices de FSH ou de LH, rappelez les relations existant entre l'hypothalamus et les cellules hypophysaires sécrétrices de FSH ou de LH.
- 3 - Résumez en quelques lignes les résultats de cette expérience.

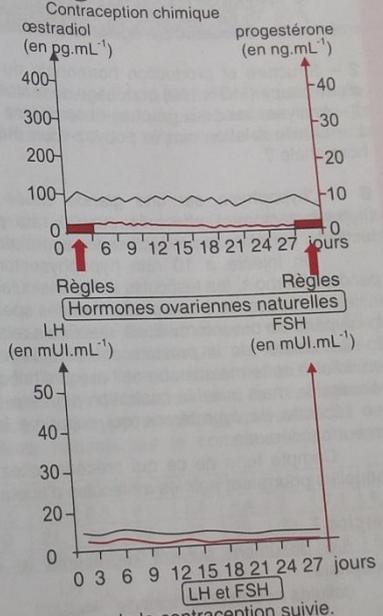
Exercice 5

Madame Carmichael, sous contraception orale, absorbe quotidiennement, pendant 21 jours, un comprimé d'un mélange de deux hormones de synthèse, l'une proche de l'œstradiol l'autre proche de la progestérone. Le premier comprimé de la plaquette, lors du début de traitement, a été pris le premier jour des règles.

① Sujet témoin



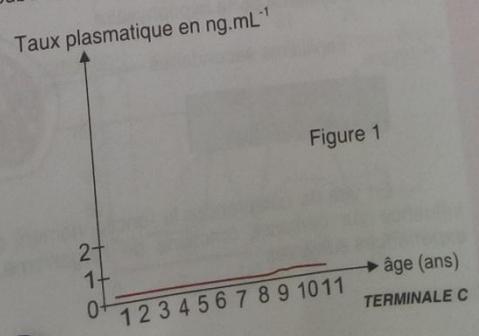
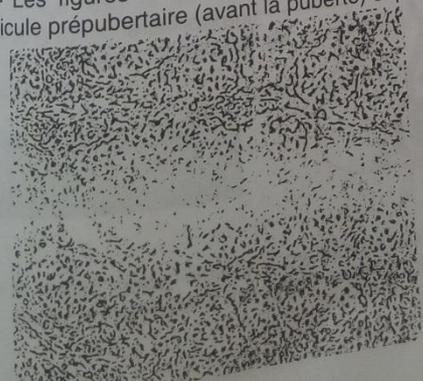
② Madame Carmichael



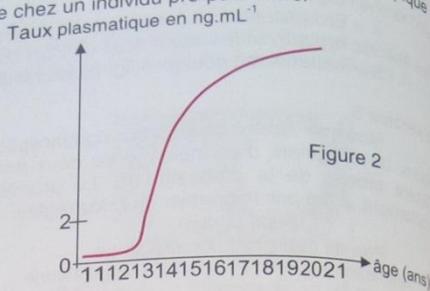
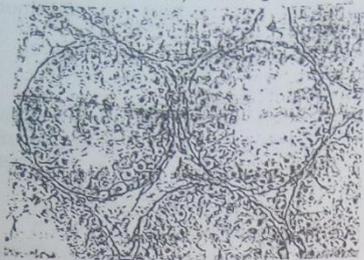
Analyser le document suivant, puis expliquer le principe de la contraception suivie. Être attentif au fait suivant : le taux d'hormones de synthèse est constant et élevé du 1er au 21ème jour du cycle, grâce à la prise quotidienne de la pilule.

Exercice 6

A - Les figures 1 et 2 présentent respectivement la structure et la production hormonale du testicule prépubertaire (avant la puberté) et post-pubertaire (après la puberté).



1 - Structure et production hormonale du testicule pré-pubertaire : observation microscopique d'une coupe (MO x 160) et dosage de testostérone chez un individu pré-pubertaire.



2 - Structure et production hormonale du testicule post-pubertaire : observation microscopique d'une coupe (MO x 160) et dosage de testostérone chez l'adulte.

1 - Analysez les deux graphes et comparez les structures indiquées sur les figures 1 et 2.

2 - Quelle relation simple pouvez-vous établir entre la structure des testicules et la production hormonale ?

B - L'hypophyse est une glande située à la face ventrale de l'encéphale. Son ablation (hypophysectomie) effectuée sur 20 rats provoque une régression de la masse de chaque testicule, l'arrêt de la production des spermatozoïdes et de la sécrétion de la testostérone.

On injecte à 10 rats hypophysectomisés une petite quantité d'extraits hypophysaires pendant un mois, les testicules et les vésicules séminales des rats ainsi traités retrouvent leur taille initiale et on assiste à une production des spermatozoïdes et de la testostérone.

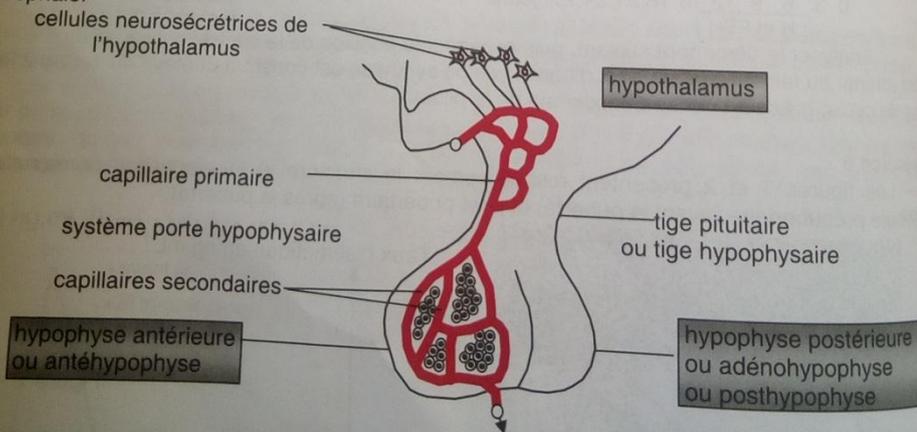
1 - À partir de ces informations, établir les relations entre l'hypophyse et les fonctions testiculaires.

2 - Le cancer de la prostate est lié à la forte concentration plasmatique en testostérone. Pour remédier à cette maladie, on sait aujourd'hui que la castration chirurgicale de l'homme malade est nécessaire, mais aussi la castration peut être évitée en faisant appel à certaines molécules telles que l'acétate de cyprotérone qui supprime la sécrétion de la testostérone et fait régresser la tumeur cancéreuse.

Compte tenu de ce qui précède, citez deux types de cellules cibles de l'organisme sur lesquelles pourraient agir les molécules d'acétate de cyprotérone.

Exercice 7

Le document suivant représente le complexe hypothalamo-hypophysaire situé sous l'encéphale.



En vue de comprendre le fonctionnement du complexe hypothalamo-hypophysaire et son influence sur certaines fonctions de l'organisme, on réalise chez un Mammifère femelle les expériences suivantes :

Expérience 1

L'ablation de l'antéhypophyse est suivie d'une atrophie ovarienne et utérine avec disparition des cycles sexuels. Que peut-on en déduire ?

Expérience 2

Chez des animaux hypophysectomisés, recevant régulièrement des injections d'extraits antéhypophysaires, on peut observer de nouveau, le développement de l'ovaire parfois la restauration des cycles ovarien et utérin.

En revanche, chez l'animal ovariectomisé, recevant des injections d'extraits antéhypophysaires, on n'observe jamais la restauration du cycle utérin. Quelles conclusions peut-on dégager de ces deux expériences ?

Expérience 3

Des lésions de l'hypothalamus postérieur ou la section de la tige hypophysaire ont le même effet que l'ablation de l'antéhypophyse. Que peut-on en déduire ?

Observation : Mme Talla rapatriée après une année passée dans une ville en guerre civile, consulte son médecin en déclarant que ses cycles sont interrompus depuis plusieurs mois. Le médecin lui prescrit un régime de vie calme et non stressant qui doit lui permettre de restaurer le fonctionnement des cycles.

- a) Ce conseil peut-il être efficace ? Justifiez votre réponse.
- b) En vous servant des informations fournies et de vos conclusions aux questions précédentes, dégagez sous forme d'un schéma bilan, les relations fonctionnelles entre les différents organes.

Exercice 8

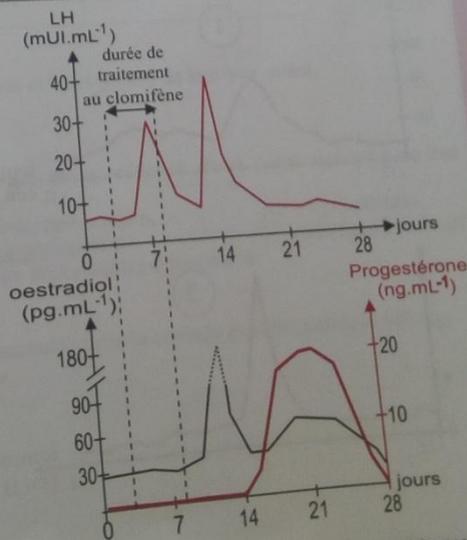
Un couple consulte un médecin pour cause de stérilité. Celui-ci prescrit un examen qui permet de doser quotidiennement pendant un mois le taux de l'hormone LH ; les résultats de ces mesures sont présentés dans le tableau. Le médecin propose alors le traitement au clomifène : cette substance est une molécule qui présente des analogies de structure avec les œstrogènes et se fixe préférentiellement sur les récepteurs du complexe hypothalamo-hypophysaire. De cette façon, le clomifène inhibe l'action des œstrogènes naturels sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.

Jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LH (mUI.mL ⁻¹)	5,5	7,2	8,2	7,1	6,8	5,8	6,4	6,8	6	5,8	6,4	7	7,1	6,2
Jours	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
LH (mUI.mL ⁻¹)	6,5	6,8	5,6	5,9	5,4	6,2	6,3	6,8	5,8	6,5	7	7,2	6,4	6,2

1 - En vous appuyant sur les résultats des analyses présentés dans le tableau et en utilisant les connaissances acquises, expliquez pourquoi cette femme ne pouvait pas procréer.

Le résultat du traitement est présenté sur le graphique suivant.

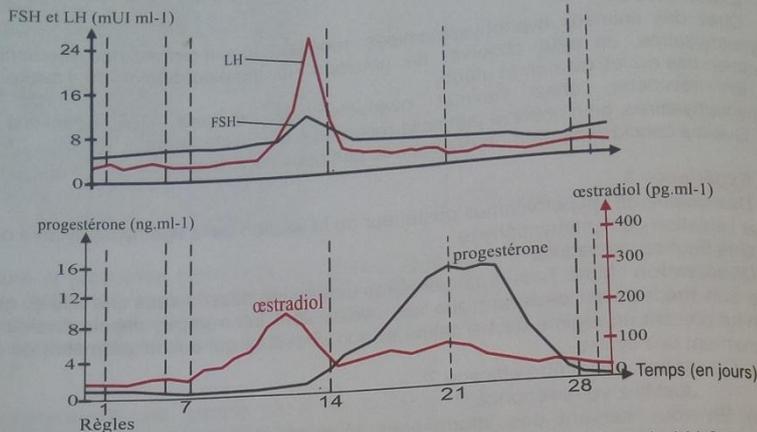
- 2 - Qu'est ce qui permet de penser que le traitement a été efficace ?
- 3 - Comment expliquer l'effet produit par le traitement.



TERMINALE C

Exercice 9

On réalise chez une femme, des dosages d'hormones ovariennes et l'hypophysaires au cours d'un cycle sexuel. Les résultats sont consignés sur les graphes donnés ci-dessous.



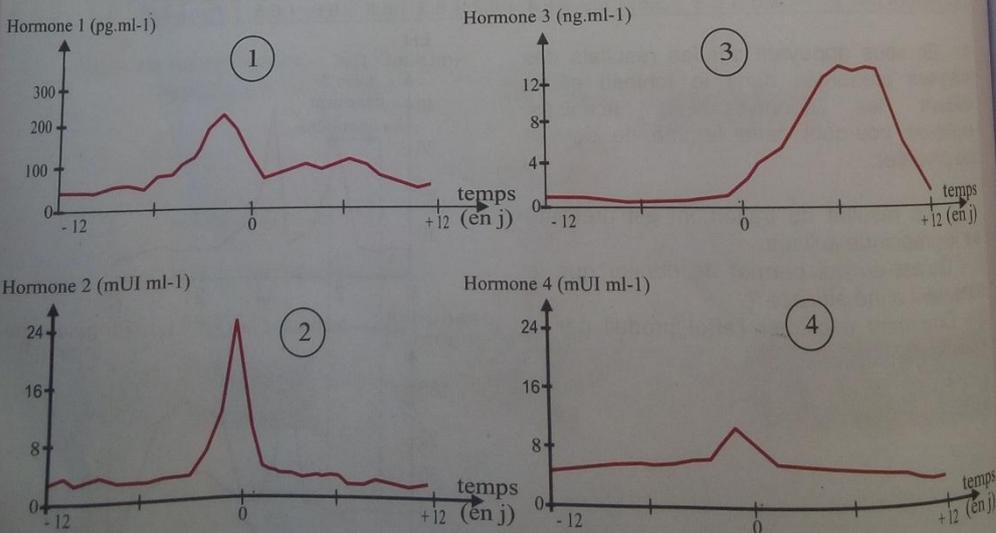
- 1 - a) À quel moment du cycle observe-t-on le pic de l'œstradiol et le pic de la LH ?
 b) Proposer une explication à ces faits d'observation.
- 2 - Déterminer l'action de la progesterone sur les taux de FSH et de LH dans la deuxième moitié du cycle ?

Baccalauréat C, partiel, 2011

Exercice 10

Le document suivant représente les graphes des taux plasmatiques de quatre hormones 1, 2, 3 et 4 intervenant au niveau d'un cycle sexuel normal et de sa régulation chez la femme.

- 1 - Identifiez ces hormones.
- 2 - Quels sont les critères qui vous ont permis de les identifier ?
- 3 - Précisez brièvement leur origine ainsi que leurs rôles essentiels.



1 - Restitution organisée des connaissances

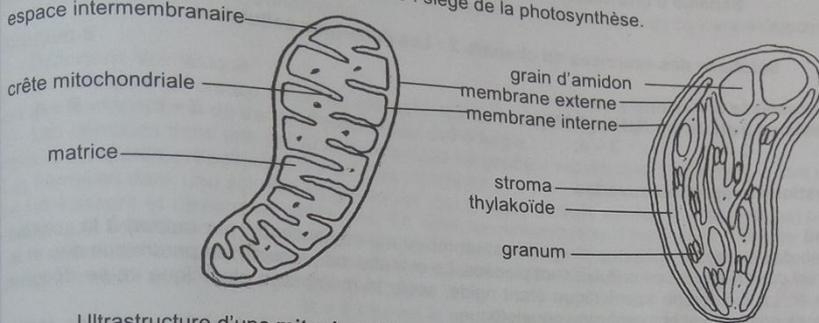
A - Questions à choix multiples (QCM)

- 1 - a, 4 - a, 7 - a, 10 - c,
- 2 - c, 5 - a, 8 - b, 11 - c,
- 3 - b, 6 - c, 9 - b, 12 - b.

B - Questions à réponses ouvertes

Solution 1

- 1 - a) (1) Ultrastructure d'une mitochondrie. Rôle : Centrale énergétique de la cellule ou encore siège de la respiration cellulaire.
 (2) Ultrastructure d'un chloroplaste. Rôle : siège de la photosynthèse.



Ultrastructure d'une mitochondrie

Ultrastructure d'un chloroplaste

2 -

Critères Type de cellule	Points communs	Différences (critères de différences)			
		Chloroplaste	Vacuole	Centrosome	Membrane pectocellulosique
Cellule animale	-Noyau, - Réticulum endoplasmique, - Mitochondrie,	absent	Petite vacuole	Présent	Absent
Cellule végétale	- Membrane plasmique, - Appareil de Golgi,	Présent	Grande vacuole	Absent	Présent

Solution 2

- A - a) La cellule est la plus petite unité constitutive et fonctionnelle de tout être vivant.
 b) Un protozoaire.
 c) Un métazoaire.

B - a) Il s'agit d'une cellule végétale, à cause de la présence d'une paroi squelettique, des chloroplastes et des vacuoles de grande taille.

- b) 1 = mitochondrie
 2 = chloroplaste
 3 = paroi squelettique,
 4 = vacuole,
 5 = appareil de Golgi
 6 = enveloppe nucléaire,
 7 = ergastoplasme ou
 réticulum endoplasmique granulaire,
 8 = nucléole,
 9 = vésicule,
 10 = hyaloplasme.

- c) * L'organe (1) est le siège des oxydations respiratoires ou la centrale énergétique de la cellule.
 * L'organe (2) est le siège de la photosynthèse.

d)

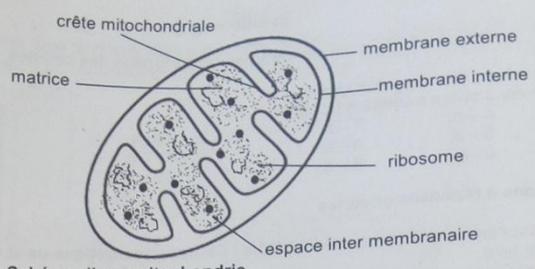


Schéma d'une mitochondrie

e) Voir cours

Solutions des exercices du chapitre 2 : Les échanges cellulaires

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples (QCM)

- 1 - a, 2 - c, 3 - a, 4 - b, 5 - b, 6 - b, 7 - a.

B - Questions à réponses ouvertes

Solution 2

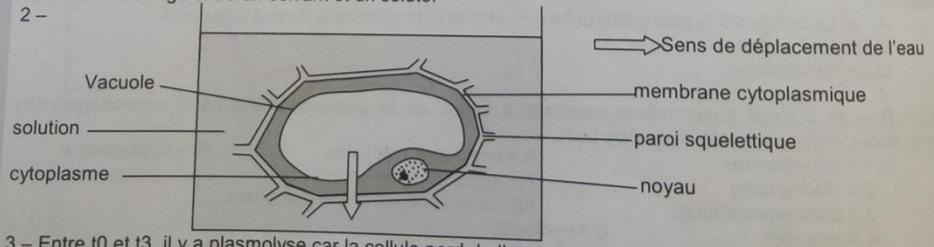
- 1 - La plasmolyse
- 2 - Le cytoplasme des cellules d'épiderme d'oignon est un milieu moins concentré par rapport à la solution hypertonique de sel dans laquelle ces cellules sont placées. Le cytoplasme (vacuole) va perdre son eau et le volume va diminuer. La membrane squelettique étant rigide, seule la membrane plasmique va se décoller laissant des espaces entre elle et la membrane squelettique.
- 3 - La coloration des vacuoles en rouge montre que le rouge neutre a diffusé dans les vacuoles (cette coloration est d'ailleurs utilisée pour les mettre en évidence).
Les cellules sont placées ensuite dans un milieu hypertonique et la couleur rouge devient foncée. Le rouge neutre n'est pas sorti de la cellule. En effet, le rouge neutre traverse la paroi de la vacuole uniquement de l'extérieur vers l'intérieur et non dans le sens inverse. La couleur reste donc concentrée dans la vacuole. Il s'agit ici de la perméabilité orientée.
- 4 - Si les cellules plasmolysées sont placées dans de l'eau pure, deux cas peuvent se présenter :
- La membrane plasmique a été complètement décollée ; les cellules ne sont plus vivantes et aucun mouvement d'eau ne va se produire.
- La membrane cytoplasmique est restée accolée par endroits (plasmodesmes). Le milieu cellulaire étant plus concentrée, l'eau va passer dans ce milieu et pénétrer dans les vacuoles qui progressivement vont reprendre du volume jusqu'à l'état normal (déplasmolyse) et même se gonfler (turgescence).

Solution 3

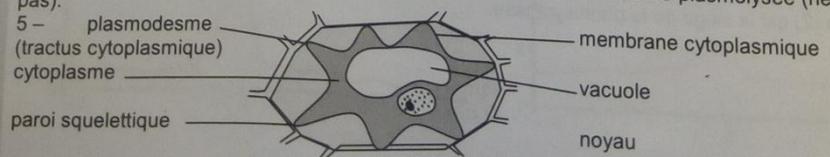
1 - Définition :

Solution : mélange entre un solvant et un soluté.

2 -



- 3 - Entre t0 et t3, il y a plasmolyse car la cellule perd de l'eau.
- 4 - Le soluté n'est pas diffusible car au-delà de t3, t4 et t5, la cellule reste plasmolysée (ne se déplasmolyse pas).



Cellule végétale plasmolysée

Solution 4

- A - 1 - Il s'agit d'une cellule végétale à cause d'une vacuole de grande taille, d'une paroi squelettique et des plasmodesmes.
- 2 - Annotations :
- 1 = paroi squelettique,
 - 4 = vacuole,
 - 2 = membrane plasmique,
 - 3 = cytoplasme,
 - 5 = noyau,
 - 6 = plasmodesme.
- 3 - **Figure A.** La vacuole a absorbée de l'eau jusqu'à son volume maximum. Elle exerce une force sur la paroi squelettique : c'est la turgescence.
- Figure B.** La vacuole a perdu de l'eau. La membrane plasmique est décollée de la paroi squelettique sauf au niveau des plasmodesmes qui assurent la continuité du cytoplasme entre les cellules voisines : c'est la plasmolyse.
- 4 - **Figure A.** La cellule a absorbé de l'eau, puisqu'elle est placée dans une solution moins concentrée par rapport au milieu cellulaire.
- Figure B.** La cellule a perdu de l'eau, parce qu'elle est placée dans une solution plus concentrée par rapport au milieu cellulaire.
- 5 - Le mouvement de l'eau dans la cellule se fait toujours du milieu le moins concentré (hypotonique) vers le milieu le plus concentré (hypertonique).

Solution 5

- 1 - Définitions Voir lexique
- 2 - La principale différence entre les mécanismes de transport actif et les mécanismes de transport passif est que le mécanisme de transport actif utilise de l'énergie.
- 3 - Les hématies dans une solution hypotonique se gonflent rapidement. Ces solutions font passer de l'eau dans le compartiment cellulaire qui est plus concentré. Les hématies dans une solution hypertonique (qui contient plus de solutés que les cellules) perdent de l'eau, se rétrécissent et deviennent crénelées. En effet, la concentration d'eau est plus élevée à l'intérieur de la cellule qu'à l'extérieur, et l'eau suit le gradient de concentration en soluté. Ainsi, elle sort de la cellule. Les hématies dans une solution isotonique ne subissent aucun mouvement d'eau.
- 4 - La pression osmotique $P_o = \alpha R T \times C/M$
- $R = 0,082$ est la constante des gaz parfaits
 - $T = 272 + 20 = 292K$ (degré Kelvin),
 - $C = m$ 50 g/L
 - $M = 23 + 35,5 = 58,5$. $\alpha = 2$
- NaCl se dissocie en solution pour donner deux ions : Na^+ et Cl^- . Le degré d'ionisation est égal à deux.
- $P = 0,082 \times 292 \times 0,85 \times 2 = 40,7$ atm.

Solution 6

- 1 - La flèche 1 représente les mouvements de l'eau suivant un gradient décroissant. La flèche 2 représente les mouvements des molécules de sucre à travers la membrane perméable.
- 2 - La mention « rapide » de la flèche 1 signifie que l'eau diffuse rapidement à travers la membrane perméable. La mention « lent » de la flèche 2 signifie que les molécules de sucre plus grosses que celle de l'eau diffusent lentement à travers la membrane perméable.
- 3 - Flèche 1 : osmose (diffusion libre),
Flèche 2 : dialyse (diffusion simple).
- 4 - a) Non.
b) La membrane hémiperméable ne devrait pas laisser passer que de l'eau (osmose) ; le soluté ayant des molécules plus grosses ne pouvant traverser cette membrane.
- 5 - Les phénomènes n'ont pas cessé. Ils sont seulement en équilibre et se compensent dans les deux sens. Les concentrations en substances dissoutes étant la même de part et d'autre de la membrane.
- 6 - Tant qu'un compartiment à une pression osmotique supérieure à l'autre, les mouvements d'eau sont en sa faveur. Comme le soluté traverse aussi la membrane, les échanges tendent vers l'équilibre de concentration, donc de pression osmotique de part et d'autre.

II - Exploitation des documents

Solution 1

- 1 - Les hématies se trouvent dans des milieux de faible concentration, elles ont absorbé beaucoup d'eau et ont éclaté. Elles ont subi un choc hémolytique en milieu très hypotonique.
- 2 - Tube 3. Les hématies sont très gonflées parce qu'elles ont absorbé l'eau dans un milieu peu hypotonique.
La coloration rose est due à l'éclatement de certaines hématies.
- 3 - Ces milieux étant hypertoniques, les hématies perdent de l'eau, d'où leur aspect crénelé.
- Aucune cellule n'a éclaté, d'où l'aspect incolore du liquide.
- 4 - Le contenu du tube 4 est isotonique au contenu cellulaire. Le bilan des échanges est donc nul. Les cellules ont gardé leur aspect normal.

