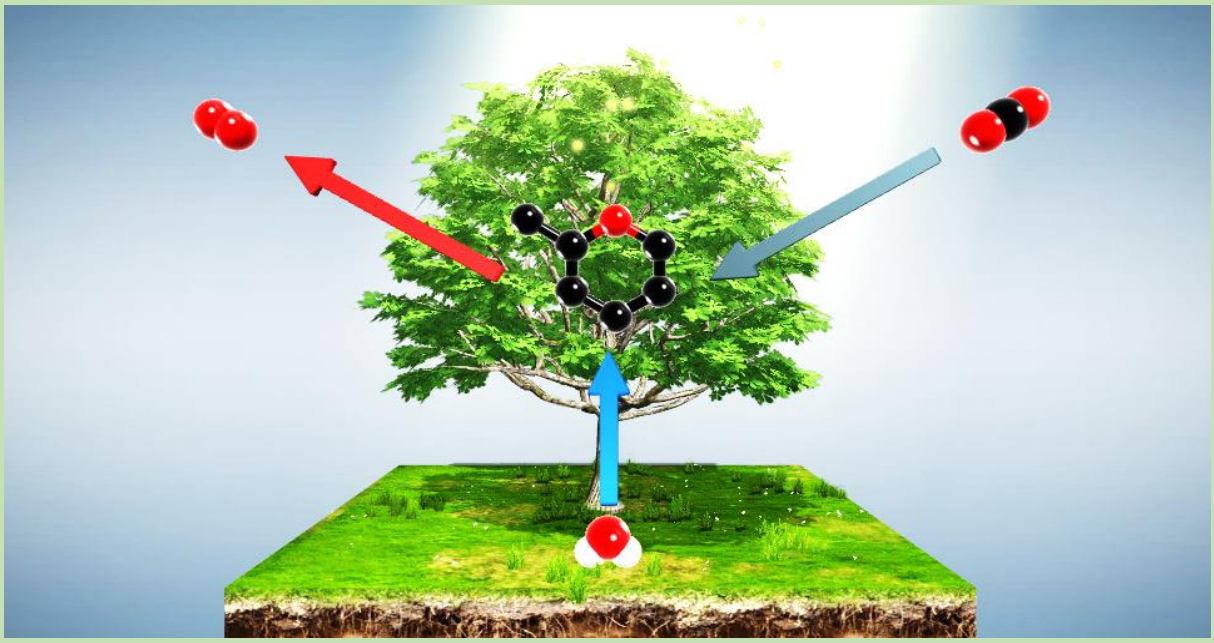
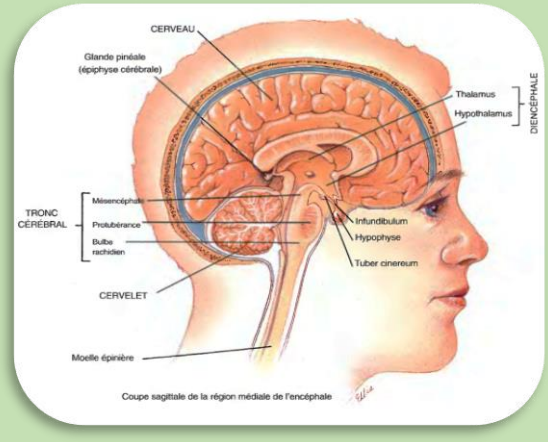
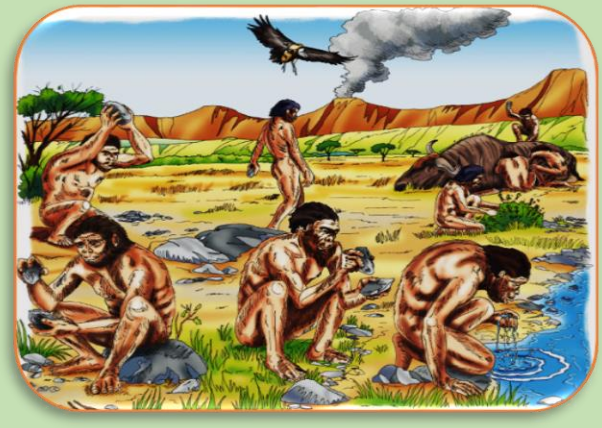
Abdoulaye Seydou Dembélé // Professeur de SVT