5 - Les solutions de glucosé et de salé utilisées dans les perfusions sont isotoniques au plasma, et par conséquent ne sont pas susceptibles de causer des dommages aux cellules. De même, le liquide Ringer et le milieu intérieur sont isotoniques (mêmes concentrations).

III - Saisie de l'information

1 - Les anticorps maternels présents dans la lumière du tube digestif du nouveau-né sont captés par pinocytose par les cellules intestinales et expulsés dans le liquide interstitiel par exocytose au pôle opposé de la cellule. Les anticorps maternels passent ensuite du liquide interstitiel dans le sang.
 2 - Schéma de la pinocytose et de l'exocytose voir cours.

Chapitre 3 : Le métabolisme énergétique de la cellule

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples

- | | | | |
|--------|--------|---------|---------|
| 1 - a, | 5 - d, | 9 - a | 13 - b, |
| 2 - b, | 6 - c | 10 - b, | 14 - b. |
| 3 - c, | 7 - a, | 11 - c, | |
| 4 - c, | 8 - b, | 12 - a, | |

B - Question à réponses ouvertes (QRO)

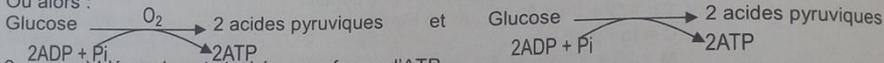
Solution 2

1 - Non, parce que la glycolyse est une réaction qui ne nécessite pas la présence du dioxygène

2 -

Eléments de comparaison	Glycolyse aérobie	Glycolyse anaérobie
Nombre d'acide pyruvique	2	2
Nombre d'ATP	2	2
Condition du milieu	Présence de dioxygène	Absence de dioxygène

Ou alors :



3 -

- a) L'énergie est stockée sous forme d'ATP.
 b) Les deux sources productrices d'énergie dans la cellule sont la respiration (glycolyse aérobie) et la fermentation (glycolyse anaérobie).
 c) La glycolyse produit de l'énergie et de l'acide pyruvique.
 Le cycle de Krebs produit de l'énergie et des éléments exclusivement minéraux (CO₂ et H₂O).

Solution 3

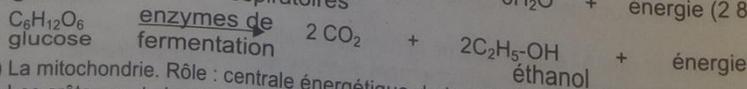
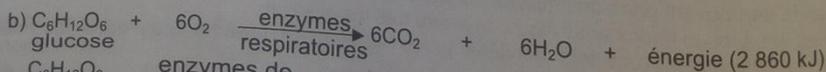
- a) La respiration cellulaire.
 b) Le glucose provient des aliments. Il parvient aux cellules par sa digestion, absorption et son transport dans le sang.
 c) L'oxygène provient de l'air. Il parvient aux cellules par sa fixation par l'hémoglobine au niveau des capillaires pulmonaires et son transport dans le sang sous forme d'oxyhémoglobine.
 d) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \longrightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ATP}$
 e) 12 atomes.
 f) 6 molécules.
 g) Tout processus de destruction des molécules organiques avec production de l'énergie et un résidu organique.

Exploitation des documents

Solution 1

1 - a) Colonie A : $\text{Rendement} = \frac{0,6}{1} \times 100 = 60\%$ Colonie B : $\text{Rendement} = \frac{0,02}{1} \times 100 = 2\%$

- b) Le milieu aérobie.
 2 - a) Dans le milieu A : la **respiration**.
 Dans le milieu B : la **fermentation**.



- 3 - a) La mitochondrie. Rôle : centrale énergétique de la cellule.
 b) Les crêtes sont plus développées dans le schéma B.

- c) La différence est liée à la nature du milieu ; car en milieu aérobie, la mitochondrie B est sollicitée dans la production de l'énergie.
 d) **Schéma A** : lot de la colonie B (anaérobie). **Schéma B** : lot de la colonie A (aérobie).

Solution 2

- 1 - Il s'agit du cycle de Krebs.
 2 - La phase B se déroule dans la mitochondrie.
 3 - La phase A se déroule dans le cytosol.
 4 - La phase A est la glycolyse et la phase B est la respiration.

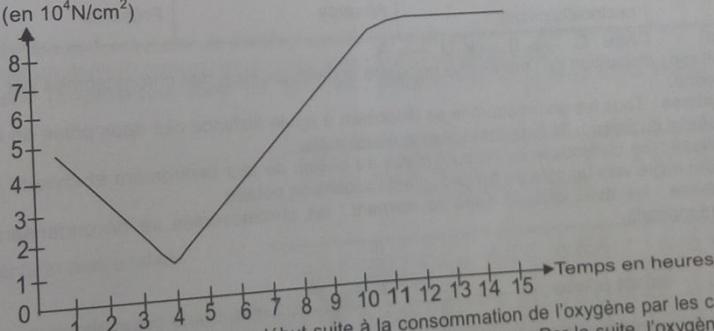
Solution 3

- 3 - a) Analyse du graphe B.
 Entre 0 et 8 heures, l'éthanol se forme au détriment du glucose
 Entre 8 et 20 heures, il n'y a plus de glucose, l'éthanol formé pendant la première phase disparaît progressivement dans le milieu jusqu'à s'annuler à 20 heures.
 b) Le graphe A a deux parties : - 1ère partie entre 0 et 8 heures, - 2ème partie entre 8 h et 20 heures.
 c) 1ère partie : L'énergie provient de la fermentation du glucose.
 2ème partie : L'énergie provient de l'oxydation de l'éthanol.
 d) cette énergie proviendrait de la respiration.
 e) Equation $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + CO_2 + 675 \text{ kcal}$
 f) La respiration produit des éléments essentiellement minéraux, alors que la fermentation produit des éléments minéraux et un résidu organique.

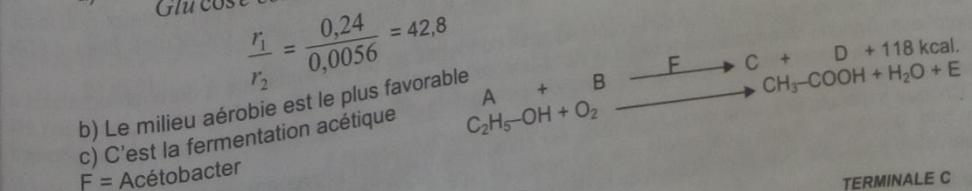
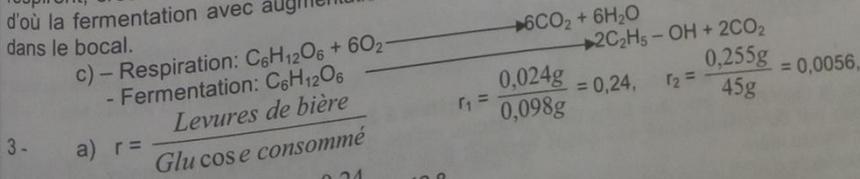
III - Saisie de l'information biologique

- 1 - a) À cause de l'absence d'oxygène
 b) À cause de la présence du CO_2 qui réagit avec l'eau de chaux
 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2860 \text{ kJ}$
 c) L'oxygène est absorbé et le CO_2 est dégagé.
 d) Oui si ces organes sont éclairés. Non si ces organes ne sont pas éclairés.
 Justification : En présence de la lumière, il y a échange gazeux chlorophyllien avec dégagement d'oxygène qui aidera à la respiration. En l'absence de la lumière, il y a fermentation.

- 2 - a) Courbe
 Pression (en 10^4 N/cm^2)



- b) Il y a une baisse de pression au début suite à la consommation de l'oxygène par les carottes qui respirent, créant une dépression. Le CO_2 rejeté est dissout dans les tissus. Par la suite, l'oxygène disparaît d'où la fermentation avec augmentation du dégagement de CO_2 entraînant une augmentation de pression dans le bocal.



Chapitre 4 : La reproduction conforme

Solutions des exercices

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples.

- | | | |
|--------|--------|---------|
| 1 - a, | 5 - e, | 9 - b, |
| 2 - c, | 6 - c, | 10 - c, |
| 3 - a, | 7 - c, | 11 - a, |
| 4 - b, | 8 - a, | 12 - a. |

B - Questions à réponses ouvertes

Solution 1

1 - Les acides aminés sont les monomères des protéines (les protéines sont des polymères des acides aminés).

2 -	ADN	ARN
Structure	double chaîne enroulée en double hélice	Chaîne simple droite ou repliée
Bases azotées	A, C, G, T	A, C, G, U
Sucre	Désoxyribose ($C_5H_{10}O_4$)	Ribose ($C_5H_{10}O_5$)
Localisation	Noyau	Cytoplasme
Fonctions principales	Régit la synthèse des protéines, se réplique avant la division cellulaire.	Effectue la synthèse des protéines en respectant les instructions génétiques

Solution 2

1 -

Critères		Cellule animale	Cellule végétale
Points communs		- Noyau, - Mitochondrie, - Appareil de Golgi.	- Réticulum endoplasmique, - Membrane plasmique,
Différences	Critères de différence		
	chloroplaste	Absent	Présent
	Vacuole	Petite vacuole	Grande vacuole
	Centrosome	Présent	Absent
	Membrane pectocellulosique	Absente	Présente

2 - a) Ordre : C → B → D → A.

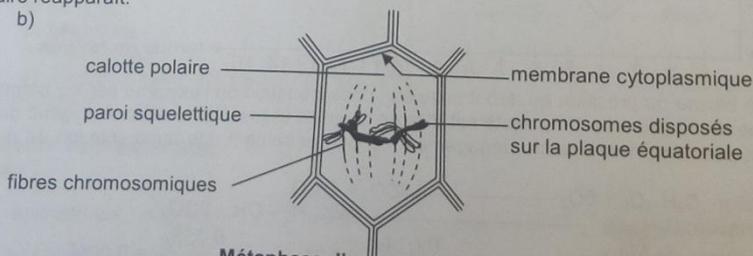
C : **Prophase** : disparition de l'enveloppe nucléaire, individualisation des chromosomes par condensation de la chromatine.

B : **Métaphase** : Tous les chromosomes se disposent à égale distance des deux pôles de la cellule dans le plan équatorial du fuseau. Ils forment la plaque équatoriale.

C : **Anaphase** : les chromosomes se sont clivés au niveau de leur centromère et chaque chromosome fils (chromatide) migre vers un pôle du fuseau : c'est l'ascension polaire.

D : **Télophase** : les deux cellules filles se forment : les chromosomes se décondensent et l'enveloppe nucléaire réapparaît.

b)



Métaphase d'une cellule végétale à $2n = 4$.

3 - Au cours de la réplication, les deux brins de la molécule initiale d'ADN se séparent et deux nouveaux brins sont formés par complémentarité des bases azotées. Il se forme donc deux molécules filles d'ADN identique à la molécule mère.

4 - La double molécule d'ADN issue de la réplication se condense en un chromosome à deux chromatides à la prophase. Chaque chromatide sera répartie dans une cellule fille. La quantité d'information génétique est donc maintenue constante puisqu'elle est doublée pendant la phase S puis divisée par deux pendant l'anaphase de mitose.

5 - Chaque molécule fille issue de la réplication est constituée d'un brin provenant de la molécule mère et d'un brin néoformé. Seule une moitié de la molécule mère est conservée, d'où l'expression semi-conservative employée pour la réplication de la cellule mère.

	Interphase		Mitose
	Cellule mère en phase G1	Cellule mère en phase G2	Cellules filles fin mitose
Nombre de cellules	1	1	2
Nombre de chromatides/ chromosomes	1	2	1
Quantité d'ADN/cellule	Q	2Q	Q

Solution 3

- Ce sont les protéines qui seront radioactives, car elles intègrent au cours de leur synthèse la leucine tritiée (acide aminé).
- Annotations.
 - Ergastoplasme (ribosomes + réticulum endoplasmique),
 - Noyau,
 - Dictyosome (appareil de Golgi),
 - vésicule de sécrétion
- C'est au niveau des ribosomes, dans le compartiment cytoplasmique, que s'effectue la synthèse protéique.

Solution 4

- Le sucre de l'ADN s'appelle le désoxyribose.
 - Les bases de l'ADN sont : l'adénine, la thymine, la cytosine et la guanine.
- ```

A T C C G T T
| | | | | | |
T A G G C A A
| | | | | | |

```

Brin A.

```

A T C C G T T
| | | | | | |
T A G G C A A
| | | | | | |

```

Brin B.
- Le sucre de l'ARN s'appelle le ribose.
  - Les bases de l'ARN sont : l'adénine, l'uracile, la cytosine et la guanine.
- ```

U   A   G   G   C   A   A
  
```

ARNm
- On appelle brin transcrit ou brin non codant.

Solution 5

- Définitions :**

Transcription. Synthèse d'une molécule d'ARNm à partir d'une séquence complémentaire d'un brin d'ADN.

Traduction. Transformation d'un message contenu dans l'ARNm en polypeptide.
- Nous classons l'angiotensine parmi les protéines ; parce qu'elle est formée d'une chaîne d'acides aminés.
- Brin d'ARNm

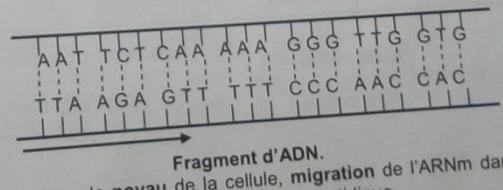
```

UUA AGA GUU UUU CCC AAC CAC
  
```

Fragment d'ARNm.

4- Brin transcrit ou brin non codant

Brin non transcrit ou brin codant
Sens de la lecture

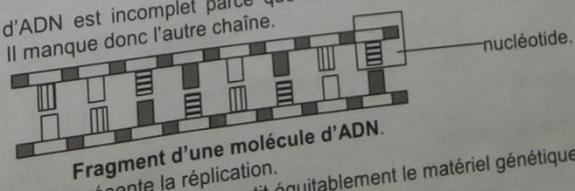


- Transcription** d'un brin d'ADN en ARNm dans le **noyau** de la cellule, **migration** de l'ARNm dans le **cytoplasme** de la cellule, **Traduction** des codons de l'ARNm en séquence polypeptidique.
- C'est l'ADN qui dirige la synthèse des protéines.

Solution 6

- Ce fragment d'ADN est incomplet parce que la molécule d'ADN est bicaténaire ; c'est-à-dire formée de deux chaînes. Il manque donc l'autre chaîne.
 - et c)
- a) Le schéma suivant représente la répllication.

b) A l'issue de la mitose, la répllication répartit équitablement le matériel génétique aux deux cellules-filles.



Solution 7

- a) Il s'agit de la mitose.
- b) Ce phénomène se déroule dans les cellules végétales. À cause de l'absence d'asters aux pôles de la cellule. En suite, la cytotéière ne se faisant pas par étranglement comme dans le cas d'une cellule animale.
- b) 3 = interphase, 7 = Début prophase, 6 = fin prophase, 5 = métaphase, 8 = Début anaphase, 2 = Fin anaphase, 9 = Début télophase, 1 = Fin télophase, 4 = Interphase cellules-filles
- c) A la métaphase.
- d)

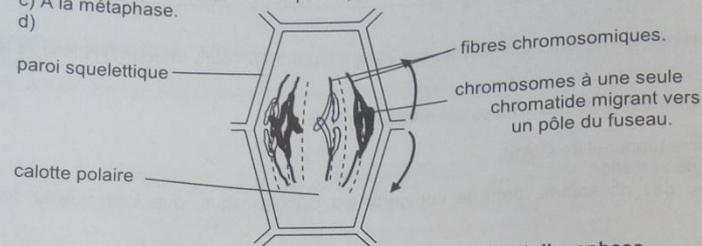


Schéma d'une cellule végétale en début d'anaphase

II - Exploitation des documents

Solution 1

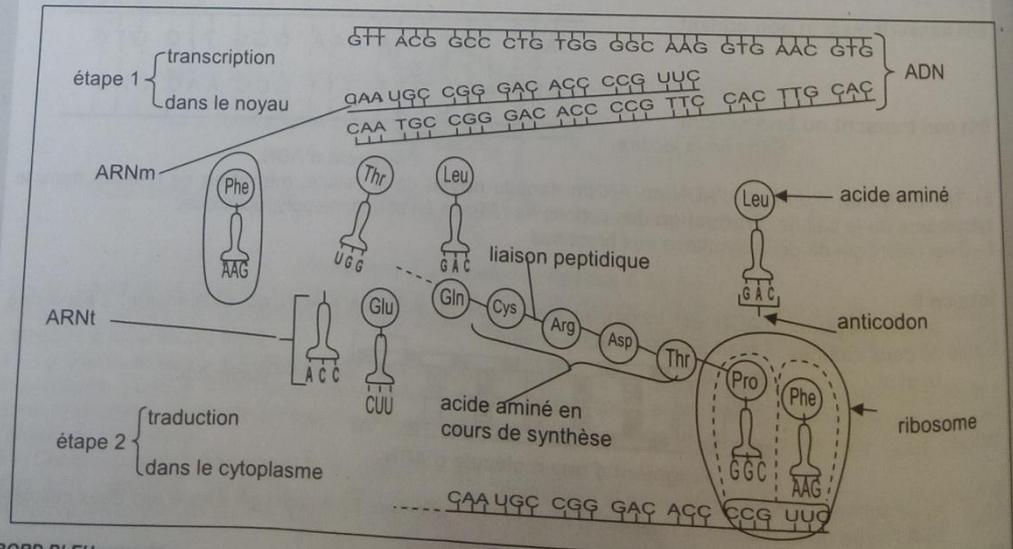
- 1 - * Au début, la radioactivité est très élevée au niveau du seul réticulum endoplasmique : c'est au niveau du réticulum endoplasmique que les protéines sont synthétisées.
- * Par la suite, pendant que la radioactivité baisse dans le réticulum endoplasmique, elle augmente au niveau de l'appareil de Golgi : les protéines quittent peu à peu le réticulum pour migrer dans l'appareil de Golgi (lieu de maturation).
- * Enfin, pendant que la radioactivité baisse dans l'appareil de Golgi, elle augmente dans les grains de sécrétion : les protéines quittent peu à peu l'appareil de Golgi pour être sécrétées par exocytose.
- 2 - Les réactions chimiques d'incorporation des acides aminés sont consommatrices d'énergie dont le principal phénomène de libération est la respiration.

Solution 2

- 1 - En se référant sur le code génétique, les huit derniers acides aminés de cette chaîne polypeptidique sont : Gly - Phe - phe - Tyr - Thr - Pro - Lys - Thr.
- 2 - La séquence de la portion du gène est : GGC TTC TTC TAC ACT CCT AAG ACT
- Remarque :** Dans une molécule d'ADN, l'information nécessaire à la synthèse d'une chaîne polypeptidique est contenue dans la séquence des bases du **brin non transcrit** (la séquence de l'ARNm est donc identique à la séquence du gène, à l'exception de l'uracile qui remplace la thymine).

Solution 3

1, 2, 3 et 4 voir schéma.



5 - Le prochain codon à être lu sur l'ARNm sera UUC, qui est complémentaire à l'anticodon AAG correspondant à la phénylalanine.

Solution 5

1 - Dans le noyau, il y a d'abord l'ouverture de la molécule d'ADN, puis transcription du brin non codant ou brin transcrit en ARNm grâce à l'ARN polymérase, et enfin libération de l'ARNm qui sort par les pores de l'enveloppe nucléaire.

2 - a) L'élément b représente les deux sous unités du ribosome. Rôle : atelier de synthèse.
b) L'ARNt a pour rôle de choisir et de transférer l'acide aminé correspondant au codon de l'ARNm ou l'ARNt est un adaptateur entre un codon (triplet de base de l'ARNm) et l'acide aminé correspondant.

3 - a) Une séquence de trois bases situées sur l'ARNt est un **codon**
b) Une séquence de trois bases situées sur l'ARNt est un **anticodon**

4 - Le mécanisme de la traduction comporte trois étapes :
- **initiation** : processus initié par la présence du codon initiateur AUG qui détermine la réunion des deux sous unités du ribosome et la mise en place de la méthionine par un ARNt.

- **élongation** : défilement des codons successifs de l'ARNm à travers les ribosomes et grâce aux ARNt mis en place par les différents acides aminés unis les uns aux autres par des liaisons peptidiques.
- **terminaison** : la présence d'un codon stop sur l'ARNm arrête le processus de la traduction.

5 - a) Dans le noyau, c'est la **transcription**.
b) Dans le cytoplasme, c'est la **traduction**.

6 - Une molécule d'ARNm est le support d'un gène alors qu'une molécule d'ADN est le support de plusieurs gènes. Ainsi, une molécule d'ADN est beaucoup plus longue qu'une molécule d'ARNm.

III - Saisie de l'information

Solution 1

1 - Cette expérience permet de tirer les conclusions suivantes :
- le noyau de l'œuf contient l'information génétique nécessaire à l'édification de l'organisme ;
- toutes les cellules issues de la division de l'œuf et des divisions ultérieures contiennent la totalité de cette information génétique ; en effet, le noyau de chaque cellule intestinale contient ce « plan » d'édification de l'organisme.

2 - Les 30 xénopes albinos constituent un **clone** car ils ont tous la même information génétique

Solution 2

1 - Modèle analogique de la traduction

- a) Le langage de départ est un langage à quatre lettres (A, C, G, U), contenu dans l'ARNm.
- b) Le langage final est un langage à vingt lettres (vingt acides aminés) constituant les protéines.
- c) Le dictionnaire de synonymes est le tableau du code génétique qui donne la correspondance entre codons et acides aminés.
- d) Les interprètes sont des ARNt qui portent chacun un anticodon (langage nucléotide) et un acide aminé.

2 - Modèle analogique de la synthèse des protéines et activité cellulaire

a)

Usine	Cellule
Archives /direction	Noyau
Centrale énergétique	Mitochondrie
Atelier de fabrication	Cytoplasme
Ensemble des plans	ADN
Photocopieur	ARN polymérase
Photocopie d'un plan	ARN
Matière première	Acides aminés
Machine de fabrication des pièces	Ribosome
Pièce fabriquée	Protéines

- b) Oui, on trouve une limite à ce modèle. Tandis que le photocopieur reproduit fidèlement la copie originale, l'ARN polymérase reproduit l'ADN en remplaçant à chaque fois la thymine par l'uracile.
- c) On peut penser d'une part à des produits qui seraient fabriqués dans l'usine pour servir en interne uniquement (protéines restant dans la cellule) ou d'autre part à des produits fabriqués puis emballés dans l'usine avant d'être expédiés à d'autres structures.

Solution 3

- 1 - Il s'agit de la division cellulaire
- 2 - Document 1 : scissiparité. La levure s'étire aux deux extrémités en même temps que le noyau se divise en deux. Un cloison apparaît au milieu de la cellule. La rupture et la formation de deux levures.

Document 2 : Bourgeonnement. La levure a une forme arrondie. La division nucléaire a été déjà faite (un noyau dans chaque bourgeon). La cytotélerèse donne deux cellules de taille inégale (une petite et une grande cellule).

3 - Oui, car l'organite cellulaire impliqué dans cette activité est le noyau cellulaire qui renferme l'information génétique transmise au cours de la division cellulaire.

Solution 4

1 - Cette expérience permet de tirer les conclusions suivantes :
 - le noyau de l'œuf contient l'information génétique nécessaire à l'édification de l'organisme ;
 - toutes les cellules issues de la division de l'œuf et des divisions ultérieures contiennent la totalité de cette information génétique ; en effet, le noyau de chaque cellule intestinale contient ce « plan » d'édification de l'organisme.

2 - Les 30 xénopes albinos constituent un **clone** car ils ont tous la même information génétique

Chapitre 5 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples (QCM)

- | | | | |
|--|--------|---------|---------|
| 1 - c, | 5 - b, | 9 - b, | 13 - c. |
| 2 - b, | 6 - b, | 10 - b, | |
| 3 - b, | 7 - d, | 11 - c, | |
| 4 - c, | 8 - b, | 12 - c, | |
| 14 - (1 - e, 2 - d, 3 - a, 4 - c, 5 - b) | | | |

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Solution 1

1 - Voir lexique,
 2 - La méiose réduit de moitié le nombre de chromosomes dans les gamètes afin de conserver un nombre constant de chromosomes au cours de la génération suivante.

3 - Parce qu'à la fin de la méiose I, le nombre de chromosomes est réduit de moitié dans les cellules qui en résultent.

4 - Les chromosomes qui sont homologues partagent plusieurs caractéristiques :

- a) Longueur,
- b) la position du centromère,
- c) le profil des bandes chromosomiques,
- d) le type de gène ainsi que leur localisation,
- e) le profil auto radiographique.