LE LIVRE DU PROFESSEUR
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)







TERMINALE SCIENCES EXPÉRIMENTALES



Tel : (+223) 78228685/50449193 // Email : abdoulayesd7@gmail.com

Table des matières

Avant-propos 2
COMPETENCES- COMPOSANTES- MANIFESTATIONS 3
Biologie 5
Concept général 1 : La vie cellulaire. 6
Sous concept 1 : La structure de la cellule 6
Sous concept 2 : Les échanges cellulaires. 12
Sous concept 3 : Le métabolisme énergétique de la cellule. 19
Concept général 2 : L'information génétique. 26
Sous concept 1 : Le support de l'information génétique. 26
Sous concept 2 : La transmission de l'information génétique au cours des divisions cellulaires 32
Sous concept 3 : L'expression de l'information génétique. 40
Concept général 3 : L'unicité des individus et la diversité génétique. 49
Sous-concept 1 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères et les spermaphytes. 49
Sous-concept 2 : Le brassage génétique assuré par la reproduction sexuée et l'unicité génétique des individus. 64
Sous-concept 3 : Diversité génétique d'une population 76
Sous-concept 4 : Quelques aspects de la génétique humaine 81
Concept général 4 : Les mécanismes de l'immunité. 91
Sous-concept 1 : Le soi et le non-soi. 91
Sous concept 2 : Les bases de L'immunocompétence. 97
Sous-concept 3 : Le déroulement de la réponse immunitaire. 104
Sous-concept 4 : Le dysfonctionnement et les déficiences du système immunitaire. 117
Sous-concept 5 : Les aides à la réponse immunitaire. 124
Concept général 5 : Relations de l'organisme avec le milieu extérieur 132
Sous-concept 1 : Le fonctionnement des neurones 132
Sous-concept 2 : Les activités cérébrales et la motricité volontaire 144
Sous-concept 3 : Quelques aspects du fonctionnement du muscle strié squelettique. 150
Concept général 6 : Régulation hormonale et nerveuse. 159
Sous concept 1 : La régulation du taux d'hormones sexuelles 159
Sous concept 2 : La régulation de la glycémie. 170
Sous concept 3 : L'activité cardiaque et la régulation de la pression artérielle. 177
Concept général 7 : Biotechnologies et l'amélioration des espèces. 184
Sous- concept 1 : Définition et applications des biotechnologies. 184
Sous- concept 2 : L'amélioration des espèces. 193
Géologie 200
Concept général 1 : L'évolution de la Terre et du monde vivant 201
Sous-concept 1 : L'histoire de la Terre et des êtres vivants. 201
Sous-concept 2 : Les mécanismes de l'évolution 215
Sous-concept 3 : La lignée humaine 224
Sous-concept 4 : La géologie du Mali 233
Lexique 242
Références 250

AVANT-PROPOS

Le **livre du professeur** est un document d'activités pédagogiques qui contient les activités et les synthèses de chaque concept du programme de SVT de l'enseignement secondaire général (ESG), niveau Terminale Sciences Expérimentales (TSExp).

Ce document a été rédigé par :

Dembélé Abdoulaye Seydou : Professeur d'enseignement secondaire, major de la promotion 2018 Master SVT de l'Ecole Normale Supérieure de Bamako (ENSup).

Mr Traoré Adama : Professeur d'enseignement secondaire, promotion 2018 Master SVT de l'ENSup.

Avec le soutien de **Mr Yalcouye Dramane** : Professeur principal de SVT au Lycée Kankou Moussa de Daoudabougou **(LKMD).**

Ce document a pour but de fournir un enseignement de qualité et de facilité l'enseignement/apprentissage des SVT au niveau de l'enseignement secondaire général surtout dans l'application de l'APC.

COMPETENCES- COMPOSANTES- MANIFESTATIONS

I. COMPETENCES

- **Compétence 1 : Résoudre une situation problème**
- **Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques**
- **Compétence 3 : communiquer à l'aide des langages mathématiques, scientifiques**

II. COMPOSANTES

- Diagnostiquer la situation-problème
- Mettre à l'essai des pistes de solution
- Partager les informations relatives à la démarche et aux résultats
- Exercer son jugement critique sur les retombées de la science et de la technologie
- Comprendre le fonctionnement d'objets techniques
- Comprendre des phénomènes naturels
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Interpréter et produire des messages à caractère scientifique et technologique

III. MANIFESTIONS

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- établir des relations entre les données retenues
- comparer cette situation-problème avec des situations-problèmes déjà résolues
- formuler le problème
- inventorier les différentes pistes de solution
- choisir une piste parmi un éventail de possibilités
- appliquer cette piste
- se servir, au besoin de contre-exemples pour préciser, réajuster ou réfuter des démarches et des résultats
- choisir un mode de représentation approprié
- utiliser le mode retenu
- tirer une conclusion
- analyser les retombées à long terme de la science et de la technologie sur l'individu, la société, l'environnement et l'économie
- examiner leurs effets sur le mode des individus
- identifier des questions et des enjeux sur le plan éthique
- manifester de la curiosité à l'égard de certains objets techniques
- s'interroger sur leur fabrication et leur fonctionnement, au besoin les démonter
- en identifier les matériaux, les pièces et les types de liaisons
- s'en donner une représentation schématique
- identifier les différents systèmes et sous-systèmes
- expliquer leur fonctionnement
- se poser des questions sur son environnement

- s’interroger sur certains phénomènes
- les décrire de manière qualitative
- s’en donner une représentation schématique
- expliquer les phénomènes à l’aide de loi et de modèle
- vérifier la cohérence de l’explication donnée
- s’approprier les concepts pertinents et en reconnaître le caractère évolutif
- respecter les points de vue des autres
- consulter au besoin, différentes sources
- comparer ses données et sa démarche avec celles des autres
- valider son point de vue ou sa solution en les confrontant avec d’autres
- recourir à divers formats de représentation (symbole, tableau, dessin technique, etc.)
- sélectionner des modes de représentation selon l’objet du message et l’interlocuteur
- utiliser des informations scientifiques, technologiques provenant de diverses sources
- faire preuve de vigilance quant à la crédibilité des sources retenues
- juger de leur pertinence
- recourir à des modes de représentation conformes aux règles et aux conventions propres à la science, à la technologie et à la mathématique

BIOLOGIE

Concept général 1 : La vie cellulaire.
Sous concept 1 : La structure de la cellule

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'une cellule ?

Quels sont les différents types de cellules ?

Situation problème :

Jusqu'à la fin du XVIIe siècle, on supposait que chaque être vivant n'était qu'une accumulation de substance. Le microscope a permis d'observer l'organisation des êtres vivants à très petite échelle. Avec ces observations, on a pu identifier l'unité constitutive de tous les êtres vivants (la cellule).

Quels sont les constituants d'une cellule ?

Comment est organisée une cellule ?

Compétences

- Compétence 1 : Résoudre une situation problème
- Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques
- Compétence 3 : communiquer à l'aide des langages mathématiques, scientifiques.

Composantes

- Diagnostiquer la situation-problème
- Mettre à l'essai des pistes de solution
- Partager les informations relatives à la démarche et aux résultats
- Comprendre des phénomènes naturels
- Participer à des échanges à caractère scientifique

Manifestions

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation problème.
- Comparer cette situation problème avec une situation problème déjà résolue.
- Inventorier différentes pistes de solution.
- Appliquer ces pistes.
- S'interroger sur certains phénomènes.
- Les décrire de manière qualitative.
- Respecter les points de vue des autres.
- Consulter au besoin différentes sources d'information.