5 - Ce qui les diffère est :

- a) le profil des bandes chromosomiques,
- b) le type de gène ainsi que leur localisation.

6 - La mitose simple et la division II de la méiose sont toutes deux des divisions équationnelles qui aboutissent à deux cellules filles ayant chacune le même nombre de chromosomes que la cellule mère. Par contre, la division I de la méiose est une division réductionnelle qui aboutit à deux cellules filles ayant chacune la moitié de chromosomes de la cellule mère.

Solution 2

a) Il s'agit de la fécondation. La pénétration du spermatozoïde dans l'ovocyte II.

b) Spermatozoïde, ovocyte II et globule polaire $n = 23$ chromosomes. Cellule folliculaire $2n = 46$ chromosomes.

c) homme : XY. femme : XX

d) Au cours de la formation des gamètes, la femme produit un seul type de gamètes portant le chromosome sexuel X. Tandis que l'homme produit deux types de gamètes l'un portant le chromosome sexuel X et l'autre le chromosome sexuel Y. Au cours de la fécondation, si X rencontre X, on aura une fille. Si Y rencontre X, on aura un garçon. C'est donc l'homme qui détermine le sexe de l'enfant dès la fécondation.

e) L'entrée d'un gamète mâle dans l'ovocyte a pour conséquence :

- l'achèvement de la maturation par expulsion du deuxième globule polaire,
- le retour à la diploïdie,
- le déclenchement de la première division de l'œuf.

Solution 3

- A -**
- | | | |
|---|---------------------------------|--------------------|
| a) Coupe transversale du testicule. | 1 = capsule ou gaine, | 2 = spermatogonie, |
| 3 = spermatocyte I, | 4 = spermatocyte II, | 5 = spermatide, |
| 6 = spermatozoïde, | 7 = lumière du tube séminifère, | |
| 8 = cellules de Leydig ou cellules interstitielles, | 9 = vaisseau sanguin, | |

- 10 = cellule de Sertoli.
 b) Les Cellules de Leydig ou cellules interstitielles sécrètent la testostérone.
 c) Spermatogonies et spermatozoïdes de premier ordre : $2n = 46$ chromosomes.
 Spermatozoïdes de second ordre : $n = 23$ chromosomes.
 a) 1 = acrosome, 2 = noyau, 3 = membrane plasmique, 4 = cytoplasme,
 5 = centriole, 6 = manchon mitochondrial, 7 = mitochondrie, 8 = flagelle.
 b) Le flagelle.
 c) L'acrosome.
 d) Son rôle est de digérer localement la membrane de l'ovocyte II pour permettre l'entrée du noyau spermatique dans le cytoplasme de l'ovocyte.

Solution 4

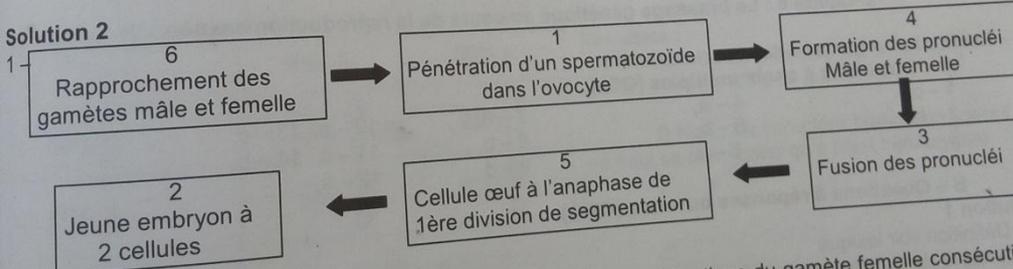
- 1 - Coupe d'ovaire de mammifère.
 1 = follicule primordial, 5 = ovocyte II,
 2 = follicule primaire, 6 = corps jaune jeune,
 3 = follicule cavitaire ou tertiaire, 7 = corps jaune,
 4 = follicule mûr ou follicule de De Graaf, 8 = corps jaune en dégénérescence.
 A = ovocyte II, B = thèque externe, C = thèque interne,
 D = granulosa, E = cavité folliculaire.
 4 - L'évènement qui libère l'élément 5 est l'ovulation.
 5 - L'ovocyte I provient des ovogonies, qui après des mitoses successives, ont subi un accroissement et une maturation.
 6 - Une fois tous les 28 jours, l'ovocyte I évolue pour donner un ovocyte II qui est éjecté de l'ovaire : c'est l'ovulation. S'il n'est pas fécondé, il meurt. S'il est fécondé, il donne un zygote, point de départ d'un nouvel individu.

II - Exploitation des documents

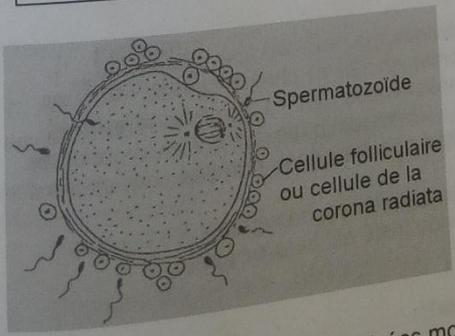
Solution 1

- A - 1 - C'est le stérilet.
 2 - Il s'agit d'une femme.
 3 - a) La fécondation a lieu au niveau du tiers supérieur des trompes.
 b) C'est la nidation.
 B - 1 - Annotations de la figure B : 1 = granules corticaux, 2 = zone pellucide ou membrane pellucide.
 2 - Un seul spermatozoïde.
 3 - L'œuf avorte ou dégénère.

Solution 2



2 -



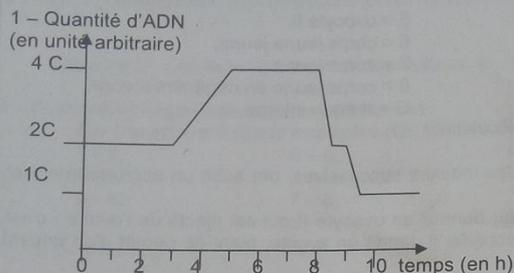
- 3 - Quelques modifications du gamète femelle consécutives à la pénétration du spermatozoïde :
- reprise des activités métaboliques,
 - formation de la membrane de fécondation,
 - expulsion du 2^{ème} globule polaire,
 - inversion de la polarité membranaire.

Solution 3

A - Les trois figures schématisées montrent des anaphases. La figure B est la seule à posséder des lots de quatre chromosomes, soit deux fois plus que dans les autres schémas. Chaque chromosome comportant une chromatide, on peut donc dire que le schéma B est une **anaphase de mitose**.
 La figure C montre une ascension de deux lots de chromosomes à deux chromatides, ce qui caractérise l'**anaphase I** (division réductionnelle de la méiose).
 Le schéma A montre une ascension polaire de n chromosomes à une seule chromatide. C'est l'**anaphase II** (division équationnelle de la méiose).

- B - 1** voir ci-dessous
 2 - De 0 à 5 h, spermatogonie,
 de 5 à 8 h, spermatocyte de 1^{er} ordre,
 de 8 h 30 à 9 h, spermatocyte de 2nd ordre,
 après 9 h 30, spermatide puis spermatozoïde

Remarque. De 8 h à 8 h 30, se déroule la division réductionnelle de la méiose et de 9 h à 9 h 30 se déroule la division équationnelle de la méiose.
 3 - Avant la méiose, à l'interphase (S), la spermatogonie subit un doublement de sa quantité d'ADN. Grâce à la première division méiotique, chaque cellule fille hérite d'un seul chromosome de chaque paire, ce qui justifie la première chute du taux d'ADN. Grâce à la seconde division méiotique, chaque futur gamète n'hérite que d'une seule chromatide de chaque chromosome, ce qui explique le passage de 2C à C de la quantité d'ADN pour chaque cellule.

**Solution 4**

- 1 - Cellule C0 : $2n = 6$ C1 : $n = 3$, C2 : $n = 3$, C3 : $2n = 6$.
 2 - C0 : anaphase I, C1 : télophase II, C2 : métaphase II, C3 : prophase I.
 3 - C0 : étape 3 C1 : étape 4 C2 : étape 3 C3 : étape 2
 4 - La quantité d'ADN dans une cellule est proportionnelle au nombre de chromatides.
 5 - Les chromosomes homologues fissurés et appariés s'entrecroisent.
 6 - On parle de tétrade parce chaque groupe de chromosomes est constitué de 4 chromatides.

Chapitre 6 : Le brassage génétique au cours de la reproduction sexuée**I - Restitution organisée des connaissances.****A - Questions à choix multiples (QCM)**

- 1 - c, 4 - a, 7 - a, 10 - a, 13 - c,
 2 - b, 5 - b, 8 - b, 11 - c, 14 - b.
 3 - b, 6 - c, 9 - d, 12 - a,

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)**Solution 1**

- 1 - Définition voir lexique
 2 - Nombre de chromosomes présents dans le noyau des individus :
 - haploïdes : n chromosomes, - trisomiques : $2n + 1$ chromosomes,
 - triploïdes : $3n$ chromosomes, - monosomiques : $2n - 1$ chromosome,
 - tétraploïdes : $4n$ chromosomes, - tétrasomiques : $2n + 2$ chromosomes.
 3 - Les gènes liés sont situés sur le même chromosome tandis que les gènes non liés sont situés sur des chromosomes différents.
 4 - Si les résultats d'un test-cross sont uniformes, l'individu testé est homozygote.
 Si les résultats d'un test-cross sont hétérogènes, l'individu testé est hétérozygote.

Solution 2

- 1 - 1^{ère} étape = 2 (appariement des chromosomes homologues),
 2^{ème} étape = 4 (formation du chiasma),
 3^{ème} étape = 1 (échange de fragments entre les chromosomes homologues),
 4^{ème} étape = 3 (Chromosomes recombinés après séparation complète),
 5^{ème} étape = 5 (Chromosomes recombinés et parentaux chez les gamètes).
 - Nom de l'accident : Crossing-over.
 2 - a) Cet accident conduit au brassage intrachromosomique.
 b) Apparition de types nouveaux et création de la diversité génétique.

Solution 3

- a) 1/4, 1/4, 1/4,
- b) 1/2, 1/2, (50 - x)%,
- c) x%, 5%, 5%,
- d) 45%, 5%, 1/4, x%, 45%.

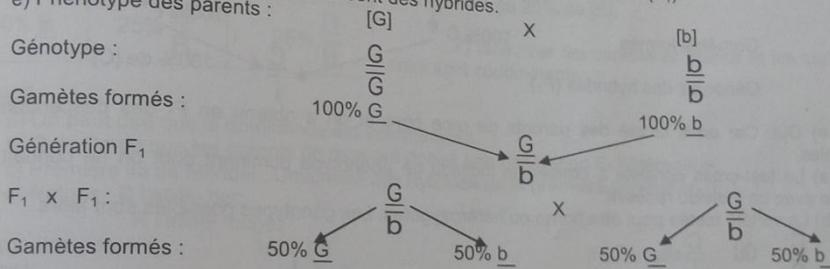
Solution 4

- 1 - Les hommes héritent le chromosome X de leur mère, puisque leur chromosome Y doit venir de leur père.
- 2 - Non. Parce que l'allèle de la maladie est récessif et l'allèle normal est dominant.
- 3 - Oui. Parce que son chromosome Y ne porte pas d'allèle pour ce gène.
- 4 - Comme elle est seulement porteuse, elle doit produire deux types de gamètes dont l'un porte l'allèle de la maladie et l'autre l'allèle normal.
- 5 -
 - a) Non aucun de leurs enfants ne pourrait avoir le désordre génétique.
 - b) Oui, leurs enfants de sexe féminin seront tous porteurs de ce désordre.

II - Exploitation des documents et pratique du raisonnement scientifique

Solution 1

- a) Pour s'assurer de la pureté de ces deux races, on doit croiser les souris grises entre elles plusieurs fois et obtenir toujours les souris grises. Puis, croiser les souris blanches entre elles plusieurs fois et obtenir toujours les souris blanches.
- b) On peut conclure que le caractère gris est dominant et le caractère blanc est récessif.
- c) La première loi de Mendel : Uniformité des hybrides de la génération (F₁)
- d) Les souris grises ainsi obtenues sont des hybrides.
- e) Phénotype des parents :



Echiquier de croisement

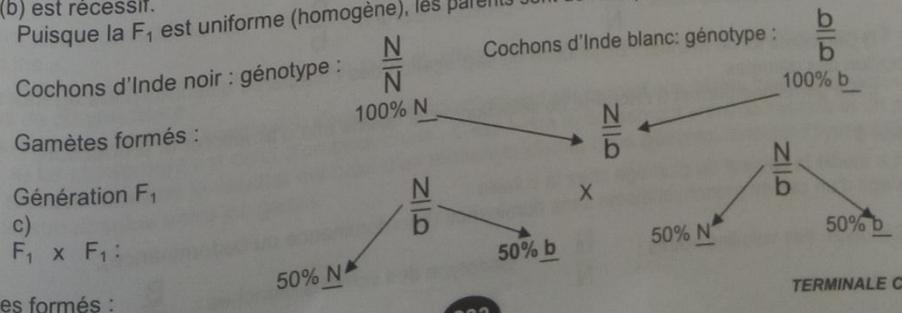
	♂	50% \underline{G}	50% \underline{b}
♀	50% \underline{G}	25% $\frac{G}{G}$	25% $\frac{G}{b}$
	50% \underline{b}	25% $\frac{G}{b}$	25% $\frac{b}{b}$

Résultats :
 - 3/4 ou 75% de [G],
 - 1/4 ou 25% de [b].

f) Non ; Le caractère blanc est récessif et ne peut se manifester qu'à l'état homozygote.

Solution 2

- a) On appelle individu homozygote, un individu possédant des allèles identiques pour un même gène.
- b) interprétation.
 Les cochons d'Inde différent entre eux par un seul caractère : il s'agit d'un monohybridisme. Tous les individus de la F₁ sont noirs. On en déduit que le caractère noir (N) est dominant et le caractère blanc (n) est récessif.
 Puisque la F₁ est uniforme (homogène), les parents sont de race pure.



Echiquier de croisement.

♀ \ ♂	50% \underline{N}	50% \underline{b}
50% \underline{N}	25% $\frac{N}{N}$	25% $\frac{N}{b}$
50% \underline{b}	25% $\frac{N}{b}$	25% $\frac{b}{b}$

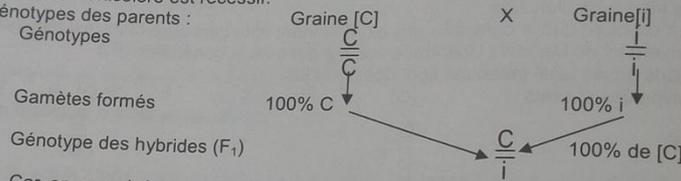
Résultats :

- 3/4 ou 75% de [N],
- 1/4 ou 25% de [b].
- 20 / (20+9)=69% 9 / (20+9)=31%
- Résultats proches à l'expérience

d) Nous allons faire un test-cross ; c'est-à-dire un croisement entre un cochon d'Inde noir dont on ne connaît pas son génotype et un cochon d'Inde blanc. Si la génération F_1 est uniforme, alors le cochon d'Inde noir est homozygote. Par contre, si la génération F_1 est hétérogène, alors le cochon d'Inde noir est hétérozygote.

Solution 3

- 1 - a) La pollinisation croisée.
- b) On a cultivé chaque variété à part et on a constaté que les descendants sont identiques aux parents ;
- c) Le caractère coloré est dominant. Le caractère unicolore est récessif.
- d) Phénotypes des parents :
Génotypes



e) Oui. Car on a croisé des parents de race pure et on a obtenu en F_1 des descendants tous semblables.

2 - a) Le test-cross consiste à croiser un individu de phénotype dominant dont on ne connaît pas le génotype avec un individu récessif.

- La variété testée peut être homo ou hétérozygotes. Les génotypes possibles sont alors $\frac{C}{C}$ ou $\frac{C}{i}$
- Le testeur doit être homozygote. Son génotype est donc : $\frac{i}{i}$

Solution 4

- Il s'agit de la transmission de la couleur du corps de la drosophile.
- Il s'agit du monohybridisme. Car nous étudions la transmission d'un seul caractère.
- * On appelle allèle dominant, un allèle qui s'exprime chez les hétérozygotes. * On appelle allèle récessif, un allèle qui ne s'exprime pas chez les hétérozygotes.
- Dans la deuxième cage, on a obtenu uniquement des drosophiles noires ; Donc l'allèle noir (N) est dominant et l'allèle brun (b) est récessif.

e) Première cage

Premier constat : Le résultat de la première cage est hétérogène ;

Deuxième constat : Les proportions phénotypiques sont de 50% de part et d'autre.

Donc il s'agit du résultat d'un test-cross où l'individu testé (drosophile noire) est hybride.

Le génotype est donc :

- Drosophile noire : $\frac{N}{b}$
- Drosophile noire : $\frac{N}{b}$

Deuxième cage :

La première cage est uniforme ; donc les drosophiles sont de race pure.

Le génotype est donc :

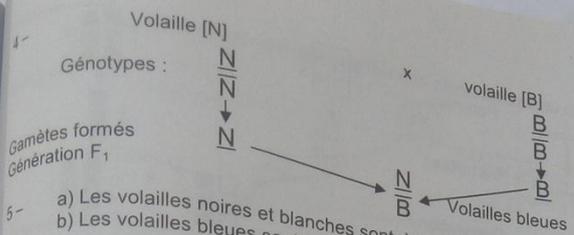
- Drosophile noire : $\frac{N}{N}$
- Drosophile brune : $\frac{b}{b}$

f) Deuxième loi de Mendel : Disjonction ou ségrégation des caractères alléomorphes au moment de la formation des gamètes.

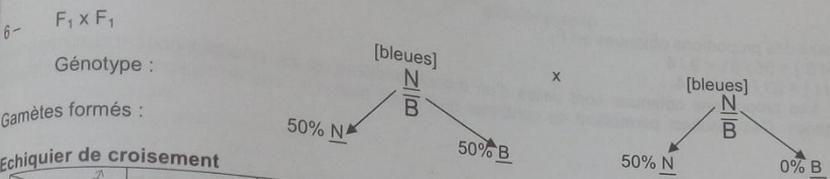
g) La génétique permet à l'Homme de sélectionner la qualité afin d'améliorer la production.

Solution 5

- 1 - On a étudié la couleur du plumage chez la volaille
- 2 - Il s'agit d'un cas de monohybridisme sans dominance (interdominance ou codominance).
- 3 - * Génotype des volailles noires : $\frac{N}{N}$ * Génotype des volailles blanches : $\frac{B}{B}$



- 5- a) Les volailles noires et blanches sont de race pure.
 b) Les volailles bleues sont hybrides.



Echiquier de croisement

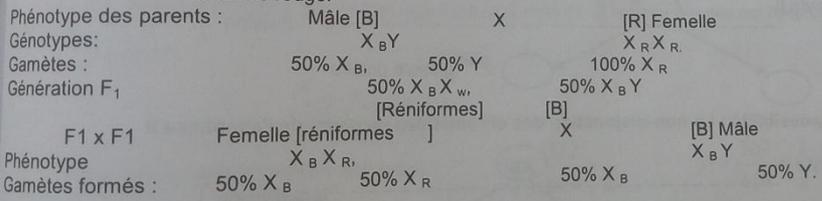
	♂	50% $\frac{N}{N}$	50% $\frac{B}{B}$
♀	50% $\frac{N}{N}$	25% $\frac{N}{N}$	25% $\frac{N}{B}$
	50% $\frac{B}{B}$	25% $\frac{N}{B}$	25% $\frac{B}{B}$

Résultats
 - 1/2 ou 50% de [bleues],
 - 1/4 ou 25% de [N],
 - 1/4 ou 25% de [B].

7) Non ; car les caractères blancs et les caractères noirs sont codominants

Solution 6

- a) On peut dire que la dominance est intermédiaire.
 b) Oui ; Parce que les parents de race ont donné une génération F₁ hétérogène.
 c) Première loi de Mendel : Uniformité des hybrides de la première génération (F₁).
 d) Notons : B l'allèle bar, R l'allèle rouge.



Echiquier de croisement

	Mâle	50% X_B	50% Y
Femelle	50% X_B	25% $X_B X_B$ [B]	25% $X_B Y$ [B]
	50% X_R	25% $X_B X_R$ [Réniformes]	25% $X_R Y$ [R]

Résultats

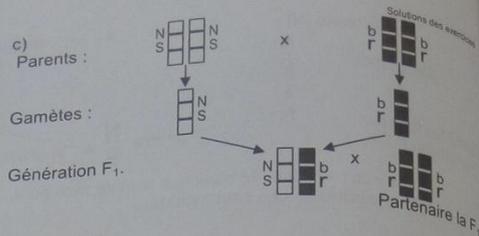
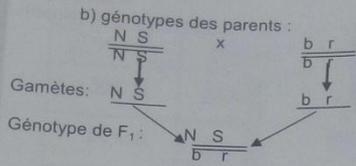
- 25% de mâles [R]
- 25% de femelles [R]
- 25% de mâles [B]
- 25% de femelles [réniformes]

e) Non. Parce que le chromosome Y ne porte pas de gène.

Solution 7

1 - Les deux caractères qui intéressent le généticien sont « la couleur du pelage » et le « type de moustache ».

Puisque les parents sont de race pure et différant par deux caractères, nous déduisons qu'il s'agit d'un cas de dihybridisme.
 2 - Les Allèles noirs(N) et souples(S) dominant respectivement par rapport aux allèles bruns(b) et raides(r).
 3 - a) Le croisement est celui d'un back-cross ; C'est-à-dire le croisement entre un hybride et un parent double récessif. Comme le résultat est celui d'un monohybridisme, nous pouvons formuler l'hypothèse d'un cas de liaison absolue entre les gènes.



4 - Calcul des proportions obtenues en F₂ :

- [N S] = 58 / 81 = 3 / 4

- [b r] = 23 / 81 = 1 / 4

Les proportions obtenues sont celles d'un monohybridisme en F₂, pourtant nous travaillons avec deux gènes. Ces résultats permettent de confirmer qu'il s'agit bien d'un cas de liaison absolue entre les gènes.

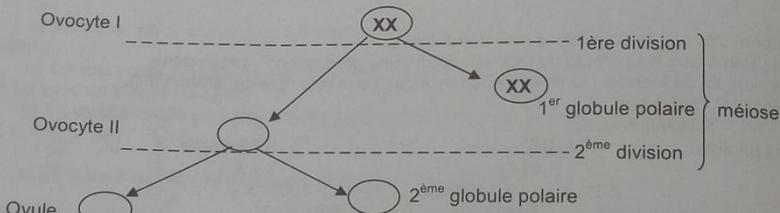
Solution 8

1 -

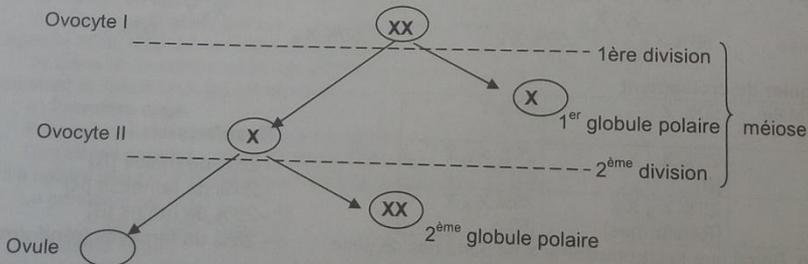
	Apport du spermatozoïde en chromosomes	Apport de l'ovule en chromosomes	Total
1 ^{er} cas	22 A + X	22 A + 0	45
2 ^e cas	22 A + X	22 A + XX	47
3 ^e cas	22 A + Y	22 A + XX	47

2 - 1^{er} cas

1^{ère} possibilité : La non-disjonction des chromosomes homologues au cours de l'anaphase I

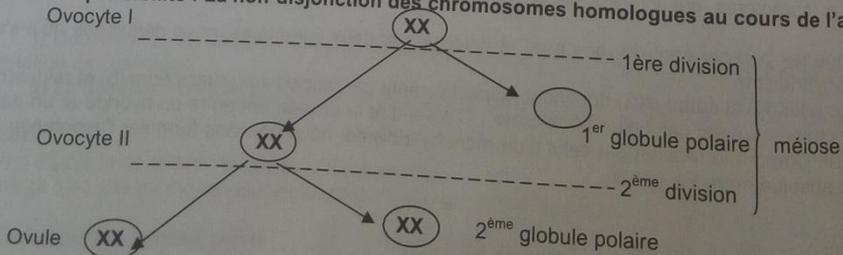


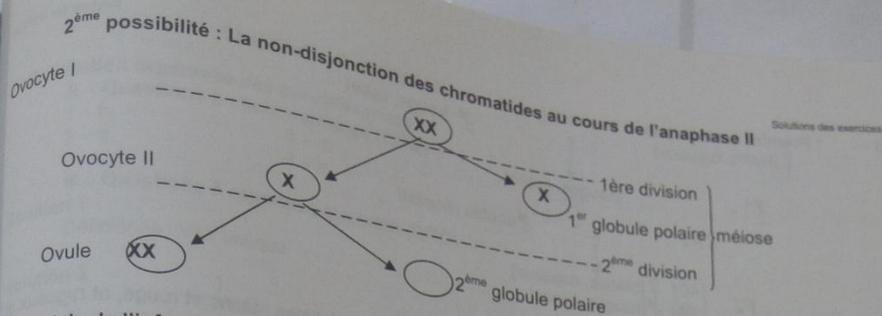
2^{ème} possibilité : La non-disjonction des chromatides au cours de l'anaphase II



2^{ème} et 3^{ème} cas

1^{ère} possibilité : La non-disjonction des chromosomes homologues au cours de l'anaphase I





III - Saisie de l'information biologique

Solution 1

- 1 - Caractère étudié : Couleur des graines et taille des épis.
 - 2 - Allèles dominants : rouge et long. Allèles récessifs : blanche et court.
 - 3 - C'est un test-cross. Les gènes sont liés.
- Taux de recombinaison : $\frac{108 + 110}{1245} \times 100 = 17,51\%$

Solution 2

1 - ♀ [blanc] × ♂ [rouge]

F1 [rouge]
Les deux parents croisés diffèrent l'un de l'autre par un seul caractère : il s'agit d'un monohybridisme.