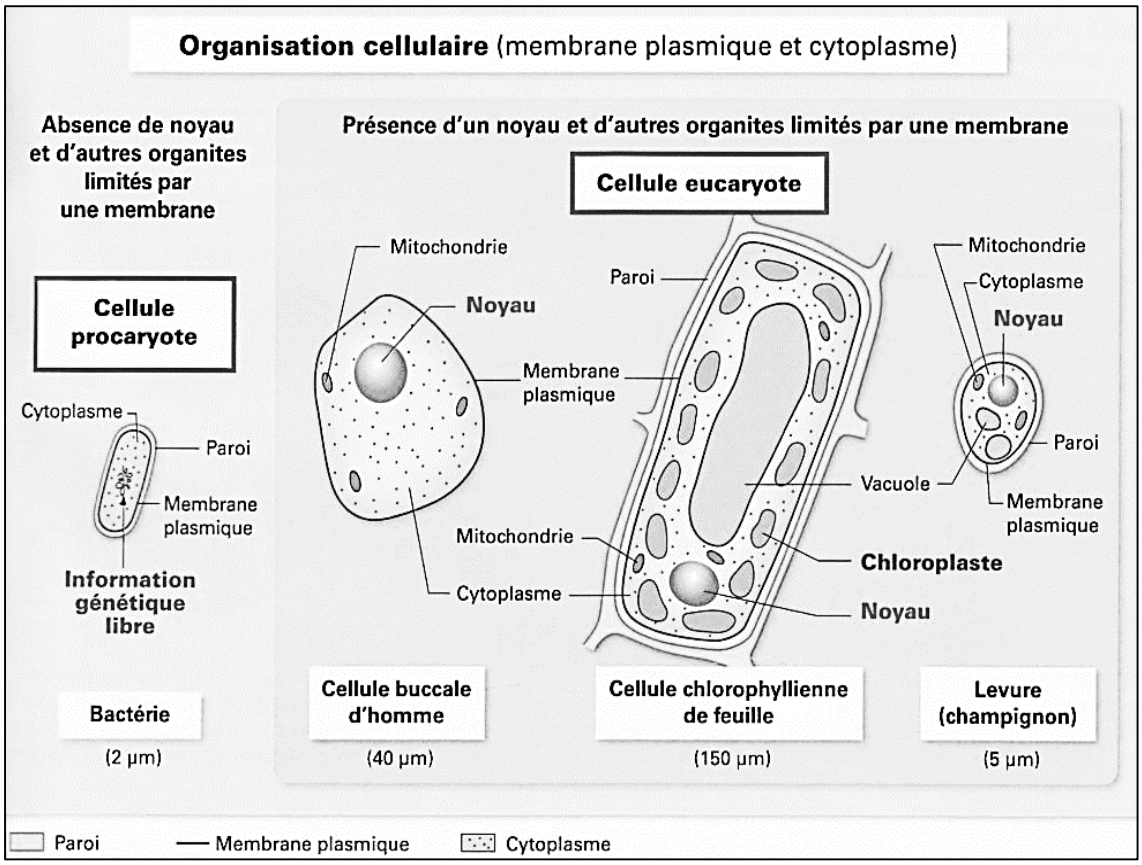
Ressources éducatives :

- Ressources matérielles : Le programme, livres de l'élève SVT 10éme CG.
- Ressources humaines : Professeur, élèves.
- Ressources financières : Le cahier d'activité « La cigogne ».

Stratégie d'animation : Le travail de groupe

Activité 1 : Observation au microscope optique.

Le document 1 représente les résultats de l'observation microscopique de trois types d'organismes.



Doc.1

Consigne :

1. Définis une cellule et cite les constituants principaux d'une cellule.
2. Compare une cellule eucaryote et une cellule procaryote.
3. Explique le mot « théorie cellulaire ».

Synthèse partielle :

1) **Définition :** la cellule est l'unité structurale et fonctionnelle de tous les êtres vivants.

Les principaux constituants d'une cellule sont : la membrane cytoplasmique, le cytoplasme et le noyau.

2) **Comparaison :** Les cellules eucaryotes possèdent un vrai noyau et des organites tandis que les cellules procaryotes n'ont pas de vrai noyau (pas de membrane nucléaire) ni d'organites.

3) La théorie cellulaire

« Tous les êtres vivants sont constitués de cellules ». Toute cellule vient exclusivement de la division d'une cellule préexistante appelée cellule mère. L'étude anatomique au microscope optique a servi de base à l'édification de la théorie cellulaire.

Chaque cellule de l'organise est un être vivant car chaque cellule est capable d'accomplir trois fonctions principales :

*Se maintenir en vie ;

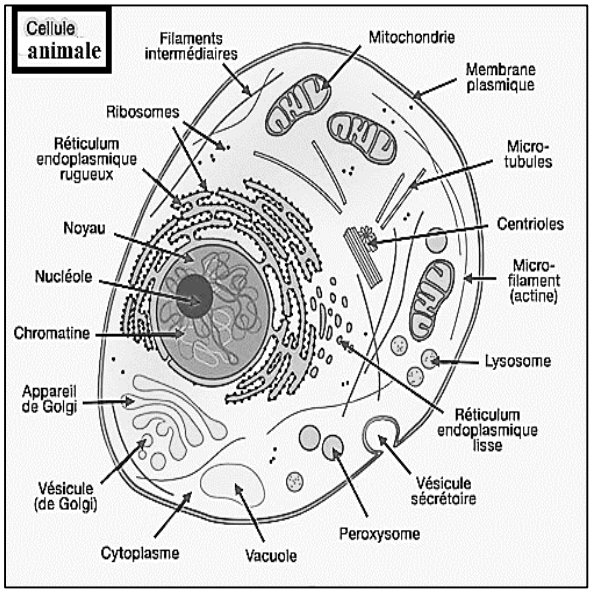
*Se reproduire ;

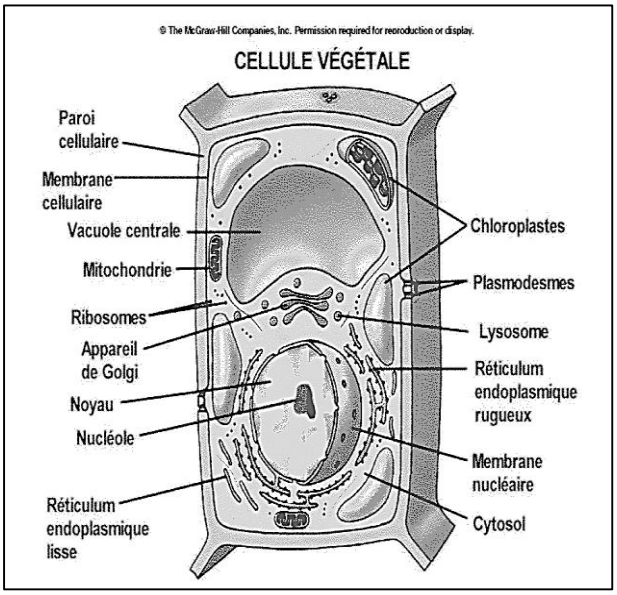
*Régulariser son propre métabolisme.

Activité 2 : Ultrastructure d'une cellule eucaryote.

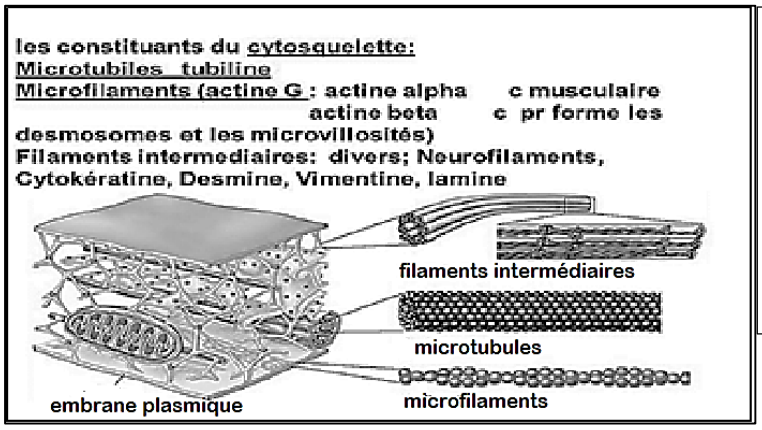
A) Organisation

Le document 2 représente l'ultrastructure de cellule animale, végétale et celle du cytoplasme.





A et B



C

Consigne :
Décris l'organisation d'une cellule eucaryote à partir de l'exploitation du document 2.

Document 2

Synthèse partielle :

L'ultrastructure d'une cellule eucaryote montre qu'elle est constituée de plusieurs constituant lui permettant d'assurer sa sur survie. On distingue :

La membrane cytoplasmique : constituée d'une bicouche de phospholipide, elle délimite la cellule. Elle protège la cellule et assure les échanges cellulaires. Elle est couverte par une membrane cellulosique chez les végétaux.

Le noyau : de forme sphérique, il est constitué par le nucléoplasme, le nucléole et le matériel chromosomique délimité par une membrane nucléaire trouée de pores. Il assure la vie cellulaire et le maintien des caractères héréditaires.

Le cytoplasme : il est constitué en grande partie d'eau (cytosol ou hyaloplasme) de protéines qui constituent le cytosquelette et des inclusions appelées organites cytoplasmiques.