La F1 est homogène. Tous les oisillons sont rouges. Le résultat de ce croisement obéit à la première loi de Mendel. On en déduit que :

- les parents croisés sont de race pure,
- le caractère rouge (R) est dominant et le caractère blanc (b) est récessif.

2 - Chez les Oiseaux, le sexe mâle est homogamétique et noté ZZ et le sexe femelle est hétérogamétique et noté ZW.

♂ [blanc] × ♀ [rouge]

302 ♂ [rouges]
312 ♀ [blancs]

Total des hirondelles : 312 + 302 = 614

$$[b] = \frac{312}{614} = \frac{1}{2}$$

$$[r] = \frac{302}{614} = \frac{1}{2}$$

Hypothèse

La F1 hétérogène n'obéit pas à la première loi de Mendel. Ce résultat constitue une exception à la première loi de Mendel. Ce résultat ne peut s'expliquer que si on admet que le gène qui gouverne la couleur des yeux est lié au chromosome sexuel Z.

Génotype des parents

♂ ZbZb [b]
↓
Zb

×

♀ ZRW [R]
↓
1/2 ZR 1/2 W

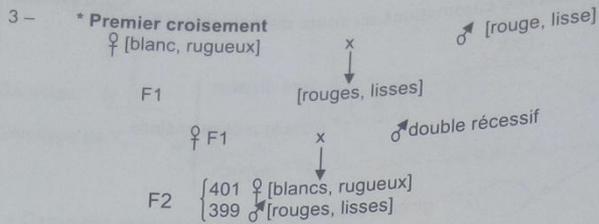
Gamètes formés

		Echiquier de croisement	
		♀ 1/2 ZR	1/2 W
♂ Zb	♀	1/2 ZRZb ♂ [R]	1/2 ZbW ♀ [b]

Résultats :

- 50% de mâles aux yeux rouges,
- 50% de femelles aux yeux blancs.

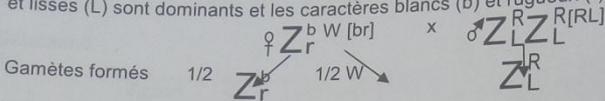
Conclusion : Les résultats statistiques sont conformes aux résultats théoriques. Le gène est donc lié au sexe et porté par le chromosome sexuel Z.



Interprétation

Les parents croisés diffèrent l'un de l'autre par deux couples d'allèles : blanc et rouge, et rugueux et lisse ; Il s'agit d'un dihybridisme.

- tous les individus de F1 sont homogènes aux yeux rouges et lisses. Donc les caractères rouges (R) et lisses (L) sont dominants et les caractères blancs (b) et rugueux (r) sont récessifs.



Echiquier de croisement

♂ \ ♀	Z_r^b	W
Z_L^R	$Z_L^R Z_r^b [RL]$	$Z_L^R W [RL]$

Résultats :

- 100% d'individus mâles et femelles aux yeux rouges et lisses.

Conclusion : hypothèse vérifiée : dihybridisme avec linkage des gènes.

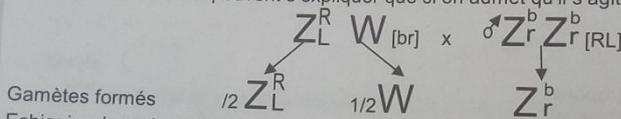
* Deuxième croisement

Ce croisement est un back-cross ou un croisement en retour ; car la F1 est croisée avec un parent double récessif. Il peut s'agir d'un test cross.

Total des hirondelles : $401 + 399 = 800 [br] = \frac{401}{800} \approx \frac{1}{2}$

$[RL] = \frac{399}{800} \approx \frac{1}{2}$

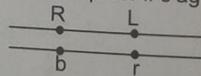
Hypothèse : Si les gènes étaient indépendants, on aurait obtenu les proportions de 1/4, 1/4, 1/4 et 1/4. Ces résultats 1/2 et 1/2 ne peuvent s'expliquer que si on admet qu'il s'agit d'un linkage absolu.



Echiquier de croisement

♂ \ ♀	Z_L^R	W
Z_r^b	$Z_r^b Z_L^R [RL]$	$Z_r^b W [br]$

Conclusion : Les résultats statistiques sont conformes aux résultats théoriques. Il s'agit d'un cas de linkage (ou de liaison) absolu(e) des gènes.



Solution 3

- 1 - Les mutations chromosomiques et les mutations géniques
- 2 - Pendant l'interphase lors de la réplication de l'ADN. En prophase de la division réductionnelle lors de la séparation des chromatides des chromosomes homologues entrecroisés ;
- 3 - La drépanocytose, le daltonisme, l'hémophilie, le diabète juvénile.
- 4 - Les rayons ultraviolets, les substances chimiques, les radiations ionisantes.

Chapitre 7 : Quelques aspects de la génétique humaine

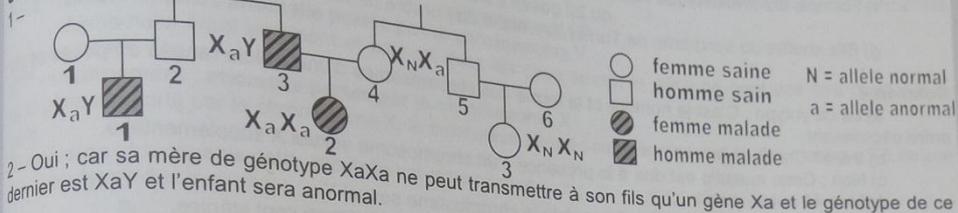
Solutions des exercices

- 1- Restitution organisée des connaissances
A - Questions à choix multiples (QCM)
 1 - b,
 2 - a,
 3 - d,
 4 - a,

- B - Questions à réponses ouvertes (QRO)**
 5 - b,
 6 - b,
 7 - d.

Solution 1
 Définitions : Voir lexique

Solution 2



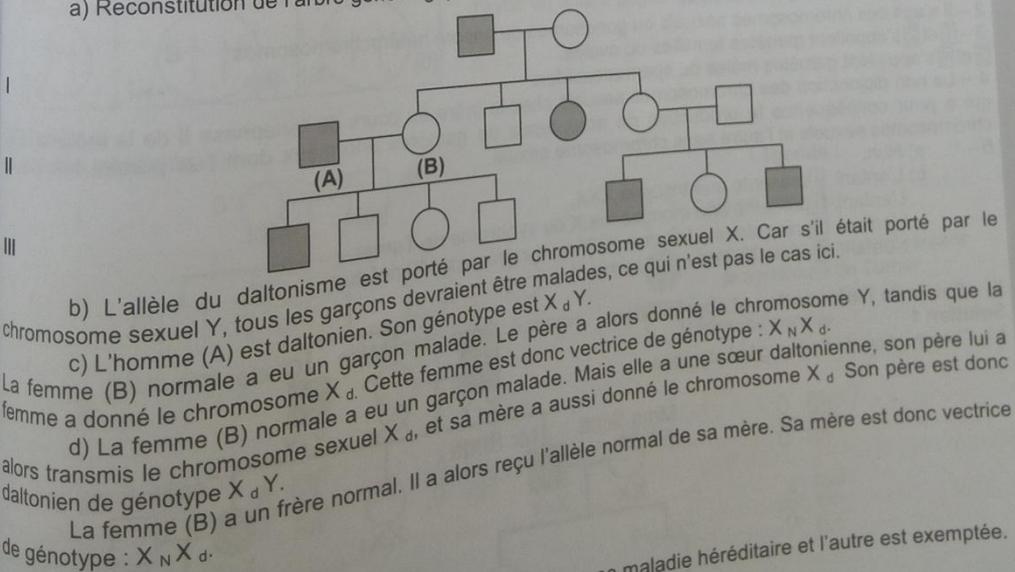
II - Exploitation des documents

Solution 1

- a) Un individu non drépanocytaire peut avoir pour génotype A/A ou A/S .
 b) Les individus 5 et 6 ont donné un enfant malade (7). Ils sont donc hétérozygotes, de génotype A/S .
 c) * L'individu N°2 a donné un enfant drépanocytaire alors qu'elle est normale. Elle est donc hétérozygote, de génotype A/S .
 * Oui, il y a un enfant illégitime dans la génération II.
 * L'enfant N°4 est SS , il a reçu un allèle S de sa mère et un allèle S de son père. Le père N°1 est AA , ne peut pas produire un allèle S , n'est pas le père géniteur de l'enfant 4.
 d) L'hémoglobine transporte le dioxygène dans le sang.
 e) La drépanocytose est une anomalie génique.
 f) Parce qu'ils portent le gène de la maladie, mais ne font pas la maladie.
 g) Les vecteurs ou conducteurs.
 h) $A/S \times A/S$ conduit à un risque de 25% ou $1/4$ d'avoir un enfant drépanocytaire.
 i) Il faut faire l'électrophorèse de l'hémoglobine avant le mariage.

Solution 2

- a) Reconstitution de l'arbre généalogique.



Solution 3

- a) Il s'agit de l'hémophilie.
 b) Elles sont de fausses jumelles ; car l'une d'elle a une maladie héréditaire et l'autre est exemptée.
 c) Les caractéristiques de vrais jumeaux :

TERMINALE C

- Ils sont issus d'un même œuf par reproduction végétative,
 - Ils ont le même programme génétique,
 - Ils ont le même sexe,
 - les fœtus sont reliés à la mère par le même placenta.
- d) Un père non hémophile a donné une fille hémophile alors que l'allèle de la maladie est létal à l'état homozygote, récessif et porté par le chromosome sexuel X.
- e) L'analyse de ce caryotype montre que le sujet a un seul chromosome sexuel au lieu de deux. Sa mère est vectrice et lui a transmis l'allèle de la maladie. Le père n'a pas donné de chromosome sexuel à cette fille.
- f) Formule chromosomique : $2n-1 = 44$ autosomes + 1 seul chromosome sexuel X
ou 22 paires d'autosomes + 1 seul chromosome sexuel.
- g) Elle souffre du syndrome de Turner, anomalie du nombre de chromosomes.

Solution 4

- a) Le caryotype : C'est le nombre et la forme des chromosomes d'une cellule rangés en paires et par ordre décroissant.
- b) Il a 47 Chromosomes.
- c) Non ; Cette maladie est due à la présence d'un chromosome sexuel X supplémentaire.
- d) $2n = 44$ autosomes + XXY.
- e) Il est de sexe masculin : Car il possède le chromosome sexuel Y.
- f) Non ; Car les individus affectés par les anomalies chromosomiques sont stériles.

Solution 5

- a) Une hérédité gonosomique est une hérédité dont l'allèle responsable est porté par le chromosome sexuel X.
- b) Les parents phénotypiquement sains (11 et 12) ont donné un enfant qui est à la fois hémophile et daltonien. Les allèles responsables de ces affections sont alors récessifs. Nous noterons « h » pour l'allèle de l'hémophilie, « d » pour l'allèle du daltonisme et « N » l'allèle normal.
- Génotypes des individus :
- Individu I₁ : X_NY.
 - Individu I₂ : X_NX^d. (car elle a un fils (5) daltonien).
 - Individu II₃ : X_NX_h. (car elle a des fils (8 et 9) hémophile).
 - Individu II₄ : X^dY. (car sa fille 11 a eu un fils hémophile et daltonien. L'allèle de l'hémophilie proviendrait de la mère II₃ et l'allèle du daltonisme proviendrait du père II₄).
 - Individu III₁₁ : X^dX_h. (car elle est vectrice pour les deux affections).
 - Individu IV₁₃ : X^dY.
- c) Le phénomène de crossing-over ou enjambement.

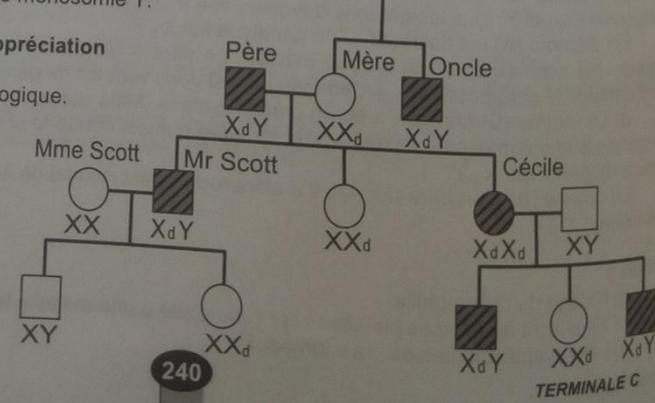
Solution 6

- 1 - Le phénomène A est la méiose ou la gamétogenèse.
Le phénomène B est la fécondation.
- 2 - Il s'agit des chromosomes sexuels ou gonosomes ou encore hétérochromosomes.
- 3 - ① et ② s'appellent gamètes femelles ou ovules.
③ et ④ s'appellent gamètes mâles ou spermatozoïdes.
- 4 - La non disjonction des chromosomes sexuels chez la mère au cours de l'anaphase II de la méiose. Ce qui a pour conséquence la production de deux types de gamètes anormaux dont l'un portant les deux chromosomes sexuels et l'autre sans chromosome sexuel.
- 5 - a) Non.
b) L'enfant a présente une trisomie XXX,
L'enfant b présente une monosomie X ou syndrome de Turner,
L'enfant c présente une trisomie XXY ou syndrome de Klinefelter,
L'enfant d présente une monosomie Y.

III - Saisie de l'information et appréciation

Solution 1

1 - Construction de l'arbre généalogique.



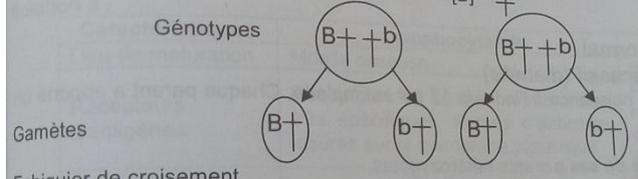
2 - La maladie de Scott provient de sa mère.
Justification : Le gène responsable étant porté par le chromosome X, Jean Scott de sexe masculin reçoit de son père le chromosome Y et le chromosome X porteur du gène de sa mère.
 3 - Cécile a hérité la maladie de ses deux parents.
 L'allèle « daltonisme » est récessif, donc la maladie ne s'exprime chez les filles qu'à l'état homozygote. Elle a donc reçu de chaque parent un chromosome sexuel X_d.

Solution 2

1 - Le gène responsable de l'anomalie est dominant.
 Les parents 3 et 4 bégues ont dans leur descendance l'enfant 9 sain montre que l'allèle normal est masqué. L'allèle normal est donc récessif.
 Symbole allèle normal : b
 allèle anormal : B
 2 - 1^{er} raisonnement : anomalie portée par le chromosome Y
 L'anomalie étant dominant et présent dans les deux sexes, le gène ne peut pas être porté par le chromosome Y
 2^{ème} raisonnement : anomalie portée par le chromosome X
 Si le gène est porté par le chromosome X, le sujet serait bègue ; car elle recevrait le chromosome XB de son père.
Conclusion : Le gène de cette anomalie est autosomique.
 3 - Génotypes des individus :

Individu 1 : $\frac{B}{b}$ Individu 2 : $\frac{b}{b}$ Individu 5 : $\frac{B}{b}$ Individu 10 : $\frac{B}{b}$

4 - Interprétation chromosomique du couple 3 et 4, et de leur descendance
 Le couple est bègue [B] x [B]



Echiquier de croisement

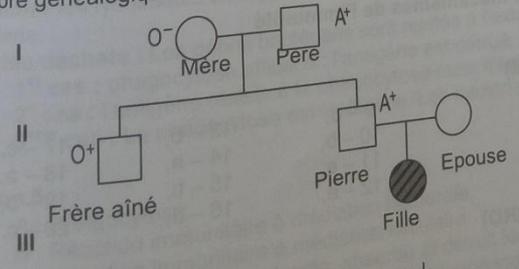
	♂	$\frac{B+}{b+}$	$\frac{b+}{b+}$
♀	$\frac{B+}{b+}$	$\frac{B+}{b+}$ [B]	$\frac{B+}{b+}$ [B]
	$\frac{b+}{b+}$	$\frac{b+}{b+}$ [b]	$\frac{b+}{b+}$ [b]

Résultats :
 - 3/4 [B],
 - 1/4 [b].

5 - L'enfant 11 est normal et son époux n'est pas bègue : donc le couple est homozygote de génotype b/b. Le risque d'avoir un enfant bègue est nul.

Solution 3

1 - Arbre généalogique



Légende :

- : Femme normale
- : Femme daltonienne présentant le syndrome de Turner
- : Homme normal

2 - Les génotypes :
 Père : $\frac{A}{A} \frac{Rh^+}{Rh^+}$ ou $\frac{A}{O} \frac{Rh^+}{Rh^+}$
 Frère aîné : $\frac{O}{O} \frac{Rh^+}{Rh^+}$

Mère : $\frac{O}{O} \frac{Rh^-}{Rh^-}$
 Pierre : $\frac{A}{O} \frac{Rh^+}{Rh^+}$

3 - Pierre, suite à une méiose anormale a produit des spermatozoïdes sans chromosome sexuel. Sa femme, vectrice ou conductrice du daltonisme a produit des ovules Xd (d = allèle du daltonisme) et des ovules XN (N = allèle normal). Au cours de la fécondation, le spermatozoïde sans chromosome sexuel a rencontré un ovule portant l'allèle du daltonisme. Cet individu est une fille de génotype Xd0. C'est pourquoi elle est daltonienne et présente le syndrome de Turner.

4 - Le groupe sanguin prévisible de l'enfant de Pierre.

Génotype des parents

Pierre : $\frac{A}{O} \frac{Rh^+}{Rh^-}$ x $\frac{B}{B} \frac{Rh^+}{Rh^+}$ Epouse

Gamètes formés

$\frac{A}{O} Rh^+$, $\frac{A}{O} Rh^-$, $\frac{O}{O} Rh^-$, $\frac{O}{O} Rh^+$ (from Pierre)

$\frac{B}{B} Rh^+$ (from Epouse)

Echiquier de croisement

♀ \ ♂	$\frac{A}{O} Rh^+$	$\frac{A}{O} Rh^-$	$\frac{O}{O} Rh^-$	$\frac{O}{O} Rh^+$
$\frac{B}{B} Rh^+$	$\frac{A}{B} \frac{Rh^+}{Rh^+}$ [AB Rh ⁺]	$\frac{A}{B} \frac{Rh^+}{Rh^-}$ [AB Rh ⁺]	$\frac{B}{O} \frac{Rh^+}{Rh^-}$ [B Rh ⁺]	$\frac{B}{O} \frac{Rh^+}{Rh^+}$ [B Rh ⁺]

L'enfant sera soit du groupe sanguin AB⁺, soit du groupe sanguin B⁺

Solution 4

1 - Le mode de transmission est récessif, car des individus apparemment sains ont donné des enfants malades (8 et 21).

2 - Génotype de l'individu 7

On note : N : allèle normal
d : allèle récessif (diabète)

Les individus 7 et 8 ont donné naissance à l'individu 17 qui est malade. Chaque parent a apporté un allèle d.

3 - Oui on le pourrait.

4 - L'enfant n°21 a reçu les allèles « d » de ses parents hétérozygotes.

Parents $\frac{N}{d}$ x $\frac{N}{d}$

Gamètes N, d, N, d

♀ \ ♂	50% N	50% d
50% N	25% $\frac{N}{N}$	25% $\frac{N}{d}$
50% d	25% $\frac{N}{d}$	25% $\frac{d}{d}$

D'après l'échiquier, on peut trouver dans la famille des enfants sains. ou $\frac{N}{N}$ $\frac{N}{d}$

5 - Jumeaux 13 et 14 : ils ont le même phénotype et le même sexe, il est possible qu'ils soient de vrais jumeaux, mais rien ne confirme.

Jumeaux 16 et 17 : Ils ont des phénotypes différents, ce sont de faux jumeaux.

Chapitre 8 : Les mécanismes de l'immunité

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples (QCM)

- | | | | | |
|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1 - b, | 5 - d, | 9 - d, | 13 - b, | 17 - c, |
| 2 - a, | 6 - a, | 10 - b, | 14 - a, | 18 - a, |
| 3 - c, | 7 - a, | 11 - e, | 15 - b, | 19 - b, |
| 4 - c, | 8 - c, | 12 - e, | 16 - d, | 20 - c, |

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Solution 1

1 - Définition voir lexique.

2 - L'existence d'une réponse immunologique, face à une molécule susceptible de la déclencher, trace la frontière entre les molécules du soi et celles du non-soi.

Une molécule du non-soi est une molécule qui déclenche une réponse immunitaire chez un organisme donné. Une molécule du soi, quoique dotée de propriétés antigéniques chez un autre individu, ne déclenche aucune réponse immunitaire dans l'organisme dont elle est issue.

- 3 - Ce sont les antigènes du soi, en particulier les protéines du CMH, marquent les cellules comme étant une partie du soi.
4 - Voir cours

Solution 2

- 1 - Il existe deux catégories d'anticorps :
- les anticorps membranaires, enchâssés à la surface des lymphocytes B (IgM, IgD),
- les anticorps circulants (IgE, IgG, IgM).
2 - Les anticorps sont de nature protéique de la classe des immunoglobulines. L'anticorps dessiné est formé de quatre chaînes dont deux chaînes lourdes et deux chaînes légères identiques reliées entre elles par des ponts disulfure.
3 - Les anticorps sont sécrétés par les plasmocytes qui proviennent de la prolifération puis de la différenciation des lymphocytes B stimulés.
4 - * le site 1 est le site de reconnaissance de l'antigène,
* le site 2 est le site d'activation du complément,
* le site 3 est le site de fixation de l'anticorps aux cellules.
5 - Les régions AB et A'B' sont des fragments constants des chaînes lourdes et légères, car la séquence de cette chaîne polypeptidique est commune à tous les anticorps.
Les régions BC et B'C' sont des fragments variables, car la séquence de cette chaîne polypeptidique est spécifique de chaque anticorps.
6 - La fonction des anticorps est de neutraliser les antigènes afin de contribuer à leur destruction.
7 - Non ; car le système immunitaire est capable de fabriquer des millions d'anticorps spécifiques. Et si chaque fragment variable d'anticorps était codé par un gène, la totalité des ADN d'une cellule serait mobilisée pour cette fonction.

Solution 3

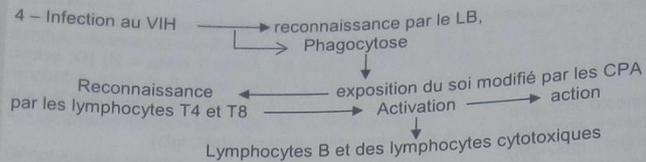
Caractéristiques	Lymphocytes B	Lymphocytes T
Lieu de maturation	Moelle osseuse	thymus
Récepteurs d'antigènes	Récepteurs de surface membranaire très spécifiques, formés d'anticorps insérés sur la membrane plasmique	Récepteurs de surface membranaire très spécifiques, différents d'anticorps insérés sur la membrane plasmique
Forme active	Plasmocytes	Lymphocytes T cytotoxiques et lymphocytes T auxiliaires
Type d'immunité	Immunité à médiation humorale	Immunité à médiation cellulaire
Produit sécrétés	Anticorps	Cytokines
Durée de vie	Courte	longue

Solution 4

- 1 - **Cellule immunitaire** : granulocyte ou polynucléaire.
Antigène en présence : bactérie.
2 - La phagocyte.
3 - **Adhésion** : Le granulocyte se rapproche et s'accroche à la bactérie.
Ingestion : invagination de la membrane du granulocyte englobant la bactérie puis formation du phagosome (endocytose).
Digestion : les lysosomes se rapprochent et déversent leur contenu dans le phagosome, il y a hydrolyse de la bactérie.
Rejet des déchets : Les débris bactériens sont rejetés à l'extérieur par exocytose.
4 - **1^{er} cas** : phagocytose efficace : l'antigène est détruit.
2^e cas : l'antigène résiste à la phagocytose mais n'est pas détruit.
3^{ème} cas : La phagocytose est inefficace. Les bactéries se multiplient et détruisent les granulocytes.

Solution 5

- 1 - A : Phagocytose,
B : Réaction immunitaire à médiation humorale,
C : Réaction immunitaire à médiation cellulaire.
2 - a : macrophage ou granulocyte, absorbe et détruit les éléments étrangers ?
b : plasmocytes produisent les anticorps qui reconnaissent les antigènes.
c : lymphocyte T cytotoxique reconnaît et détruit les cellules antigéniques.
3 - La phagocyte (moyen de défense A) est reconnue comme non spécifique, car elle est utilisée contre tout antigène ou tout corps reconnu comme non-soi.



II - Exploitation des documents

Solution 1

- 1 - Il doit avoir agglutination ; car le sang du groupe 0 possède naturellement des anticorps anti-A et anti-B qui vont reconnaître les antigènes A et B présents à la surface des hématies du groupe AB et s'y associer.
- 2 - Il doit avoir l'absence d'agglutination témoignant la compatibilité entre les deux sangs.

Solution 2

- 1 - a) Les éléments du non-soi exogène : cellule de greffon, hématies étrangères, champignon microscopique, toxines bactériennes, candidas albicans, plasmodium, virus amaril.
- b) Les éléments du non-soi endogène : cellules cancéreuses.
- c) Les éléments du soi : leucocytes, hématies, cellules intestinales.
- 2 - Les éléments du non-soi pathogènes et leur effet sur l'Homme :
 - toxines bactériennes (tétaniques, diphtériques), responsables des maladies
 - candidas albicans, responsable de la candidose,
 - plasmodium, responsable du paludisme,
 - virus amaril, responsable de la fièvre jaune.

Solution 3

1 - Un sérum anti-A est un sérum contenant des anticorps dirigés contre les antigènes du groupe A. Un sérum anti-B est un sérum contenant des anticorps dirigés contre les antigènes du groupe B. Un sérum anti-AB est un sérum contenant des anticorps dirigés à la fois contre les antigènes du groupe A et du groupe B. Ils sont extraits du sang de personnes qui n'ont pas elles-mêmes ces antigènes : ainsi le sérum anti-A vient d'une personne qui n'est pas du groupe A ni du groupe AB. Elle est forcément du groupe B ou O.

Sérum	anti-A	anti-B	anti-AB
Sang dont le sérum est extrait	B ou O	A ou O	O

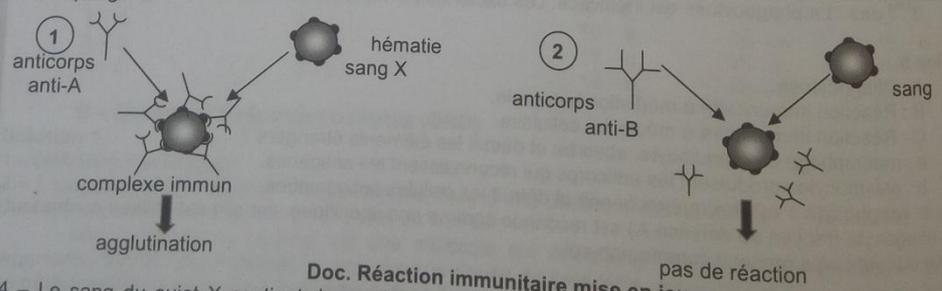
Groupe sanguin des personnes dont proviennent les sérums

2 - L'aspect grumeleux montre qu'il y a eu formation de précipités. Ces précipités sont dus à la formation de complexes immuns entre les anticorps et les antigènes. Lorsque le sang garde un aspect homogène, cela signifie qu'il n'y a pas eu de réaction immunitaire.

- Anticorps anti-A + sang X → complexe immun,
- Anticorps anti-B + sang X → pas de réaction,
- Anticorps anti-A + anticorps anti-B + sang X → complexe immun.

On voit d'après les schémas que seuls les anticorps anti-A provoquent la formation de complexes immuns.

3 - Ces complexes sont formés par des anticorps, qui sont des molécules produites par les lymphocytes, plus particulièrement les lymphocytes B (qui subissent leur maturation dans la moelle osseuse). Lorsqu'un antigène A par exemple entre dans l'organisme, il est phagocyté par un macrophage et présenté ensuite à la surface de celui-ci après digestion partielle. Les lymphocytes B possédant les anticorps membranaires spécifiques des déterminants antigéniques de A sont activés au contact de l'antigène et se transforment en plasmocytes. Ces cellules sécrètent alors des anticorps anti-A dans le sang, et les anticorps s'agglutinent sur les antigènes A, formant les complexes immuns, qui seront ensuite détruits par des cellules comme les macrophages.



Doc. Réaction immunitaire mise en jeu

4 - Le sang du sujet X contient des antigènes A et pas d'antigènes B ; il est donc du groupe A. Il peut recevoir le sang de personnes du groupe O.

Solution 4

1) Les génotypes des individus :

- I₁ : $\frac{Rh^+}{Rh^-}$;

- II₁ : $\frac{Rh^-}{Rh^-}$;

- II₂ : $\frac{Rh^+}{Rh^-}$;

- III₃ : $\frac{Rh^+}{Rh^-}$;

I₂ : $\frac{Rh^+}{Rh^-}$;

II₃ : $\frac{Rh^-}{Rh^-}$;

car II₃ est Rhésus négatif (génotype) : $\frac{Rh^-}{Rh^-}$

car Rh- est récessif à côté de Rh⁺

uniquement puisqu'il faut que III₁ soit $\frac{Rh^-}{Rh^-}$ afin que III₂ qui est Rhésus positif vive.

2 - L'individu III₂ est vivant ; car c'est la 1^{ère} grossesse de fœtus Rhésus positif (donc III₁ est d'hématies Rhésus positif pénètre dans le sang maternel à travers le placenta. En réponse à cet antigène, l'organisme de la mère fabrique des anticorps anti-Rhésus pour se protéger.

Par contre, l'individu III₃ meurt ; car il est rhésus positif et la réaction immunologique est plus intense car l'organisme maternel est déjà sensibilisé par la 2^{ème} grossesse. Les anticorps anti-rhésus traversent le placenta et provoquent la maladie hémolytique du nouveau-né III₃.

3 - De nos jours, le mariage entre II₃ et II₄ ne doit pas être formellement déconseillé, car il existe déjà des immunoglobulines anti-Rhésus ou sérum anti-D que l'on injecte à la femme dans les 72 heures qui suivent chaque accouchement.

Solution 5

1 - But : déterminer l'origine de la production des cellules immunitaires LB et LT.

2 - La moelle osseuse est indispensable dans la production des LB et des LT.

3 - But de la deuxième expérience

Déterminer la cellule immunitaire intervenant dans la réponse immunitaire suite à une infection aux pneumocoques.

Les deux types de lymphocytes (LB et LT) sont nécessaires pour une réponse immunitaire spécifique efficace.

4 - L'origine et la maturation des lymphocytes B : moelle osseuse

L'origine des lymphocytes T : moelle osseuse.

Maturation des lymphocytes T : thymus.

Solution 6

1 - L'animal A immunisé contre la diphtérie possède des anticorps antitoxines qui neutralisent la toxine diphtérique. Le sérum prélevé sur A contient ces anticorps protecteurs qui, transférés à B, neutralisent la toxine injectée et donc le maintiennent en vie. Les lymphocytes T n'agissent ni sur les bacilles ni sur la toxine d'où la mort de C.

2 - L'immunisation contre la tuberculose ne met pas en jeu les anticorps (d'où la mort du cobaye E) mais des lymphocytes T (survie de F).

3 - La lutte contre la diphtérie met en jeu une immunité humorale (transférable par le sérum). La lutte contre la tuberculose (le BK est un microbe endocellulaire) met en jeu une immunité à médiation cellulaire : l'action cytolytique des lymphocytes T8.

4 - L'immunité acquise est spécifique : A est immunisé contre la diphtérie et non contre la tuberculose ; ses lymphocytes T prélevés et injectés au cobaye C sont donc inefficaces contre le BK. On peut prévoir la mort de C.

Solution 7

1 - Les acteurs de l'immunité qui permettent la survie de la souris dans un des cas font partie de l'immunité acquise. En effet, ces acteurs ne sont pas immédiatement mobilisables lors d'une première rencontre avec l'antigène (la toxine) puisque les souris meurent si on leur injecte la toxine sans contact préalable avec l'anatoxine.

2 - Les réactions mises en jeu permettent la lutte contre des antigènes libres, les toxines, circulant dans le milieu intérieur. Les agents permettant le maintien de l'intégrité du milieu extracellulaire sont les anticorps circulants. Les cellules mises en jeu sont donc les LB qui se différencient en plasmocytes et en cellules mémoires.

3 - La vaccination est une technique de protection préventive contre les infections. Elle consiste à mimer une réaction immunitaire primaire, en utilisant, non pas un véritable agent pathogène, mais un leurre de cet agent : ici l'anatoxine tétanique. La réponse primaire consiste en une expansion clonale des lymphocytes B sélectionnés, c'est-à-dire spécifiques de l'anatoxine tétanique.

Les agents de l'immunité acquise ne sont pas immédiatement mobilisables lors d'une première rencontre avec l'antigène et mettront un peu de temps avant d'être produits. Ainsi, si la première rencontre avec l'antigène concerne un véritable pathogène, l'induction des réactions immunitaires acquises sera trop

TERMINALE C

lente et la maladie peut l'emporter. C'est le cas des deux souris du cas A qui meurent si on leur injecte directement la TT ou la TD.

La seconde rencontre avec l'antigène résulte cette fois-ci d'un antigène réellement néfaste. La réponse secondaire s'appuie sur les lymphocytes mémoires (ici les LB mémoires) produits lors de la réponse primaire. Cette réponse secondaire est plus rapidement mise en place et elle est quantitativement plus importante que la réponse primaire. La souris B qui a effectué une réponse primaire grâce à l'anatoxine tétanique résiste à l'injection de toxine tétanique et survit.

Cependant, la vaccination ne protège l'individu vacciné que contre un seul agent pathogène : elle est spécifique. Ainsi, dans l'expérience, l'inoculation d'anatoxine tétanique ne protège pas de la toxine diphtérique : Les LB mémoires sont spécifiques de la première toxine.

Solution 8

- 1 - Non ; car l'injection de la toxine tétanique entraîne la mort de l'animal.
- 2 - L'animal meurt parce qu'il n'a pas encore fabriqué des antitoxines (anticorps) antitétaniques (les réponses immunitaires ne sont pas encore mises en place, il faut attendre 12 jours).
- 3 - On s'attend à la mort de l'animal. La toxine diphtérique entraîne la mort ; car les antitoxines tétaniques n'immunisent pas l'animal contre la diphtérie.
- 4 - La réponse immunitaire est spécifique.

Deux caractéristiques de l'immunité mises en évidence dans cette série d'expériences.

- la spécificité,
- la mise en place tardive de la réponse immunitaire,
- la possibilité de transférer l'immunité d'un individu à un autre.

Justification : D'après l'expérience V, un anticorps donné ne protège l'organisme que contre l'antigène correspondant.

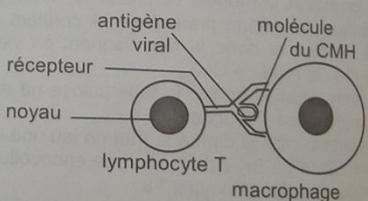
D'après les expériences III et IV, l'efficacité n'est pas immédiate mais tardive.

Solution 9

1 - L'expérience 1 est une expérience témoin montrant la virulence du bacille de Koch sur un cobaye. L'injection du bacille de Koch atténué (BCG) avant le contact avec le bacille non atténué permet la survie de l'animal (expérience 2). On peut donc en déduire que le cobaye a développé des mécanismes de défense efficaces contre le BK grâce au contact préalable avec le BCG. C'est le principe de la vaccination.

Dans l'expérience 3, seul le cobaye ayant reçu les lymphocytes du cobaye vacciné survit, alors que l'autre meurt. Ceci montre que la fraction des lymphocytes contient les éléments nécessaires à la défense de l'animal contre le BK, mais que le sérum n'en contient pas. On peut donc dire que ce sont les lymphocytes qui interviennent dans la neutralisation du bacille grâce à une réponse immunitaire à médiation cellulaire.

- 2 - Les cellules qui interviennent sont les lymphocytes Tc.
- 3 - Les macrophages sont des cellules provenant du sang, issues de la transformation des monocytes, et capables de gagner les tissus. Ils ont pour rôle de phagocyter les bacilles et de présenter les déterminants antigéniques à leur surface afin de déclencher la réaction immunitaire spécifique par contact avec les lymphocytes T.



Activation d'un lymphocyte T

Le cobaye ayant reçu l'injection de la fraction des lymphocytes meurt après une injection de pneumocoques. Ceci montre que les lymphocytes intervenant dans la reconnaissance et la destruction du bacille de Koch n'agissent pas sur le pneumocoque. On peut l'expliquer par la spécificité de la réaction immunitaire qui a eu lieu.

4 - a) La présence d'une cutiréaction positive montre que le cobaye ayant reçu une injection de BCG a développé des mécanismes de défense contre le bacille de Koch (grâce aux lymphocytes T), et que les mécanismes sont activés par la présence d'un élément du bacille (ici la tuberculine) qui est reconnu par ces lymphocytes. Les lymphocytes spécifiques du bacille de Koch n'ayant pas été activés chez le cobaye qui n'a pas reçu de BCG, il est logique que l'on n'observe pas de cutiréaction.

b) Le BCG présente l'intérêt de ne pas être mortel et de créer des lymphocytes mémoires spécifiques des bacilles de Koch qui pourront déclencher une réaction immunitaire rapide et efficace en cas d'infection par ce bacille.

c) Le taux de lymphocytes mémoires décroît au cours du temps et il ne doit pas s'abaisser en dessous d'une certaine valeur pour que la vaccination soit efficace. Le rappel sert à augmenter ce taux.

III - SAISIE DE L'INFORMATION BIOLOGIQUE ET APPRÉCIATION

Solution 1

A.1 - Toutes les souris étant histocompatibles, la souris B₂ tolère la greffe parce qu'elle ne possède plus de thymus ; cet organe paraît donc nécessaire à la réaction immunitaire de rejet. Le rejet de B₃ est dû à l'introduction des lymphocytes de B₁. La réaction de B₃ confirme bien qu'il s'agit d'une réaction immunitaire.

BORD BLEU

- 2 - Ce sont les lymphocytes T cytotoxiques qui sont responsables du rejet des greffes.
 3 - Le rôle dans la maturation des lymphocytes T cytotoxiques intervenant dans les réactions de rejet.
- B.1 - Les molécules marqueurs du soi sont des glycoprotéines membranaires. Modifiées, elles sont reconnues comme non-soi et sont la cible du système immunitaire de la souris receveuse.
 2 - La souris hybride AB possède les marqueurs du soi de la souris AA plus d'autres qui sont propres, marqueurs B qui n'interviennent pas ici. Il y aura donc tolérance du greffon. En revanche une greffe de AB sur AA serait rejetée.
 3 - Les lymphocytes T acquièrent leur maturation dans le thymus. Ils sont responsables de l'organisation de la réaction immunitaire aboutissant au rejet d'un greffon considéré comme non-soi.

Chapitre 9 : les dysfonctionnements du système immunitaire et les aides au système immunitaire

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples

- 1 - c, 3 - b, 5 - c, 7 - d, 9 - c.
 2 - a, 4 - d, 6 - b, 8 - d,

B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Solution 1

- 1 - L'hypersensibilité est une réaction anormalement intense à un antigène par ailleurs inoffensif.
 2 - Les anticorps peuvent détruire un agent pathogène par quatre mécanismes : la précipitation, la lyse, l'agglutination et la neutralisation.

Solution 2

- a) SIDA signifie Syndrome d'Immuno-Déficience Acquise.
 b) Cela signifie qu'il est séropositif.
 c) Le sérum est le plasma débarrassé de fibrinogène.
 d) Parce que le virus du SIDA se transmet par voie sexuelle.
 e) Les maladies opportunistes sont des maladies infectieuses ou non qui se développent chez un individu présentant un effondrement du système immunitaire ou une immuno-déficience.
 f) Maladies opportunistes : La tuberculose, la pneumonie, le cancer de la peau ou sarcome de Kaposi, la diarrhée.

II - Exploitation des documents

Solution 1

- 1 - Le virus du SIDA entraîne une double réaction :
 - cellulaire (augmentation des lymphocytes T4),
 - humorale (apparition d'anticorps anti-VIH ou anti-gp120)
 2 - L'individu est contagieux dès le moment où le microbe se multiplie dans le sang et passe dans les sécrétions sexuelles, c'est-à-dire peu après la contamination.
 3 - Il est séropositif lorsque les anticorps anti-gp120 sont en quantité suffisante pour être décelés (à partir du 4ème mois).
 4 - Le VIH est difficile à combattre pour le système immunitaire pour deux raisons :
 - le VIH détruit les lymphocytes T4 qui jouent un rôle central dans l'immunité spécifique,
 - le VIH présente un taux de mutation élevé et devient résistant aux médicaments.

Solution 2

- 1 - Oui, le virus peut bien se transmettre de la mère à son enfant.
 2 - Les cellules de Solange infectées sont les lymphocytes T4, les monocytes ou même les macrophages. Parce que ces dernières portent sur leur membrane des récepteurs complémentaires aux récepteurs viraux (gp-120).
 3 - Solange prend les médicaments pour arrêter la multiplication du virus et diminuer la charge virale.
 4 - Ce sont les antirétroviraux ou la trithérapie. Ces médicaments freinent la multiplication du virus et inhibent la transcriptase inverse.

Solution 3

- 1 - La réaction primaire se produit avec un certain retard par rapport à la réaction secondaire. La réaction secondaire est plus rapide et plus efficace que la réaction primaire.
 2 - Parce que la réaction primaire de l'antigène A produit des cellules mémoires qui déclenchent une réaction secondaire plus intense à cet antigène.
 3 - La réaction de l'antigène A est indépendante de la réaction de l'antigène B.

Solution 4

- 1 – Les différentes phases de l'évolution du SIDA sont :
 - phase asymptomatique. Durée : 4 à 8 semaines,
 - phase pré-SIDA. Durée : plusieurs années,
 - phase SIDA. Durée : 2 à 3 ans
- 2 – La défense immunitaire des organismes infectés consiste en la production :
 - d'anticorps anti-gp120 et des anticorps anti-p25 (réaction humorale)
 - des lymphocytes T spécifiques du VIH (réaction cellulaire).
- 3 – Les cellules immunitaires mises en œuvre pour combattre le VIH sont les lymphocytes T4, les lymphocytes T8 et les lymphocytes B transformés en plasmocytes sécrétant d'anticorps.
- 4 – L'introduction du VIH dans l'organisme :
 - déclenchement de la prolifération des lymphocytes T,
 - destruction des lymphocytes T4,
 - production d'anticorps.
 La séropositivité est l'état d'un organisme qui présente dans son sang des anticorps anti-VIH (ou anticorps anti-gp120).
- 5 – Au début de l'infection, le taux des lymphocytes T4 et T8 augmentent, mais le taux des lymphocytes T4 décroît rapidement.
- 6 – Le taux de VIH chute rapidement au début de l'infection à cause de l'accroissement du taux de lymphocytes T spécifiques et de la production des anticorps anti-gp120 et anti-p25
- 7 – La mort intervient au cours de la phase majeure à cause de l'incapacité de l'organisme à résister aux infections opportunistes dues à :
 - la destruction totale des lymphocytes T4,
 - la disparition totale des anticorps spécifiques,

Solution 5

- 1 – Le sérum contient des anticorps (antitoxines) antitétaniques. Le vaccin contient des anatoxines tétaniques (toxine du tétanos atténuée par la chaleur ou le formol) qui servent d'antigènes pour provoquer une réponse immunitaire.
- 2 – Le sérum contient des anticorps qui assurent une protection immédiate ; toutefois ces anticorps ont une durée de vie très limitée et compte tenu du seuil de protection, leur efficacité est réduite à une ou deux semaines.

Le vaccin entraîne la formation des anticorps ; toutefois le taux d'anticorps n'est protecteur qu'après deux ou trois semaines et il faut renouveler l'injection d'anatoxine pour que la protection soit durable.

Les deux procédés sont complémentaires : le sérum permet une protection rapide mais temporaire et le vaccin une protection durable ; mais assez lente à s'installer.
- 3 – Le taux d'antitoxines, faible d'abord, augmente à chaque injection pour devenir protecteur pour tous les sujets à l'issue de la deuxième injection. Il est très élevé après la troisième injection. Pour expliquer ces observations, on peut penser que l'anatoxine est faiblement immunogène et qu'à chaque injection des lymphocytes de plus en plus nombreux (et peut être des lymphocytes mémoires) sont activés et se différencient en plasmocytes pour sécréter des anticorps de plus en plus abondants.
- 4 – Le sérum provient d'un organisme étranger et peut comporter des molécules antigéniques susceptibles de provoquer des réactions immunitaires (les allergies).

Solution 6

- 1 – a) La destruction progressive des lymphocytes T4.
 b) * Au niveau du système immunitaire, il y a un mauvais fonctionnement du système immunitaire ou un déficit immunitaire.
 * Au niveau de l'organisme, il y a un développement des maladies infectieuses opportunistes.
- 2 – a) Le système immunitaire étant affaibli par la destruction des lymphocytes T4, la défense de l'organisme n'est plus assurée ; d'où l'apparition des maladies opportunistes.
 b) les lymphocytes T4 sont les cellules coordonnatrices du système immunitaire.

Chapitre 10 : La communication nerveuse

Solutions des exercices

1- Restitution organisée des connaissances

A - Questionnaires à choix multiples

- 1 - b,
- 2 - a,
- 3 - a,
- 4 - a,
- 5 - a,
- 6 - b,
- 7 - b,
- 8 - c,
- 9 - b,
- 10 - c,
- 11 - a,
- 12 - c,
- 13 - a,

B - Questions à réponses ouvertes

Solution 1

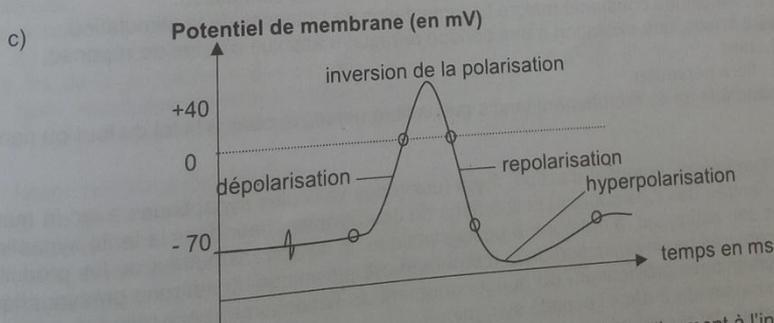
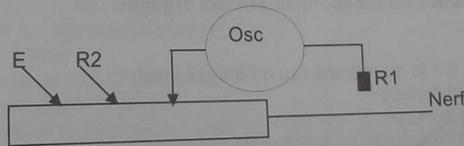
1 = Bouton synaptique, 2 = Vésicule synaptique, 3 = Neurotransmetteur, 4 = Récepteur postsynaptique.
L'arrivée des potentiels d'action au niveau du bouton synaptique entraîne l'exocytose du neurotransmetteur contenu dans les vésicules synaptiques et sa libération dans la fente synaptique. Ceux-ci vont se fixer sur des récepteurs spécifiques situés sur la membrane postsynaptique. Il apparaît alors une faible dépolarisation qui permet l'ouverture des canaux sodium et potassium ; un potentiel d'action naît, se propage dans la cellule postsynaptique.

Solution 2

Zones	Fonctions
Dendrites	Réception des neurotransmetteurs excitateurs générateurs des PPSE et inhibiteurs générateurs des PPSI.
Soma ou péricaryon.	Fonction classique du noyau et du cytoplasme en particulier la synthèse des neurotransmetteurs et leurs précurseurs
Segment initial	Zone où naissent les potentiels d'action propagés dont la fréquence exprime la sommation spatiale et temporelle des PPSE et PPSI.
Axone	* Zone de propagation des potentiels d'action à grande vitesse (1m/s 100 m/s), * Zone de transport des neurotransmetteurs du soma vers les arborisations terminales et des matériaux prélevés par endocytose des arborisations terminales vers le soma.
Arborisation terminale	Elle a une fonction neurosécrétrice : l'arrivée des potentiels d'action déclenche l'exocytose des neurotransmetteurs effecteurs.