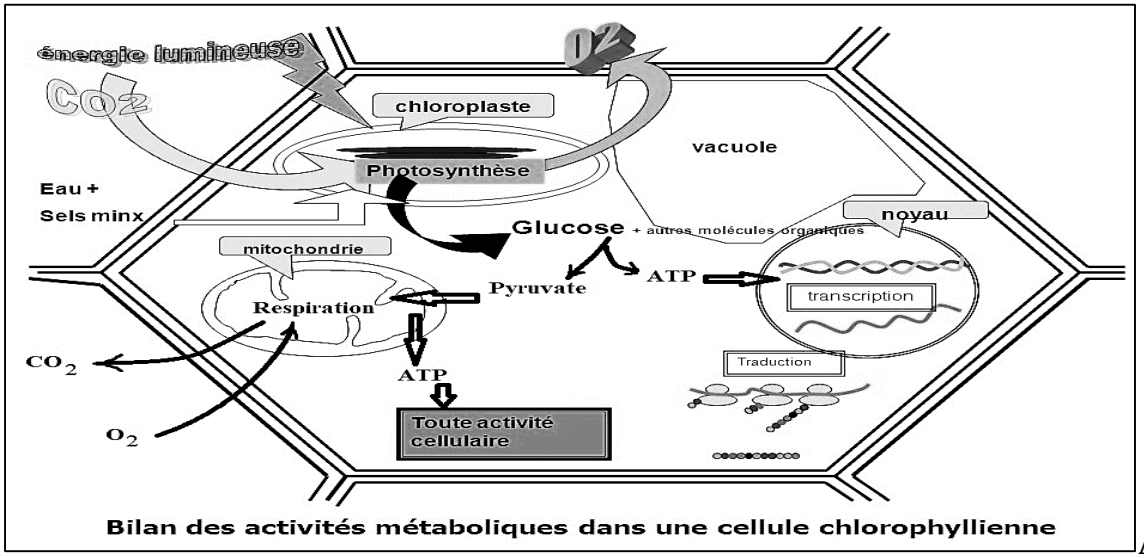
Le cytosol sert de milieu de vie des organites et est le lieu de réalisation de diverses réactions métaboliques.

Le cytosquelette constitué de protéines fibreuses sert de soutien à la cellule.

On distingue plusieurs organite : les mitochondries, les REL, REG, l'appareil de golgi, les plastes (chez les c. végétales), le centrosome (chez les c. animales), les vacuoles, les lysosomes. Chacun de ces organites joue un rôle déterminé dans la vie cellulaire.

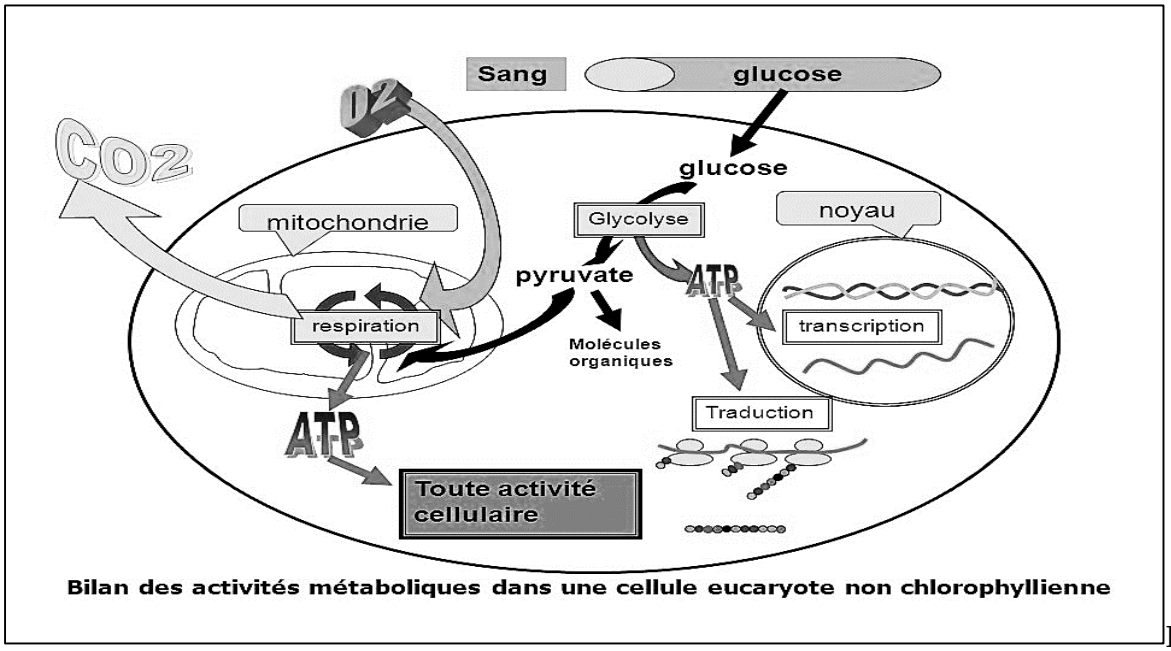
B) Ultrastructure fonctionnelle.

Le document 3 représente le fonctionnement des cellules eucaryotes.



Bilan des activités métaboliques dans une cellule chlorophyllienne

A



Bilan des activités métaboliques dans une cellule eucaryote non chlorophyllienne

B

Document 3

Consigne : à partir de l'exploitation du document 3 :

Explique le fonctionnement des cellules eucaryotes.

Synthèse partielle :

Les cellules eucaryotes possèdent les structures nécessaires pour régulariser leurs propres métabolismes.

La membrane assure les échanges cellulaires, le hyaloplasme assure le lieu de plusieurs réactions cellulaires, assure le milieu de vie des organites jouant chacun un rôle précis dans la vie cellulaires.

Chez les autotrophes : les chloroplastes assurent l'autotrophie (grâce à la photosynthèse) ; les mitochondries produisent l'énergie nécessaires pour les différentes réactions métaboliques ; le noyau grâce à l'ADN est le centre de commande des activités cellulaires.

Chez les hétérotrophes : les cellules sont approvisionnées en nutriment grâce à l'alimentation. A partir des nutriments absorbés, la cellule fait son métabolisme grâce aux différents organites.

Synthèse générale

I. Organisation de la cellule.

Les cellules ne peuvent pas être observées à l'œil nu en raison de leur très petite taille. L'histoire de la biologie cellulaire est donc étroitement liée au perfectionnement d'un appareil optique agrandissant : le microscope. Les premiers microscopes composés ont été mis au point à la fin du XVIe siècle ce qui a activé les recherches sur les objets microscopiques.

La cellule est l'unité structurale et physiologique des êtres vivants à l'exception des virus. Il existe deux grands groupes de cellules : les cellules procaryotes ou bactéries qui ne possèdent pas de vrai noyau (pas de membrane nucléaire) et les cellules eucaryotes qui en possèdent un.

Le cytoplasme de la cellule est constitué en grande partie d'eau (cytosol ou hyaloplasme) et de protéines qui constituent le cytosquelette.

Les membranes cellulaires forment un réseau qui permet de délimiter différents compartiments dans la cellule (les organites) chacun jouant un rôle bien précis. En comparant les organites de la cellule animale et ceux de la cellule végétale, nous constatons que ce sont pratiquement les mêmes, la cellule végétale possédant toutefois en plus des chloroplastes de grandes vacuoles mais pas de centrosome. Il est possible de regrouper ces différents éléments de l'ultrastructure cellulaire en fonction des rôles qu'ils assurent dans la cellule.

Toutes les membranes que ça soit du cytoplasme, du noyau, du réticulum, de la mitochondrie ou de l'appareil de Golgi, présentent une surface considérable jouant un rôle important dans la vitesse des réactions chimiques. Cette surface fait intervenir des enzymes. Le passage dans la membrane implique parfois et pour certaines substances un processus appelé « dialyse ».

NB : La dialyse est la diffusion passive à travers une membrane perméable pour un soluté du milieu de forte concentration vers le milieu de faible concentration.

Mais cependant, la membrane ne se laisse en général pas traverser facilement. La traversé dans la membrane implique parfois la consommation d'énergie, c'est le transport actif. En effet au niveau de la membrane, il existe des sites de fixations spécifiques, ce sont les récepteurs membranaires qui permettent le transport actif des ions transmembranaires.