Solution 3

- 1- a) Potentiel d'action ou électroneurogramme (courbe monophasique).
b) L'une des électrodes (R₂) est à la surface du nerf et l'autre (R₁) est à un potentiel fixe.



Solution 4

- 1- La membrane de l'axone est chargée positivement à l'extérieur et négativement à l'intérieur.
2- La propriété de la fibre nerveuse mise en évidence est la polarité membranaire au repos. Et la valeur du potentiel de repos est de -70 mV.
3- a) C'est le potentiel d'action. Soit U ou la d.d.p. en mV. Sa valeur est $U_{EF} = U_F - U_E = 30 - (-70) = 100$ mV.
b) Les nouvelles propriétés sont l'excitabilité et la conductibilité.
4- Voir cours

TERMINALE C

- 5 - a) Si on avait éloigné les électrodes R1-R2 des électrodes stimulatrices S1-S2, on aurait obtenu la même réponse mais avec un décalage de temps.
 b) Si on avait lésé l'axone entre l'électrode de stimulation S2 et l'électrode d'enregistrement R1, on n'aurait pas enregistré le potentiel d'action entre R1-R2 car la propagation aurait été stoppé en aval du point de lésion.

II - Exploitation des documents

Solution

- 1 - Une synapse.
 2 - 1) Arrivée du potentiel d'action présynaptique.
 2) Ouverture des vésicules synaptiques et libération des neurotransmetteurs dans l'espace intersynaptique.
 3) Neurotransmetteur.
 4) Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs de la membrane post synaptique.
 5) Ouverture des canaux ioniques chimio-dépendants et naissance d'un potentiel d'action postsynaptique qui se propage.
 6) Recapture par endocytose du neurotransmetteur ou des produits de sa dégradation.
 3 - c'est l'étape 4 (car le curare se fixe sur les mêmes récepteurs que les neuromédiateurs).
 4 - a) **Expérience 1** : Lors de la transmission du message nerveux, le neurone présynaptique déverse dans la fente synaptique une substance qui était contenue dans les vésicules synaptiques.
Expérience 2 : L'exocytose se produisant lors de la transmission synaptique est un phénomène nécessitant du calcium, celui-ci devant provenir du milieu extracellulaire.
Expérience 3 : L'entrée de calcium dans le bouton synaptique suffit à provoquer l'exocytose du contenu des vésicules de sécrétion. On peut alors penser que le potentiel d'action présynaptique a pour rôle de faire entrer le calcium dans le bouton synaptique, de manière à déclencher cette sécrétion par exocytose.
Expérience 4 : L'acétylcholinestérase n'empêche pas la genèse du potentiel d'action présynaptique. En revanche, elle s'oppose à l'apparition du potentiel d'action postsynaptique. En d'autres termes cette enzyme bloque la transmission synaptique des messages, en dégradant la molécule contenue dans les vésicules synaptiques (ici l'acétylcholine).
 b) Lorsque le potentiel d'action présynaptique parvient au bouton synaptique, il provoque l'entrée de calcium. Ceci provoque la sécrétion par exocytose du neurotransmetteur contenu dans les vésicules synaptiques. Après avoir diffusé dans la fente synaptique, ce neurotransmetteur se fixe sur des récepteurs spécifiques de la membrane postsynaptique, ce qui provoque des mouvements ioniques de part et d'autre de la membrane postsynaptique. L'état électrique de ce neurone postsynaptique s'en trouve alors modifié et, dans le cas présent, il y a genèse d'un nouveau potentiel d'action : le message a été transmis d'un neurone à un autre.

III - Explication des mécanismes de fonctionnement des organes

Solution 1

- 1 - a) Courbe diphasique
 b) Les électrodes sont sur la membrane (au même potentiel).
 c) B : artefact de stimulation
 BC : Temps de latence
 2 - a) * Tracé 1 : amplitude croissante en fonction de l'intensité de la stimulation.
 * Tracé 2 : Amplitude constante malgré l'augmentation de l'intensité de la stimulation.
 * pour les 2 tracés, une excitation à une période réfractaire absolue n'a pas de réponse.
 b) Tracé 1 : nerf
 Tracé 2 : fibre nerveuse
 Le nerf répond à la loi de recrutement tandis que la fibre nerveuse obéit à la loi du tout ou rien.

Solution 2

- 1 - **Exocytose** : A l'arrivée du potentiel d'action, il y a fusion des vésicules synaptiques avec la membrane plasmique (grâce à l'entrée des ions sodium) et libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique.
Endocytose : Après son action sur la membrane postsynaptique, le neurotransmetteur ou les produits de sa dégradation sont recapturés par invagination de la membrane cytoplasmique du neurone présynaptique.
 - Les vésicules synaptiques proviennent du bouffonnement de l'endosome. Leur rôle est de contenir et de déverser le neurotransmetteur dans l'espace synaptique.
 - Le neurotransmetteur est recapturé par endocytose par le neurone présynaptique.
 - On observe sur l'écran une déviation horizontale du spot qui indique un potentiel de repos.
Justification : La nicotine n'est pas un neurotransmetteur.
 - Aucun. L'influx nerveux circule du neurone présynaptique vers le neurone postsynaptique.

Chapitre. 11 : Régulation du taux des hormones sexuelles chez l'homme et chez la femme

Solutions des exercices

I - Restitution organisée des connaissances

A - QCM

- | | | |
|--------|--------|---------|
| 1 - b, | 5 - d, | 9 - b, |
| 2 - c, | 6 - b, | 10 - c, |
| 3 - b, | 7 - c, | 11 - d, |
| 4 - a, | 8 - c, | 12 - d, |
| | | 13 - b. |

B - QRO

1 - Les graphes indiquent que la sécrétion des hormones sexuelles féminines est cyclique et synchronisée sur le cycle ovarien.

L'œstradiol est sécrété pendant les deux phases du cycle les deux pics s'observent respectivement le 12ème jour et le 21ème jour.

La progestérone n'est sécrétée, en quantité importante, que pendant la phase progestative du cycle (pic le 21ème jour).

2 - L'œstradiol est sécrété :

- par le follicule dominant. Les cellules de la thèque interne élaborent un précurseur transformé en œstradiol par les cellules de la granulosa ;
- par le corps jaune (cellules lutéales) ;
- par le placenta (en cas de grossesse évidement).

3 - Œstradiol et progestérone sont des stéroïdes (comme la testostérone). Elles sont donc « lipophiles » c'est-à-dire insolubles dans l'eau et soluble dans les lipides. Cette propriété leur permet de traverser la membrane plasmique des cellules cibles et de se lier à un récepteur spécifique intracellulaire.

4 - L'œstradiol stimule les caractères sexuels ; en particulier, il stimule la croissance de la muqueuse utérine, la croissance de la glande mammaire. C'est l'hormone de la féminité.

la progestérone provoque la « dentellisation » de la muqueuse et prépare ainsi la nidation, elle est indispensable à la gestation. C'est l'hormone de la maternité.

5 - Deux événements essentiels modifient la sécrétion de l'œstradiol et de la progestérone :

- le début d'une grossesse qui bloque l'ovaire au stade progestatif et qui renforce la sécrétion de ces deux hormones (le corps jaune grossit et devient corps jaune de gestation) ;
- la ménopause : vers 50 ans, l'activité ovarienne s'arrête. En conséquence, les concentrations d'œstradiol et de progestérone diminuent progressivement.

II - Explication des mécanismes de fonctionnement des organes

Solution 1

1 - L'hormone propre à la femme est l'hormone chorionique gonadotrope. Les hormones communes aux deux sexes sont les gonadostimulines A et B.

2 - L'hormone chorionique gonadotrope est sécrétée par :

- le chorion de l'embryon
- puis par le placenta au cours de la gestation.

La structure cible est le corps jaune.
Son influence : assure le maintien du fonctionnement du corps jaune, c'est-à-dire la production de progestérone.

3 - Les gonadostimulines A et B.

a) La gonadostimuline A (FSH) provoque des follicules et notamment en favorisant la multiplication des cellules de la granulosa et des thèques qui produisent les œstrogènes.
Nom : hormone folliculostimulante ou folliculostimuline.

b) La gonadostimuline B (LH) provoque l'ovulation et la transformation du follicule de Graaf en corps jaune.
Nom : hormone de lutéinisation.

c) La gonadostimuline A stimule la spermatogenèse par l'intermédiaire des cellules de Sertoli qui contrôle sa production par l'intermédiaire d'une autre hormone ; inhibine.
Nom : hormone de stimulation des cellules de Sertoli (FSH).

La gonadostimuline B agit sur la sécrétion de la testostérone.
Nom : ICSH : hormone de stimulation des cellules interstitielles (LH). Chez l'homme, la LH stimule le développement des cellules interstitielles de Leydig et la production des testostérone.

Solution 2

- 1 -
- Taille des coupes : petite en A, grande en B,
 - muqueuse utérine : peu développé en A, plus développé en B,
 - paroi conjonctivo-musculaire : elle est à peu près les mêmes dans les deux états,
 - cavité utérine : de petites invaginations en A et de nombreuses invaginations formant des dentelles

en B.

2 - Figure A : phase folliculaire,

BORD BLEU

- 3 – Figure B : phase lutéinique.
- Les hormones produites : les œstrogènes (folliculine et œstradiol) et progestérone.
 - Rôle des œstrogènes sur l'utérus.
 - irrigation sanguine accrue,
 - reconstitution de la muqueuse utérine et épaissement après la menstruation,
 - mise en place des glandes en tubes dans la muqueuse utérine.
- Rôle de la progestérone
- renforce l'action des œstrogènes sur l'endomètre et la muqueuse utérine,
 - épaissement de la muqueuse utérine,
 - spiralisation des vaisseaux sanguins,
 - formation des dentelles utérines à partir des tubes utérins
 - silence utérin.

III – Saisie de l'information et appréciation

Solution 1

- Relation hormonale.
 - La FSH agit sur les tubes séminifères,
 - La LH sur les cellules interstitielles.
 - La testostérone agit sur le complexe hypothalamo-hypophysaire et les tubes séminifères,
 - L'inhibine agit sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.
- La FSH et la testostérone,
 - La LH,
 - L'inhibine.

Solution 2

1 – Non les oviductes n'interviennent ni dans la formation, ni dans le système de la dentèle utérine ; le cycle est contrôlé par des hormones ovariennes.

- Oui, le mari doit donner des spermatozoïdes pour fécondation in vitro
 - Non, l'intervention d'une mère porteuse n'est pas nécessaire car l'utérus ne présente aucune anomalie pour l'implantation à faire.

3 – Condition d'intervention

- Pour le prélèvement de l'ovocyte, l'ovaire doit être à la phase de la ponte ovulaire ou œstrus.
- La muqueuse utérine doit développer et être richement vascularisée.

- Non car il y a 2 œufs mis en jeu : 02 enfants provenant du même œuf seront des vrais jumeaux entre eux et faux par rapport au troisième enfant venant de l'autre œuf
 - Cette possibilité existe car les spermatozoïdes fécondant les 2 ovocytes peuvent être tous deux X ou tous deux Y.
 - Oui car il y aura 2 provenant du même œuf et qui seront vrais jumeaux entre eux et faux jumeaux par rapport au 3^e venant de l'autre œuf.
 - Cette possibilité existe dans la mesure où les deux spermatozoïdes fécondants peuvent être l'un X et l'autre Y. Les enfants issus du même œuf seront alors du même sexe alors que l'autre issu de l'autre œuf sera d'un sexe différent.

IV – Exploitation des documents

Solution 2

- La comparaison porte sur les tubes séminifères et le tissu interstitiel :
 - les tubes séminifères d'un testicule cryptorchide ont une paroi formée d'une ou de deux assises de cellules seulement et leur lumière est dépourvue de spermatozoïdes,
 - le tissu interstitiel paraît normal.
- L'absence de spermatogenèse est évidemment à l'origine de l'**azoospermie** (sperme sans spermatozoïdes). Elle est la conséquence de la non-descente inguinale des testicules dans le scrotum où la température est inférieure à celle de la cavité abdominale.
 - l'activité subnormale des cellules de Leydig permet de comprendre que la puberté se déroule, la production de la testostérone n'étant pas gravement perturbée.

Solution 3

a) Une **glande endocrine** est une glande dont la sécrétion s'effectue dans le milieu intérieur, c'est-à-dire dans le sang ou dans la lymphe.

Une **glande exocrine** est une glande dont le produit de la sécrétion est excrété en dehors du milieu intérieur, donc dans le milieu extérieur.

b) L'hypophyse de B stimule les ovaires de A par voie sanguine et, en conséquence, par l'intermédiaire d'un facteur hormonal (gonadostimuline). L'hypophyse de B rythme le cycle des ovaires de A par la même voie. Enfin, les ovaires de A, par l'intermédiaire des hormones sexuelles sécrétées périodiquement, stimulent et rythment les cycles utérins de A et B.

Solution 4

1 - Par la préparation des animaux, (castration puis implant), l'expérimentateur veut s'assurer de la constance de la sécrétion de la testostérone, l'implant n'étant évidemment pas sensible à des variations éventuelles du taux de gonadostimuline. La recherche menée vise donc à ne faire varier qu'un seul paramètre (la fréquence des pulses de GnRH) pour tester l'effet de cette fréquence sur la libération des gonadostimulines. Le rétrocontrôle exercé sur cette libération par la testostérone est ici indépendant des taux variables de gonadostimulines.

2 - L'hypothalamus commande la libération des gonadostimulines hypophysaires grâce à un mécanisme de neurosécrétion : les neurones hypothalamiques déversent dans le sang, au niveau de la tige hypophysaire, la GnRH qui est capable de déclencher la libération de FSH et de LH.

3 - Il est clair que l'efficacité d'un pulse de GnRH est maximale lorsque, pendant 48 heures, le rat a été soumis à des pulses d'une fréquence de 2 pulses/heure.

On peut faire également remarquer que, dans ce cas, le pulse des gonadostimulines est suffisamment important pour que, une demi-heure plus tard, les concentrations plasmatiques de FSH et de LH soient encore élevées.

Solution 5

Chez le sujet témoin n'utilisant pas de contraceptif chimique, l'ovulation est normalement provoquée par le pic de LH survenant le 13^{ème} jour du cycle en réponse à l'augmentation de la concentration d'œstradiol (rétrocontrôle positif).

La méthode utilisée par Mme Carmichael se traduit par une sécrétion très basse et continue de FSH et de LH. L'absence du pic de LH explique l'absence d'ovulation.

L'absorption quotidienne du progestatif de synthèse impose un taux élevé et constant de cette hormone dans le sang : il y a alors rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, et donc disparition du pic de LH.

Par ailleurs, la FSH est également basse et constante : c'est un effet de rétrocontrôle négatif de l'œstrogène sur l'axe hypothalamo-hypophysaire.

En conséquence, il y a ni recrutement ni croissance du follicule dominant (principale source d'œstradiol). Il ne peut donc y avoir d'effet de rétroaction positive.

Le document met en évidence les deux leviers de la contraception chimique de ce type : pas de follicule dominant et pas d'ovulation.

Les règles sont déclenchées par la chute des hormones de synthèse puisque leur prise cesse le 21^{ème} jour du cycle.

Solution 6

A 1 **Grappe 1** : Jusqu'à 11 ans, il n'y a pas de production hormonale du testicule.

Grappe 2 : À 12 ans, la production hormonale des testicules commence et s'intensifie à partir de 13 ans, pour atteindre son maximum vers 20 ans.

Avant la puberté, les testicules ont une structure homogène. Après la puberté, il y a différenciation des tubes séminifères et du tissu interstitiel.

2 - La production hormonale n'est possible que dans un testicule structuré en tubes urinifères et en tissus interstitiels.

B - 1 Les fonctions testiculaires (fonctions endocrine et exocrine) sont sous la dépendance des hormones hypophysaires (LH et FSH).

2 - Les cellules interstitielles ou cellules de Leydig et les cellules de l'antéhypophyse ou hypophyse antérieure.

Solution 7

Expérience 1

L'hypophyse contrôle le fonctionnement de l'ovaire et de l'utérus.

Expérience 2

L'antéhypophyse a une action directe sur l'ovaire qu'elle stimule grâce à une substance véhiculée par le sang (hormone)

L'antéhypophyse agit sur l'utérus par l'intermédiaire de l'ovaire.

Expérience 3

L'hypothalamus postérieur commande le fonctionnement de l'antéhypophyse par l'intermédiaire des substances produites par les cellules neurosécrétrices dont les axones sont localisés dans la tige hypophysaire.

a) Oui.

L'hypothalamus qui est le siège des émotions commande le fonctionnement de l'antéhypophyse, responsable de l'activité des gonades et de l'utérus, donc des cycles sexuels ; or la guerre civile est à l'origine des émotions perturbatrices : Ce qui explique l'état physiologique de Madame Talla.

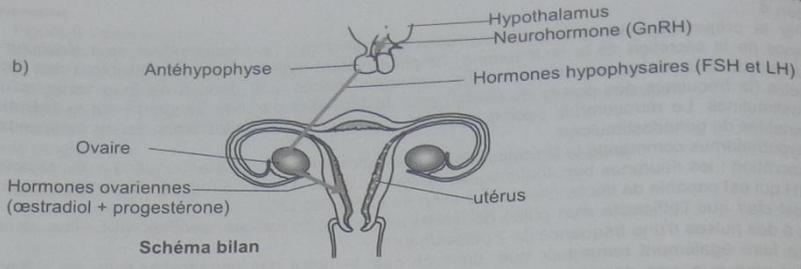


Schéma bilan

Solution 8

- 1 - Le taux de LH est constant et bas. Il n'y a notamment pas de pic de LH responsable de l'ovulation. Sans ovulation, il y a donc stérilité.
- 2 - Une semaine après le traitement, on observe un pic de LH. Les taux des hormones ovariennes montrent qu'il y a eu évolution d'un follicule (augmentation de la production d'œstrogènes) et transformation de celui-ci en corps jaune (sécrétion de progestérone). Il y a donc eu ovulation.
- 3 - Le clomifène inhibe l'action des œstrogènes sur le complexe hypothalamo-hypophysaire. On constate, quelques jours après son administration, une augmentation de la sécrétion de LH par l'hypophyse. Or les œstrogènes (à faible concentration) exercent un rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire. On peut donc penser que le clomifène a levé ce contrôle négatif, ce qui a permis une stimulation hypophysaire avec comme conséquence une augmentation de ses sécrétions.

Solution 9

- 1 - a) Vers la fin de la phase folliculaire (ou au 13^e jour du cycle) pour la LH et entre le 11^e et le 12^e jour les l'œstradiol.
- b) C'est le pic d'œstradiol qui déclenche le pic de la LH responsable de l'ovulation. Ces faits déterminant le cycle sexuel.
- 2 - Au deuxième moitié du cycle sexuel, la progestérone exerce un rétrocontrôle négatif.

Solution

- 1 - a) Vers la fin de la phase folliculaire (ou au 13^e jour du cycle) pour la LH et entre le 11^e et le 12^e jour les l'œstradiol.
- b) C'est le pic d'œstradiol qui déclenche le pic de la LH responsable de l'ovulation. Ces faits déterminant le cycle sexuel.
- 2 - Au deuxième moitié du cycle sexuel, la progestérone exerce un rétrocontrôle négatif.

Chapitre 12 : Deux exemples de régulation neuro-hormonale : la régulation de la glycémie et la régulation de la pression artérielle

I - Restitution organisée des connaissances

A - Questions à choix multiples (QCM)

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| 1 - b, | 4 - b, | 7 - c, | 10 - c, |
| 2 - a, | 5 - a, | 8 - b, | 11 - b. |
| 3 - a, | 6 - c, | 9 - b, | |

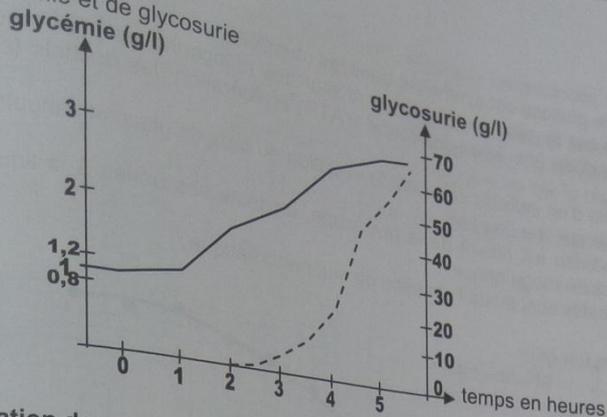
B - Questions à réponses ouvertes (QRO)

Solution 2

Malgré les variations de la glycémie au niveau de la veine porte dues aux prises discontinues de repas, la glycémie ne varie pas dans l'artère aorte par exemple.

Solution 3

1 - Graphe de glycémie et de glycosurie



Solutions des exercices

Interprétation des courbes

- * La courbe de la glycémie montre que celle-ci augmente fortement et anormalement après l'ablation puis plus lentement au bout d'environ 4 heures : l'ablation a provoqué un diabète.
- * La glycosurie n'apparaît clairement qu'à partir d'une glycémie de 1,9 g/l et elle augmente très fortement après dépassement de ce seuil : l'élimination du glucose en excès débute seulement à partir d'un seuil de glycémie élevée.
- 2 - Lorsque la glycémie dépasse un certain seuil dans le sang, la glycosurie intervient pour réguler une hyperglycémie trop élevée.
- 3 - * Cette expérience montre que l'ablation du pancréas provoque un diabète, donc une augmentation de la glycémie. Le pancréas endocrine joue donc un rôle hypoglycémiant.
* Les reins éliminent du glucose au-delà d'une glycémie de 1,9 g/l, ce qui baisse l'augmentation de cette dernière dans le sang.
- 4 - Le diabète sucré est caractérisé principalement par une hyperglycémie persistante, une glycémie à jeun supérieure à 2,6g/l et souvent par une glycosurie associée.

Solution 4

- 1 - Les cellules α , sécrétrices du glucagon, sont localisées à la périphérie des îlots de Langerhans. Les autres cellules des îlots ou cellules β sécrètent l'insuline.
- 2 - Ces deux types de cellules sont directement sensibles aux variations de la teneur en glucose du milieu environnant. Par exemple, une élévation du taux de glucose :
 - stimule la sécrétion d'insuline par les cellules β ,
 - inhibe la sécrétion de glucagon par les cellules α .Cette propriété permet une autorégulation : dans l'organisme, une hausse de la glycémie tend à être automatiquement corrigée car la libération de l'hormone hypoglycémiant est alors augmentée tandis que celle de l'hormone hyperglycémiant est diminuée.
Remarquons que l'importance biologique de l'insuline est très supérieure à celle du glucagon.
- 3 - Il lui faut posséder des récepteurs spécifiques à cette hormone.

II - Exploitation des documents

Solution 1

a) Expérience 1 :

Chez un sujet qui a subi l'ablation du pancréas, la glycémie augmente jusqu'à 4g/l de sang. On note également des troubles digestifs. Mais, l'ingestion des extraits pancréatiques corrige ces troubles et la greffe du pancréas impose la baisse de la glycémie à 1g/l (valeur normale). La suppression du greffon fait augmenter une fois de plus la glycémie.

Expérience 2 :

Chez un sujet normal dont on injecte de la substance S, le taux de glycémie baisse puis retrouve sa valeur normale après 8 heures de temps.

Le pancréas joue donc un rôle double :

- il maintient la glycémie,
- il produit le suc pancréatique.

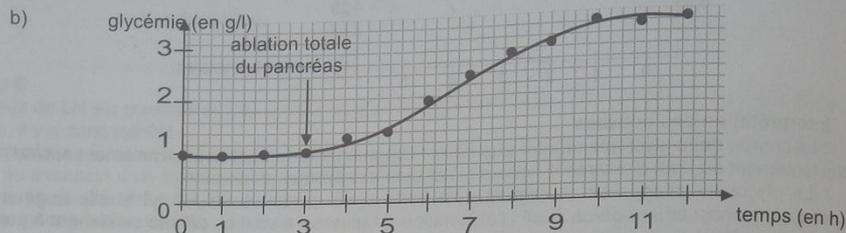
La substance S fait baisser la glycémie (hypoglycémiant). On peut l'appeler insuline.

- b) Puisque la substance S est transportée par le sang et modifiée à distance le fonctionnement de certaines cellules, c'est une hormone. Elle est de nature protéique.
- c) L'insuline (protéine) est administrée par injection pour éviter son hydrolyse par les protéases des sucs digestifs si on l'administre par voie buccale.

TERMINALE C

Solution 2

- A - 1 - En dehors du foie, le glucose est synthétisé dans les muscles.
 2 - Le glucose transporté par le sang est oxydé au niveau des mitochondries pour produire de l'énergie nécessaire à la vie de la cellule (stockée sous forme d'ATP) et libération des déchets (eau et dioxyde de carbone).
 B - 1 - La courbe b est celle d'un individu sain : car la variation du taux de glucose sanguin est très faible et est voisine de 1g de glucose par litre de sang.
 2 - Pour montrer qu'un individu est atteint de la glycosurie, on teste ses urines à la liqueur de Fehling à chaud et on obtient un précipité rouge brique.
 C - 1 a) Les troubles digestifs sont dus à l'absence du suc pancréatique.



c) Elle montre que la glycémie augmente progressivement quelques heures, après l'ablation du pancréas jusqu'à atteindre 3,3g/l en 12 heures.

La ligature du canal pancréatique bloque l'arrivée du suc pancréatique dans l'intestin grêle : d'où l'apparition des troubles digestifs. Le pancréas est donc une glande exocrine. Par contre, la ligature du canal pancréatique n'a aucun effet sur la glycémie, car l'insuline sécrétée par le pancréas est déversée dans le sang sans conduit excréteur : le pancréas est aussi une glande endocrine.

- 3 - a) On constate que la glycémie baisse dans le sang du chien et se maintient à sa valeur normale (1g/l).
 b) La suppression du greffon entraîne une augmentation de la glycémie.
 c) On peut citer la FSH, les œstrogènes ou la progestérone. L'ovariectomie totale entraîne la disparition de l'œstrus et la stérilité, la greffe des ovaires restaure les troubles.
 4 - a) a = Îlots de Langerhans, c) Insuline,
 b = Acini pancréatiques, d) Canal pancréatique.
 b) c'est parce qu'il sécrète à la fois le suc pancréatique par un canal excréteur (fonction exocrine) et les hormones déversées directement dans le sang (fonction endocrine).

Solution 3

- 1 - Après ingestion du sirop glucosé par un sujet à jeun, la glycémie passe rapidement de 1g/l à 1,8g/l. Deux heures plus tard la glycémie revient à sa valeur normale. L'organisme possède un mécanisme de régulation de la glycémie.
 2 - Le taux de glucose sanguin est variable dans la veine porte hépatique : il est inférieur à la normale après un jeûne et, supérieur après un repas riche en glucides. Par contre, ce taux est constant dans la veine sus-hépatique. Le foie est donc l'organe régulateur de la glycémie.
 3 - a) * **Individu normal** : Après ingestion du sirop, la glycémie augmente légèrement puis revient à la normale. Il n'y a pas de glycosurie.
 * **Individu atteint du diabète sucré** : Après ingestion du sirop, la glycémie augmente rapidement jusqu'à plus 2g/l puis revient à la valeur initiale (1,5g/l). La glycosurie apparaît lorsque la glycémie atteint 1,8g/l de sang, puis disparaît au bout d'au moins quatre heures.
 b) Le glucose est une substance à seuil pour les reins parce qu'il est éliminé dans les urines à partir d'une certaine valeur. Ce seuil est de 1,8g de glucose par litre de sang.

Solution 4

- 1 - * Fonction endocrine du pancréas : l'insuline et le pancréas sécrétés par les îlots de Langerhans.
 * Fonction exocrine du pancréas : suc pancréatique sécrété par les acini.
 2 - Courbe (a) : le glucagon entraîne une croissance de la glycémie.
 Courbe (b) : le glucagon diminue la teneur en glycogène du foie.
 3 - Etant donné que le glucagon provoque l'hydrolyse du glycogène en glucose, et que malgré le maintien des injections de glucagon, la glycémie baisse. On conclue que cette baisse est due à l'épuisement des réserves de glycogène, déjà peu importantes suite au jeûne prolongé. Il n'y a donc plus de source de glucose.
 4 - Le glucose sanguin provient de l'hydrolyse du glycogène du foie.
 5 - L'insuline a une action hypoglycémiant (fait baisser la glycémie).

- 6 - L'ablation du pancréas supprime à la fois les cellules α productrices du glucagon et les cellules β productrices de l'insuline.
L'injection d'alloxane ne détruit sélectivement que les cellules β productrices d'insuline pendant les cellules α continuent à produire du glucagon, d'où l'hyperglycémie plus élevée.
- 7 - L'ablation du foie provoque une baisse continue de la glycémie car la réserve du glycogène, source du glucose sanguin, a été supprimée.
L'animal ne tolère pas une glycémie trop basse : au-dessous d'un taux de 0,5 g/l il entre dans le coma, en-dessous de 0,4 g/l, il meurt.

III - Saisie de l'information et appréciation
Solution 1

- 1 - Le glycogène
2 - La glycogénolyse
3 - Cette transformation se fait au cours d'une hydrolyse enzymatique suivant l'équation :
- $$\text{Glycogène } (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Glucoses } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$
- 4 - Oui le foie peut produire du glucose à partir :
* des acides aminés (protéines)
* des acides gras (lipides)
- 5 - Insuline ; rôle hypoglycémiant,
Glucagon ; rôle hyperglycémiant

A

Aberration chromosomique ou anomalie chromosomique : altération de la structure d'un chromosome (délétion, duplication, inversion, translocation) ou du nombre de chromosomes (monosomie, trisomie, polysomie).

Acide lactique : produit final de la fermentation lactique ; c'est de l'acide pyruvique qui a été réduit par les transporteurs réduits (TH_2) au cours de la glycolyse.

Acidose : Diminution du pH sanguin. L'acidose métabolique est provoquée par une perte excessive de base ou une accumulation d'acide (acide lactique). L'acidose respiratoire est due à un défaut d'élimination du CO_2 .

Acrosome : vésicule dérivée de l'appareil de Golgi, située à l'extrémité de la tête du spermatozoïde et qui contient des enzymes capables de digérer la membrane de l'ovocyte lors de la fécondation.

Activation des lymphocytes B : Passage des lymphocytes B d'un état de repos à un état de grande activité cellulaire et moléculaire. Les lymphocytes B sont activés quand un type d'antigènes solubles se fixe sur leurs récepteurs membranaires.

Activation des lymphocytes T : Passage des lymphocytes T d'un état de repos à un état de grande activité cellulaire et moléculaire. L'activation des lymphocytes T est déclenchée à la suite d'un contact avec une cellule présentatrice d'antigène présentant du soi modifié.

Activation des macrophages : Augmentation de l'activité cellulaire des macrophages quand ils se fixent, par l'intermédiaire de leur soi modifié, à des lymphocytes T4.

ADN : sigle d'Acide DésoxyriboNucléique. C'est le support de l'information génétique.

Afférent : qui amène le message nerveux de la périphérie vers le centre nerveux.

Agglutination : agglomération de plusieurs cellules ou particules réalisée par des anticorps spécifiques.

Agglutinines : ce sont des anticorps naturels (anti-A et/ou anti-B) qui peuvent être présents dans le plasma sanguin et qui sont capables de lier les hématies entre elles.

Agglutinogènes : ce sont les antigènes A et B qui peuvent être présents sur la surface membranaire des hématies et qui sont capables de réagir de manière spécifique avec les agglutinines (anticorps).

Albinisme : Absence congénitale et totale de la mélanine dans la peau, le système pileux et les yeux.

Alcalose : augmentation du pH sanguin. L'alcalose respiratoire est due à une importante élimination de CO_2 à la suite d'une hyperventilation. L'alcalose métabolique est due à une élévation de la concentration en bicarbonate ou une perte importante d'acides.

Allèle : l'une des différentes versions possibles d'un même gène.
Ex : les groupes sanguins sont déterminés par trois allèles : O, A et B.

Allèles codominants : allèles présents chez un hétérozygote, qui produisent un phénotype en général intermédiaire entre ceux des parents de races pures. *Ex : le croisement d'une belle-de-nuit de couleur rouge avec une belle-de-nuit blanche donne en F_1 , des belles-de-nuit de couleur rose, couleur intermédiaire entre les parents. Les allèles blanc et rouge sont dits codominants.*

Allèle dominant : version d'un gène qui s'exprime toujours au niveau du phénotype. Il est représenté souvent par une lettre majuscule.
Ex. les allèles A et B des groupes sanguins sont dominants sur l'allèle O.

Allèle létal : version d'un gène qui, à l'état homozygote, provoque une maladie génétique très grave conduisant à la mort à court terme.

Allèle morbide : version d'un gène qui, à l'état homozygote est à l'origine d'une maladie génétique.

Allèle récessif : version d'un gène qui ne s'exprime pas au niveau du phénotype lorsqu'il est présent à un seul exemplaire dans le génotype (état hétérozygote). Il est représenté par la lettre minuscule.

Allèles semi-dominants : allèles dont les deux produits d'expression sont en principe représentés en même quantité. Ils sont représentés par les lettres majuscules. Ex : les allèles A et B du système ABO sont semi-dominants.

Allélomorphe : se dit d'un gène dont il existe plusieurs allèles.

Allergie : réaction de défense immunitaire hyper développée d'un individu à la suite de l'exposition ultérieure à un antigène donné. Les manifestations de l'allergie proviennent de la libération par les mastocytes d'histamine en réponse à la fixation sur leurs IgE membranaires qui ont été sécrétées en réponse à un premier contact avec l'allergène.

Allogreffe : transfert d'un tissu ou d'organe d'un individu (donneur) sur un autre (receveur) de la même espèce.

Amphimixie : fusion du pronucléus mâle et du pronucléus femelle au cours de la fécondation en une structure unique.

Anaphase : troisième stade de la mitose et de chacune des deux divisions de méiose. Elle est marquée par l'ascension polaire des chromatides au cours de la mitose et de l'anaphase II, et des chromosomes fissurés au cours de l'anaphase I.

Anatomie : Science qui étudie l'organisation interne des différents organes et appareils des êtres vivants (animal ou végétal).

Anatoxine : toxine microbienne à virulence atténuée.

Androgènes : Hormones mâles produites par les cellules endocrines des testicules (cellules interstitielles ou cellules de Leydig). Ce sont la testostérone et l'androstérone, mais, cette dernière est moins active que la première.

Anomalie chromosomique : synonyme aberration chromosomique.

Anomalie congénitale : anomalie présente dès la naissance. Elle peut être héréditaire ou non.

Anomalie génique : modification de la structure d'un gène.
Ex : Drépanocytose

Anticorps ou immunoglobulines :

LEXIQUE

protéines sécrétées dans le sang par les lymphocytes B devenus plasmocytes en réponse à la présence d'un antigène correspondant et participant ainsi à sa neutralisation. Les immunoglobulines sont classées en cinq classes principales : IgA, IgD, IgE, IgG, IgM.

Anticorps circulants : immunoglobulines (IgG, IgM) sécrétées dans le sang par les lymphocytes B devenus plasmocytes après avoir été stimulés par du non-soi.

Anticorps membranaires : ce sont des immunoglobulines reliées sur la membrane de chaque lymphocyte B et qui sont des récepteurs où vont se fixer les déterminants antigéniques. Un lymphocyte B n'exprime à sa surface qu'une seule catégorie d'anticorps membranaire.

Antigène : n'importe quelle substance ou cellule étrangère capable de provoquer une réponse immunitaire spécifique, soit par la formation d'anticorps circulants, soit par l'activation de lymphocytes T auxquels des fragments de l'antigène ont été présentés sous forme de soi modifié.

Antitoxines : molécules capables de neutraliser une toxine.

Arborisation terminale : extrémité ramifiée d'un neurone qui établit des synapses avec des neurones ou d'autres cellules qui sont effectrices.

Arbre généalogique : représentation conventionnelle qui montre les liens parentaux qui unissent les différents membres d'une famille donnée. On représente, les hommes par des carrés, les femmes par les cercles, les individus atteints d'une maladie génétique par un signe dans le symbole précédent. Le trait horizontal entre deux individus de sexes différents représente le mariage, le chiffre romain le numéro de la génération et le chiffre arabe, le numéro de l'individu dans la génération.

Arc réflexe : trajet suivi par le message nerveux de l'organe récepteur (peau) à l'organe effecteur (muscle ou glande).

ARN : sigle de l'Acide RiboNucléique. Polymère de ribonucléotides. Il existe des ARNm, ARNpm (ARN pré-messager), ARNt, ARNr.

Aster : assemblage de microtubules se développant dans la cellule à partir des

TERMINALE C

centrioles et migrant à chaque extrémité du fuseau de division. Il est absent des cellules végétales.

Autogreffe : transfert d'un tissu d'un individu sur une autre partie de son corps.

Autotrophie : propriété d'un être vivant qui consiste à fabriquer de la matière organique à partir de la matière minérale et de l'énergie.

Autosome : n'importe quel chromosome autre que les chromosomes sexuels.

Atavisme : apparition chez un individu des caractères masqués chez les ascendants directs.

ATP : sigle d'Adénosine TriPhosphate. Nucléotide triphosphate qui est le donneur d'énergie le plus important des cellules. Les liaisons entre les deux derniers groupes phosphate est riche en énergie, son hydrolyse donne 30 kJ.

B

Back-cross ou croisement en retour : Croisement entre un individu de la génération F₁ (hybride) et un parent.

Base azotée : molécule cyclique contenant et entrant dans la constitution des acides nucléiques.

Basophile : certaines catégories de polynucléaires ou granulocytes.

Bébé éprouvette : expression pour indiquer qu'une fécondation a été réalisée *in vitro*, suivi d'un transfert d'embryon dans l'utérus.

Bicaténaire : se dit d'un acide nucléique formé par deux brins complémentaires reliés par les liaisons hydrogène entre bases azotées complémentaires.

Biocatalyseur : voir enzyme.

Biosynthèse : fabrication d'une molécule organique par un être vivant à l'aide d'une suite de réactions enzymatiques.

Bivalent : Structure formée de deux chromosomes homologues appariés qui contiennent les quatre chromatides. Les bivalents se forment au cours de la prophase de la première division de méiose et persistent jusqu'au début de l'anaphase I quand les deux homologues qui les composent se disjoignent.

BORD BLEU

Brin codant : brin d'ADN qui a la même séquence (à l'exception de T) que l'ARNm.

Brin non codant : brin d'ADN qui est transcrit en ARN, ces deux brins d'acides nucléiques ont donc des séquences complémentaires.

Brin non transcrit : brin d'ADN complémentaire du brin transcrit.

Brin transcrit : brin d'ADN qui sert de matrice à la formation de l'ARN.

Brassage chromosomique : ensemble des recombinaisons génétiques qui ont lieu lors des brassages intrachromosomique et interchromosomique, puis lors de la fécondation.

Brassage interchromosomique : Répartition aléatoire des chromosomes dans les cellules filles au cours de l'anaphase I de méiose.

Brassage intrachromosomique : Création de nouvelles combinaisons d'allèles entre deux chromosomes homologues par le phénomène de crossing-over au cours de la prophase I de méiose.

C

Canal déférent ou spermiducte : canal d'évacuation des spermatozoïdes.

Canal ionique : passage formé par un ensemble de protéines transmembranaires, présent dans la membrane des cellules et qui laisse diffuser différents ions. Dans les neurones, les canaux (ioniques) voltage-dépendants et les canaux (ioniques) chimio-dépendants.

Canal (ionique) chimiodépendant : protéines transmembranaires appelées aussi protéines canal, associées à un récepteur sur lequel se fixe un neurotransmetteur (d'où le terme chimiodépendant). Ce type de canal se trouve au niveau de la membrane postsynaptique (neurone, cellule musculaire). La fixation de cette molécule déclenche un changement conformationnel dans la protéine canal, ce qui entraîne son ouverture et les ions peuvent diffuser du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré.

Canal (ionique) voltage-dépendant : protéines transmembranaires permettant une

diffusion d'un type d'ions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}). Ces canaux se trouvent dans la membrane des neurones. Leur ouverture est fonction de la tension électrique locale.

Capacitation : ensemble des transformations subies par le spermatozoïde lors de son transit dans les voies génitales femelles lui permettant d'acquérir le pouvoir fécondant.

Caractères sexuels primaires : Ce sont les conduits génitaux et organes copulateurs qui différencient les individus des deux sexes.

Caractères sexuels secondaires : ensemble des différences morphologiques et physiologiques qui différencient les mâles des femelles.
Ex. voix, épaule, bassin, règles, pilosité, seins, production des hormones...

Carte génétique ou **carte factorielle** : représentation du chromosome indiquant la position relative des gènes les uns par rapport aux autres.

Caryogamie : fusion des membranes des pronucléi au cours de la fécondation où les lots de chromosomes haploïdes de chaque gamète sont regroupés pour former un noyau diploïde.

Caryotype : C'est le nombre et la forme des chromosomes d'une cellule rangés en paires et par ordre décroissant.

Castration : opération qui consiste à enlever les testicules chez les mâles et les ovaires chez les femelles.

Catabolisme : ensemble des voies de dégradation des molécules organiques (glycolyse, respiration et fermentation) et libération d'énergie.

Catalyseur : substance qui accélère les réactions chimiques mais qui n'est pas transformée après la réaction.

Cellule : C'est la plus petite unité constitutive et fonctionnelle de tout être vivant (animal ou végétal).

Cellules germinales : ou cellules immortelles : Ce sont les cellules qui interviennent dans la reproduction sexuée.
Ex : Les cellules reproductrices.

Cellule immunocompétente : cellule capable de produire une réponse immunitaire

à la suite d'une rencontre avec un antigène ou du soi modifié.

LEXIQUE

Cellules de Leydig ou cellules interstitielles : ce sont les cellules situées dans le tissu interstitiel des tubes séminifères.

Cellule phagocytaire : cellule capable d'ingérer des particules solide y compris d'autres cellules. Par le processus d'endocytose.

Cellule présentatrice d'antigène (CPA) : cellule capable d'associer dans son cytoplasme un fragment d'antigène du non-soi aux molécules de CMH.

Cellules somatiques ou cellules mortelles : c'est l'ensemble des cellules du corps en dehors des cellules reproductrices.

Centriole : Structure double formée par 9 triplets de microtubules, les deux centrioles sont présents près du noyau. Ils sont à l'origine des asters. Cet organite cellulaire est présent seulement chez les animaux les végétaux inférieurs.

Centromère : Zone du chromosome où se fixent les fibres motrices de fuseau de division cellulaire. Le centromère est une zone de jonction entre deux chromatides sœurs d'un même chromosome.

Centrosome : région du cytoplasme qui contient les deux centrioles.

Chromatide : produit de la duplication d'un chromosome. Une chromatide ne contient qu'une molécule d'ADN.

Chromatine : ensemble formé par la molécule d'ADN et les protéines nucléaires sur lesquelles elle s'enroule.

Chromosome : support de gènes.

Chromosomes homologues : chromosomes identiques par la taille et la forme, portant les mêmes gènes sur les mêmes emplacements ; mais qui n'ont pas obligatoirement les mêmes allèles.

Chromosomes sexuels ou gonosomes ou hétérochromosomes : chromosomes appartenant à une paire responsable de la détermination du sexe, XX pour la femme et XY pour l'homme.

Chronaxie : c'est le temps minimum nécessaire pour qu'un courant d'intensité double de la rhéobase soit efficace.

TERMINALE C

Clone : ensemble de cellules, ou d'individus, ayant des caractéristiques génétiques parfaitement identiques. Un clone donné dérive par reproduction conforme (mitose) d'une cellule originelle.

Code génétique : code établissant la correspondance entre une séquence en nucléotides et un acide aminé.

Codon : séquence de trois nucléotides d'un ARNm codant pour un acide aminé ou pour un codon stop.

Codon d'initiation : codon de l'ARNm spécifiant la méthionine (AUG). Ce codon est le premier à prendre place dans le site P du ribosome.

Codon faux-sens : codon qui, à la suite d'une mutation, est devenu un codon stop, ce qui provoque l'arrêt immédiat de la traduction de l'ARNm et donc une chaîne polypeptidique incomplète.

Codon non-sens : codon qui, à la suite d'une mutation, code pour autre acide aminé que celui qui était présent avant la mutation.

Codon-stop : un des trois codons qui ne correspond pas à un ARNt.

Conduction saltatoire : Mode de propagation de l'influx nerveux dans les fibres myélinisées ou l'influx nerveux saute d'un nœud de Ranvier au nœud suivant.

CMH ou HLA (en anglais) : sigle de Complexe Majeur d'Histocompatibilité. Ce sont les gènes qui expriment des marqueurs de la surface de toutes les cellules nucléées.

Complément : ensemble d'une vingtaine de protéines du sérum sanguin fabriqué par le foie et donc le rôle est de compléter et d'amplifier l'action des anticorps.

Complexe hypothalamo-hypophysaire : Ensemble constitué par l'hypophyse, glande endocrine, et par l'hypothalamus, structure nerveuse cérébrale responsable de la commande neurohormonale.

Complexe immun : ensemble formé par un antigène et son anticorps spécifique.

Conduction saltatoire : mode de propagation du message nerveux dans les fibres myélinisées où l'influx nerveux saute d'un nœud ou étranglement de Ranvier au nœud suivant.

Congénitale : qualifie une anomalie présente dès la naissance.

Consanguin : ce sont des individus génétiquement apparentés.

Contraception : méthodes utilisées pour empêcher de façon réversible qu'un rapport sexuel ne débouche à une grossesse. Les différentes techniques de contraception font appel à des **méthodes mécaniques** (préservatif, diaphragme) pour prévenir la rencontre des gamètes, des **méthodes chimiques** (spermicides) pour tuer les spermatozoïdes et des **méthodes hormonales** (pilules) pour empêcher l'ovulation ou la nidation.

Contraception : (Ce terme dérive de la contraction de « contre la gestation »). C'est un ensemble de méthodes qui s'opposent au développement de la cellule œuf issue de la fécondation. Le **RU 486** est le premier contraceptif. Le stérilet est aussi un contraceptif.

Coopération cellulaire : influence des différentes cellules du système immunitaire, les unes sur les autres.

Corps cellulaire ou péricaryon ou soma : Partie du neurone contenant le noyau et située dans la substance grise d'un centre nerveux et dans les ganglions rachidiens.

Corps jaune : résultat de la transformation du follicule mûr après ovulation, en une structure glandulaire. En cas de gestation, le corps jaune persiste et continue à produire de la progestérone avant d'être relayé par le placenta.

Croisement en retour : voir back-cross.

Croisement test ou test cross : Croisement entre un individu à caractère dominant dont on veut connaître le génotype (homozygote ou hétérozygote) avec un individu récessif. Si la génération obtenue est polymorphe alors il est hétérozygote ; dans le cas contraire, il est homozygote.

Crossing-over ou enjambement : Echange de fragments homologues de chromatides entre deux chromosomes homologues en prophase I de méiose.

Cycle menstruel : ensemble des transformations périodiques (28 jours en moyenne chez la femme) touchant les muqueuses utérine et vaginale.

Cytodiérèse : division du cytoplasme au cours de la division cellulaire.

D

Daltonisme : anomalie de la vision des couleurs due à un allèle récessif porté par le chromosome sexuel X.

Délai synaptique : durée nécessaire pour qu'un message nerveux traverse une synapse.

Délétion : perte d'un fragment de matériel génétique, de la simple paire de bases à une portion plus ou moins importante d'un chromosome.

Délivrance : expulsion des annexes (membrane et placenta) du fœtus à terme.

Dendrite : partie du neurone adaptée à la réception des signaux.

Déplasmolyse : retour de l'eau dans une cellule après que celle-ci l'ait perdue au cours d'une plasmolyse. L'entrée d'eau dans une cellule la conduit à un état turgescent.

Dépolarisation : réduction de la différence de potentiel électrique de part et d'autre d'une cellule à la suite d'un flux entrant d'ions positifs. La dépolarisation est due à un courant entrant.

Déterminant antigénique : site particulier d'un antigène qui détermine à lui seul une réponse immunitaire spécifique par l'intermédiaire des lymphocytes B ou des lymphocytes T.

Diabète : terme médical définissant un trouble comprenant une soif intense et une élimination importante d'urine ; le diabète sucré désigne la maladie s'accompagnant d'une élimination d'urines sucrées. On distingue aujourd'hui deux grands types de diabète (type 1 et type 2).

Diagnostic prénatal ou anténatal : recherche d'anomalies chromosomiques et génétiques sur les chromosomes du fœtus à naître. Le prélèvement des cellules du fœtus se fait par les techniques de choriocentèse, d'amniocentèse ou de cordocentèse. Le diagnostic prénatal est fondé sur l'étude du caryotype, sur la recherche de protéine anormale par électrophorèse et sur l'observation morphologique du fœtus par échographie.

BORD BLEU

Dialyse : procédé employé pour séparer différents substances dissoutes d'un liquide et consistant à leur faire traverser une membrane.

LEXIQUE

Diapédèse : capacité qu'ont les globules blancs du type phagocyte de passer à travers la paroi des vaisseaux sanguins et à se retrouver dans la lymphe.

Différenciation cellulaire : acquisition par une cellule non spécialisée d'un caractère spécifique.

Diffusion simple : c'est une diffusion non assistée de solutés travers la membrane plasmique.

Dihybridisme : c'est un croisement dans lequel les deux parents se distinguent par deux caractères.

Diploïde : qualifie une cellule ou un organisme qui possède des paires de chromosomes homologues.

Disjonction : répartition équitable des chromosomes lors de la première division de la méiose et la séparation des chromatides lors de la mitose et de la deuxième division de la méiose.

Division équationnelle : division d'une cellule dans laquelle le nombre de chromosomes est conservé. La mitose et la deuxième division de méiose sont équationnelles.

Division réductionnelle : première division de méiose qui réduit de moitié le nombre de chromosomes à l'anaphase I. Elle permet un brassage intra et interchromosomique des gènes. Elle conduit à partir d'une cellule diploïde, à deux cellules filles haploïdes possédant n chromosomes formés de deux chromatides.

Drépanocytose : Maladie génétique due à une mutation sur un gène contrôlant la synthèse d'une chaîne β de l'hémoglobine. La valine remplace l'acide glutamique.

E

Endocrine : qualifie, une cellule ou une glande qui déverse ses produits de sécrétion directement dans le sang sans l'intermédiaire d'un canal excréteur.

TERMINALE C

Endocytose : capacité que possèdent certaines cellules à réaliser une invagination de leur membrane plasmique et à intégrer les particules extérieures à l'intérieur d'une vésicule membranaire formée par la membrane plasmique retournée.

Enjambement : voir crossing-over.

Exocytose : fusion d'une vésicule membranaire avec la membrane plasmique, puis libération de son contenu dans le milieu extracellulaire.

Exon : séquence d'ADN transcrite en ARNpm (ARN pré messager) et conservée dans l'ARNm.

Expansion clonale : prolifération des lymphocytes immunocompétents après leur rencontre avec le déterminant antigénique ou le soi modifié.

F

Facteur rhésus : antigène membranaire trouvé sur les hématies dans une certaine proportion de la population humaine.

Fécondation : fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle en un œuf (zygote).

Feed-back : voir rétrocontrôle.

Femme vectrice ou conductrice : femme qui, dans une maladie génétique récessive liée aux chromosomes sexuels, ne présente pas la maladie à l'état hétérozygote ; mais transmet l'allèle de la maladie à ses descendants.

Ex. : les femmes hétérozygotes pour le daltonisme, l'hémophilie et la myopathie de Duchenne sont vectrices.

FIVETE : sigle de **Fécondation In Vitro Et Transfert d'Embryon**. Fécondation en laboratoire à partir de spermatozoïdes et d'ovocytes II dans un tube à essai ou sur une lame de verre. Elle s'emploie dans les cas où la fécondation par voie naturelle est impossible.

Follicule ovarien : c'est une structure formée par un ovocyte entourée par plusieurs cellules folliculaires.

FSH : sigle anglais de Follicle Stimulating hormone. Folliculostimuline sécrétée par l'hypophyse antérieure chez l'homme comme chez la femme. Elle provoque chez la femme

la croissance des follicules. Chez le mâle, elle stimule la spermatogenèse.

G

Gamètes : cellules reproductives haploïdes mâles (spermatozoïde) ou femelles (ovule) dont la fusion formera un œuf.

Gamétogenèse : c'est un ensemble de divisions cellulaires et de transformations qui conduisent à la formation des gamètes. Elle regroupe la spermatogenèse et l'ovogenèse.

Gène : unité d'information génétique responsable de l'expression des caractères de l'individu.

Gènes indépendants : gènes portés par des paires de chromosomes différents.

Gènes liés : gènes portés par la même paire de chromosome.

Gène lié au sexe : gène porté par le chromosome sexuel.

Génome : totalité des gènes d'une cellule ou d'un organisme.

Génétique : partie de la biologie qui est concernée par l'étude et le fonctionnement du matériel héréditaire (ADN, gènes)

Génotype : ensemble des allèles d'un gène gouvernant un caractère.

Ex. Le groupe B a pour génotype BB ou BO, et A a pour génotype AA ou AO.

Germen : ensemble de cellules souches sexuelles et des cellules qui en dérivent.

Glande endocrine : glande qui déverse directement le produit de sa sécrétion dans le sang.

Ex. : hypothalamus, hypophyse, testicules, ovaires, ...

Glande exocrine : glande qui déverse le produit de sa sécrétion par un canal dans le milieu extérieur.

Ex. : glandes salivaires, intestinales, testiculaires, ovariennes, ...

Glande reproductrice : organe qui produit les gamètes.

Glucagon : hormone sécrétée par les cellules α du pancréas endocrine. Son action est hyperglycémisante.

Glycémie : taux de glucose présent dans le sang. La valeur normale moyenne se situe autour de 1 g/l.

Glycogénogenèse : synthèse dans le foie ou le muscle, de glycogène, à partir du glucose sanguin.

Glycogénolyse : dégradation du glycogène en de nombreux glucoses phosphates.

Glycolyse : dégradation dans le hyaloplasme du glucose en acide pyruvique. Elle est anaérobie et libère l'énergie nécessaire à la synthèse de deux molécules d'ATP. Elle est commune à la respiration et à la fermentation.

GnRH ou gonadolibérine : Sigle anglais de Gonadotrophin Releasing hormone. Hormone produite de manière pulsatile par certains neurones de l'hypothalamus et qui stimule la libération de FSH et de LH aussi bien chez les mâles que chez les femelles.

Gonade : organe reproducteur où se déroule la formation des gamètes.

Gonadostimulines ou gonadotrophines ou gonadotropines ou hormones gonadotropes: groupe d'hormones hypophysaires comprenant la **LH**, la **FSH** et la **HCG** qui stimule l'activité des gonades (ovaires et testicules).

Greffe : transfert d'un tissu ou d'un organe d'un donneur à un receveur.

Grossesse extra-utérine ou ectopique : toute implantation de l'œuf en dehors de la muqueuse utérine ou endomètre.

H

Haploïde : qualifie une cellule ou un organisme qui possède un seul jeu de chromosomes.

Ex. *Spermatozoïde, ovule.*

Hémiperméable : caractérise une membrane qui laisse passer uniquement l'eau, mais pas les substances dissoutes.

Hémolyse : destruction des globules rouges à la suite d'une entrée d'eau provoquant un choc osmotique qui détruit la membrane plasmique et fait éclater la cellule.

Hérédité gonosomique : hérédité dont l'allèle responsable est porté par le chromosome sexuel.

BORD BLEU

LEXIQUE

Hétérochromosome : voir chromosome sexuel.

Hétérogreffe : greffe entre deux individus appartenant à des espèces différentes.

Hétérozygote : individu qui possède deux allèles différents d'un même gène.

HLA ou CMH (en français) : sigle de Human Leucocyte Antigen. Antigènes présents à la surface de toutes les cellules d'un individu et qui définissent le soi.

Homéostasie : maintien de la constance du milieu intérieur.

Homozygote : individu qui possède les deux allèles identiques d'un même gène.

Hormone : messager chimique sécrété dans le sang par une glande endocrine et qui agit à distance sur des cellules ou des tissus cibles.

Hybridation : croisement entre deux lignées pures différant par un ou plusieurs caractères.

Hybride : individu issu du croisement entre deux individus appartenant à deux espèces différentes.

I

Identité biologique : ensemble des caractères génétiques d'un individu qui le rendent différent des autres membres de son espèce.

Immunité : capacité à résister, à limiter le développement et à se débarrasser d'une maladie après avoir été infecté par des microbes ou des parasites.

Immunité à médiation cellulaire : immunité faisant intervenir les lymphocytes cytotoxiques comme effecteurs de la réponse immunitaire.

Immunité à médiation humorale : immunité faisant intervenir des anticorps spécifiques comme effecteurs de la réponse immunitaire.

Immunodéficiences : déficit dans la capacité de l'organisme de produire une réponse immunitaire effective.
Ex. : SIDA. Il est dû à la destruction des lymphocytes T4 par le VIH.

Immunologie : science qui étudie l'immunité.

TERMINALE C

Influx nerveux : signal qui se propage le long d'une fibre nerveuse ou d'un nerf à partir du point d'excitation.

Insémination artificielle : introduction artificielle des spermatozoïdes « préparés » dans la cavité utérine.

Interleukine : messager chimique sécrété par les différentes cellules du système immunitaire et qui agissent à distance sur d'autres cellules de ce système. On peut considérer les interleukines comme les hormones du système immunitaire

Interneurone : neurone de petite dimension du système nerveux central qui lie deux neurones.

Intron : séquence d'ADN transcrite, puis excisée lors de la maturation de l'ARNpm.

Isogreffe : Greffe entre deux individus génétiquement identiques.

Insulinémie : taux d'insuline dans le sang.

L

Leucocyte ou globule blanc : cellule sanguine responsable de la défense de l'organisme.

Ex. : monocytes, granulocytes, plasmocytes, lymphocytes, macrophages.

Lignée pure : c'est une population à l'intérieur de laquelle aucune sélection n'est efficace.

Locus : emplacement précis d'un gène sur un chromosome.

Lymphocytes : catégorie de globules blancs, agent de l'immunité spécifique. Il existe deux grands groupes : Les lymphocytes B (LB) et les lymphocytes T (LT).

Lysosome : vésicule intra cytoplasmique contenant des enzymes digestives.

M

Macrophage : cellule qui provient de la transformation d'un monocyte dans les tissus.

Maladie auto-immune : maladie due à l'attaque et à la destruction des cellules d'un individu par son propre système immunitaire.

Maladie autosomale : maladie héréditaire dont l'allèle responsable est porté par une paire d'autosomes.

Ex. : La drépanocytose, l'albinisme.

Maladie dominante : maladie héréditaire dont l'allèle taré est dominant.

Maladie génétique : c'est une maladie due soit à la modification de la structure d'un chromosome, soit à la modification de la structure d'un gène.

Maladie gonosomique ou liée au sexe : maladie héréditaire dont l'allèle responsable est porté par le chromosome sexuel.

Ex. : Le daltonisme, hémophilie, myopathie de Duchenne.

Maladie opportuniste : maladie infectieuse ou non qui se développe quand l'individu présente une immunodéficience.

Maladie récessive : maladie héréditaire dont l'allèle taré est récessif.

Mastocyte : granulocyte capable, par dégranulation, de libérer l'histamine en réponse à la fixation d'un antigène sur ses anticorps IgE membranaires.

Médecine prédictive : science permettant d'aboutir à un diagnostic prénatal sur la santé du futur enfant.

Méiose : suite de deux divisions cellulaires successives qui, à partir d'une cellule diploïde, donnent quatre cellules haploïdes.

Mémoire immunitaire : capacité que possède le système immunitaire de réagir plus rapidement et plus efficace lors des contacts ultérieurs avec un antigène déjà reconnu.

Ménopause : cessation définitive et physiologique de la fonction utérine (règles) et des deux fonctions des ovaires.

Milieux isotoniques : milieux d'égale pression osmotique (concentration).

Milieu hypertonique ou milieu le plus concentré : milieu de forte pression osmotique.

Milieu hypotonique ou milieu le moins concentré : milieu de faible pression osmotique.

Mitose : c'est une division cellulaire qui, à partir d'une cellule, on obtient deux cellules identiques à la cellule mère.

Monohybridisme : croisement dans lequel les deux parents se distinguent par un seul caractère.

Monosomie : anomalie chromosomique caractérisée par l'absence d'un chromosome sur une paire de chromosomes homologues
Ex. : syndrome de Turner.

Mutation : modification de la séquence des nucléotides de l'ADN, ou d'une manière plus générale, toute modification héréditaire du matériel génétique. Dans un organisme pluricellulaire, seules se transmettent à la descendance les mutations germinales. Les mutations somatiques ne se transmettent qu'aux cellules issues par mitoses de la cellule mutée.

Mutation chromosomique : modification du matériel héréditaire qui affecte tout ou une partie d'un chromosome et qui est visible sur le caryotype.

Mutation faux-sens : Mutation ponctuelle conduisant au remplacement d'un acide aminé par un autre dans la chaîne polypeptidique.

Mutation non-sens : Mutation ponctuelle conduisant au remplacement d'un acide aminé par un codon stop, ce qui provoque un arrêt prématuré de la traduction de l'ARNm et donc une chaîne polypeptidique incomplète.

Mutation ponctuelle : modification d'une seule paire de bases dans la molécule d'ADN lors de la réplication ou lors de l'intervention d'un agent mutagène. Ex. : trois types de mutations ponctuelles existent : par **substitution** (un nucléotide est remplacé par un autre), par **délétion** (un nucléotide est supprimé), par **addition** (un nucléotide est ajouté).

Mutation silencieuse : mutation ponctuelle ne conduisant pas à la modification d'acide aminé dans une chaîne polypeptidique. Elle est due à la redondance du code génétique.

N

Noyau : organite cellulaire de grande taille qui caractérise les cellules eucaryotes.

Néoglucogenèse : synthèse du glucose, dans les cellules du foie à partir du substrat non glucidique (lactate, acides aminés, glycérol)

Neurohormone : hormone produite par des neurones sécréteurs situés dans l'hypothalamus et véhiculée par le sang pour agir sur des cellules cibles.

Neurone ou cellule nerveuse : c'est l'unité fonctionnelle du système nerveux, constituée d'un corps cellulaire, des dendrites et d'un axone.

Neurotransmetteur ou médiateur chimique : molécule libérée par l'arborisation terminale d'un neurone en réponse à l'arrivée d'un message nerveux de nature électrique.

Nidation ou implantation : fixation de l'embryon dans l'endomètre.

Non-soi : c'est tout ce qui est reconnu comme étranger à l'organisme et sera éliminé par une réaction immunitaire.

O

Œstrogènes : hormones synthétisées par la thèque interne, la granulosa du follicule ovarien, le corps jaune et le placenta en cas de grossesse. La plus active est l'œstradiol.

Organes lymphoïdes centraux : organes où les lymphocytes sont produits et où ils subissent leur maturation.
Ex. : moelle osseuse et thymus.

Organes lymphoïdes périphériques ou secondaires : organes dans lesquels les lymphocytes entrent en contact avec les antigènes ou le soi modifié, ce qui déclenche leur prolifération et leur différenciation.
Ex. : les ganglions lymphatiques, la rate les amygdales.

Osmose : passage d'eau à travers une membrane hémiperméable du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.

Oxydation : réaction chimique au cours de laquelle une espèce perd les électrons. Cela revient à céder les électrons à un oxydant tel que le dioxygène ou le dichlore.

Oxydoréduction : réaction impliquant un transfert d'électrons. La molécule ayant perdu l'électron est oxydée par l'oxydant qui se trouve alors réduit, il y a alors eu oxydation par la perte d'un électron.

Ovogenèse : ensemble des transformations et des divisions cellulaires qui conduisent les ovogonies à la formation des gamètes femelles ou ovules.

P

Parabiose : opération expérimentale qui consiste à établir une connexion sanguine entre deux ou plusieurs animaux. Elle peut être naturelle : cas des **siamois**.

Parturition ou **accouchement** : phénomène physiologique de l'évacuation du produit de la fécondation.

Période réfractaire : période durant laquelle une région de la membrane plasmique d'un neurone n'est plus excitable.

Perméable : caractérise une membrane biologique ou artificielle qui laisse passer à la fois l'eau (solvant) et les substances dissoutes (soluté).

pH ou **potentiel hydrogène** : coefficient qui caractérise l'acidité, la neutralité ou la basicité d'un milieu.

Phagocytose : attraction, capture, emprisonnement et digestion des microbes par les phagocytes (polynucléaires et les macrophages).

Phénotype : ensemble des caractères apparents d'un individu.

Photosynthèse : synthèse de molécules organiques à partir de dioxyde de carbone, d'eau, de sels minéraux et de la lumière.

Pinocytose : ingestion de particules de petites dimensions ou matériel liquide...

Pic de LH : augmentation brusque du taux de LH plasmatique 24 à 36 heures avant l'ovulation et qui en est responsable.

Placenta : organe d'échanges trophiques qui se forme entre l'embryon et la mère.

Plasmocytes : cellules productrices d'anticorps se différenciant à partir des lymphocytes B activés spécifiquement par un antigène.

Plasmodesme : continuité cytoplasmique et membranaire au travers des parois de cellules végétales adjacentes. Les plasmodesmes se forment au moment de la

division cellulaire quand les microtubules du fuseau de division persistent dans le plan équatorial là où se forme la nouvelle paroi.

Plasmolyse : départ d'eau d'une cellule à la suite de sa mise dans une solution hypertonique. La **vacuole** se vide par **osmose** et la membrane plasmique se décolle de la paroi squelettique. Le contenu vacuolaire devient plus concentré.

Polymorphisme : présence au sein d'une espèce de plusieurs catégories différentes d'individus.

Ex. : souris grise et souris blanche, individu daltonien et individu sain.

Polysome : ensemble des ribosomes reliés entre eux par un ARN messager et qu'ils sont entrain de traduire.

Polyspermie : fécondation d'un ovocyte par plusieurs spermatozoïdes.

Potentiel d'action : inversion transitoire du potentiel de membrane se propageant le long de la fibre nerveuse.

Potentiel de repos : différence de potentiel existant dans toutes les cellules entre l'intérieur et l'extérieur d'une cellule vivante en l'absence de stimulation. Cette valeur est de l'ordre de -70 mV.

Progestérone : hormone sécrétée par le corps jaune qui prépare et maintient la grossesse.

R

Récepteur antigénique : protéine de surface des lymphocytes B et des lymphocytes T qui se lie spécifiquement à un déterminant antigénique ou un type de soi modifié.

Récepteur membranaire : Protéine présente à la surface de la membrane d'une cellule et qui est capable de lier des molécules les hormones et les neurotransmetteurs.

Récepteur sensoriel : structure capable de transformer un agent physique ou chimique en influx nerveux.

Redondance : propriété du code génétique par laquelle plusieurs codons de l'ARNm peuvent correspondre à un même acide aminé.

Réduction chromosomique : diminution de moitié du nombre de chromosomes dans une cellule diploïde.

Répertoire immunologique : ensemble des récepteurs B et des récepteurs T présents à la surface des différents clones des lymphocytes B et lymphocytes T et permettant de reconnaître le non-soi.

Repolarisation : retour du potentiel de membrane, après une dépolarisation à sa valeur initiale.

Réplication (de l'ADN) : mécanisme par lequel la quantité d'ADN double dans une cellule. Il est semi conservatif : le brin d'ADN parental modèle est copié et conservé dans la nouvelle molécule d'ADN double brin.

Réponse immunitaire à médiation cellulaire : voir immunité à médiation cellulaire

Réponse immunitaire à médiation humorale : voir immunité à médiation humorale.

Réponse immunitaire primaire : réaction spécifique du système immunitaire après un premier contact avec l'antigène.

Réponse immunitaire secondaire : réaction spécifique du système immunitaire après un contact ultérieur avec l'antigène.

Rétrocontrôle : ou **rétroaction** ou **feedback** : C'est un mécanisme de contrôle de l'activité d'un organe par l'organe dont il stimule l'activité.

Rhéobase : c'est l'intensité minimale de l'excitation en dessous de laquelle la fibre nerveuse ne répond pas quel que soit le temps d'excitation.

Rétrovirus ou ribovirus : virus dont le matériel génétique est l'ARN qui est transcrit en ADN par la transcriptase inverse.
Ex. : le VIH.

S

Sélection clonale : sélection, puis prolifération de certains lymphocytes qui possèdent les récepteurs membranaires complémentaires (récepteur B ou T) d'un déterminant antigénique spécifique ou d'un soi modifié.

BORD BLEU

LEXIQUE

Séquence : ordre d'enchaînement d'éléments constitutifs d'un polymère (protéines, acides nucléiques) formé par des unités non identiques.

Séropositif : se dit d'un individu dont le sérum contient des anticorps spécifiques d'un antigène.

Sérum : plasma débarrassé de son fibrinogène.

SIDA : Syndrome d'ImmunoDéficience Acquis. Ensemble d'infections opportunistes dues à la déficience du système immunitaire chez une personne contaminée par le VIH.

Soi : c'est tout ce qui appartient à l'organisme et ne déclenche pas de réaction immunitaire, sauf en cas de maladie auto-immune.

Soi modifié : molécules du soi auxquelles les cellules présentatrices d'antigènes (CPA) associent des fragments moléculaires qui proviennent de la digestion d'éléments du non-soi qu'elles ont phagocyté. Le soi modifié est alors placé sur la membrane des cellules présentatrices d'antigènes où il est reconnu par des lymphocytes T4 ou T8 portant le récepteur T complémentaire.

Spermatogenèse : ensemble des transformations et des divisions cellulaires qui conduisent les spermatogonies à la formation des gamètes mâles ou spermatozoïdes.

Spermiogenèse : c'est la transformation des spermatides en spermatozoïdes.

Substance à seuil : substance dont le taux est variable dans le plasma et donc seul l'excès est excrété.
Exp. : sels, glucose.

Synapse : zone de contact entre l'arborisation terminale d'un neurone et une autre cellule.

Syndrome : ensemble de signes ou symptômes qui définissent une maladie.
Ex. : la trisomie 21 ou Mongolisme ou syndrome de Down, la trisomie 18 et la trisomie 13.

T

Toxémie : envahissement du sang par les toxines microbiennes.
Ex. : Tétanos, Diphtérie.

TERMINAL

Trisomie : présence de trois chromosomes homologues dans une cellule au lieu de deux.

Temps utile : temps minimum pendant lequel il faut faire passer une excitation d'une tension égale à la rhéobase pour qu'il y ait une réponse du nerf ou de la fibre nerveuse.

Test cross : croisement d'un individu à caractère dominant dont on veut connaître le génotype avec un individu récessif.

Thymus : organe lymphoïde central se trouvant au niveau des poumons dans lequel les futurs lymphocytes T, originaires de la moelle rouge achèvent leur maturation.

Turgescence : (1) état d'une cellule gonflée par la pression interne élevée de ses vacuoles

(2) Distension d'un organe à la suite d'une suppression engendrée par l'augmentation du volume de ses liquides intérieurs.

LEXIQUE

V

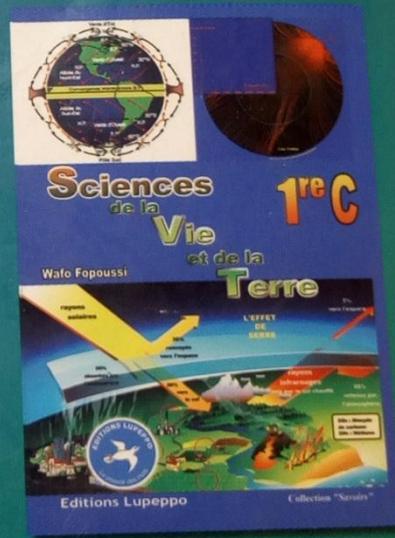
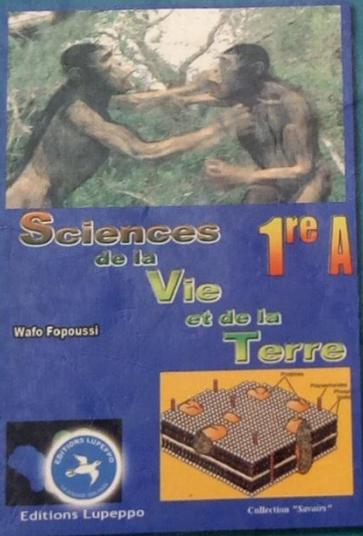
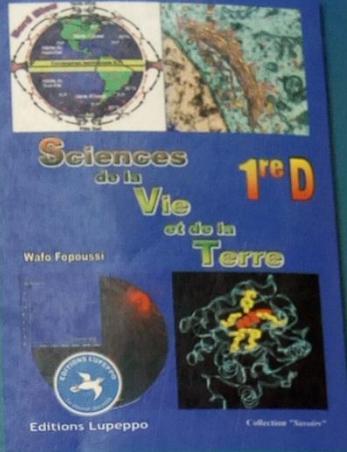
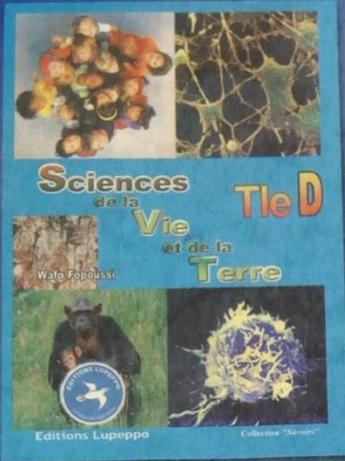
Vaccin : substance préparée à partir des microbes qui, inoculée à un sujet lui confère une immunité contre les germes correspondants.

Vaccinothérapie : traitement des maladies par les vaccins.

VIH ou HIV ou le virus du SIDA est le virus de l'immunodéficience humaine.

Z

Zygote ou œuf: cellule résultant de la fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle.



ISBN : 978-9956-731-19-6



Editions Lupeppo