II. Rôles des constituants cellulaires.

La cellule est constituée de plusieurs éléments. Chaque élément a un rôle bien déterminé. Grâce aux expériences menées sur les cellules, on a pu mettre en évidence le rôle des différents constituants cellulaires.

a) Le noyau : Le noyau assure la vie cellulaire. C'est le centre de contrôle de la cellule. Il est responsable de la transmission de caractères héréditaires (génétique) grâce à l'ADN qu'il

contient dans les chromosomes (l'acide désoxyribonucléique). C'est le principal acteur dans la mitose.

b) La membrane cellulaire : Protège la cellule et contrôle les échanges cellulaires.

c) **Le cytoplasme :** C'est le milieu où baignent les organites et les structures. C'est là que circulent beaucoup de substances (sucres, minéraux, protéines, gaz); ces substances voyagent par diffusion Le cytoplasme est surtout composé d'eau.

d) **La vacuole :** Les vacuoles sont le siège du stockage des substances.

e) **Les mitochondries :** Les mitochondries assurent la respiration cellulaire (production d'énergie sous forme d'ATP).

f) **Les chloroplastes :** Responsables de la photosynthèse dans les cellules végétales. Il capte la lumière (source d'énergie) grâce à la chlorophylle.

g) **Les réticulums endoplasmiques :** Le réticulum granuleux assure la production des protéines cellulaires. Le réticulum lisse assure la synthèse des lipides cellulaires.

h) **L'appareil de golgi :** Responsable de la transformation des protéines. Il les distribue (dans la cellule et à l'extérieur de la cellule) grâce à des vésicules (petites bulles) qui se forment aux bouts.

i) **Le centrosome :** Le centrosome est responsable de la mobilité cellulaire (appareil cinétique). Il assure la formation des cils et des flagelles et joue un rôle important dans la mitose, dans la formation des asters.

j) Les lysosomes : Réserve d'enzymes qui digèrent la nourriture et les cellules mortes ou bactéries.

III. La théorie cellulaire :

Dans la théorie cellulaire, « Toutes les êtres vivants sont constitués de cellules ».

La cellule est l'unité morphologique et physiologique des êtres vivants. Toute cellule vient exclusivement de la division d'une cellule préexistante appelée cellule mère. L'étude anatomique au microscope optique a servi de base à l'édification de la théorie cellulaire.

La cellule est capable d'accomplir trois fonctions principales : se maintenir en vie, se reproduire, se régulariser son propre métabolisme.

Sous concept 2 : Les échanges cellulaires.

Pré-évaluation :

Comment se nourrit une cellule ?

Quels sont les éléments nutritifs d'une cellule ?

Situation problème :

Les cellules respirent et se nourrissent. Elles ont des échanges importants avec leurs milieux de vie dans lequel elles absorbent les éléments dont elles ont besoins et y rejettent leurs déchets. Ces échanges et ses mouvements constituent quelques aspects de la vie cellulaire.

Comment s'effectuent ces échanges ?

Quels sont les différents aspects de ces échanges ?

Compétences

- Compétence 1 : Résoudre une situation problème
- Compétence 2 : Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques
- Compétence 3 : communiquer à l'aide des langages mathématiques, scientifiques.

Composantes

- Diagnostiquer la situation-problème
- Mettre à l'essai des pistes de solution
- Partager les informations relatives à la démarche et aux résultats
- Comprendre des phénomènes naturels
- Participer à des échanges à caractère scientifique

Manifestions

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation problème.
- Comparer cette situation problème avec une situation problème déjà résolue.
- Inventorier différentes pistes de solution.
- Appliquer ces pistes.
- S'interroger sur certains phénomènes.
- Les décrire de manière qualitative.
- Respecter les points de vue des autres.
- Consulter au besoin différentes sources d'information.

Ressources éducatives :

- Ressources matérielles : Le programme, livres de l'élève SVT 10éme CG.
- Ressources humaines : Professeur, élèves.
- Ressources financières : Le cahier d'activité « La cigogne ».

Stratégie d'animation : Le travail de groupe

Activité 1 : Le comportement des cellules dans des milieux de concentration différentes.

A) Cas des cellules animales.

Expériences : On dispose de 3 tubes à essai contenant chacun une solution de NaCl à concentrations différente. On ajoute du sang frais de mouton dans chacun des trois tubes. Après quelques minutes, on observe l'état des hématies (voire Figure1).

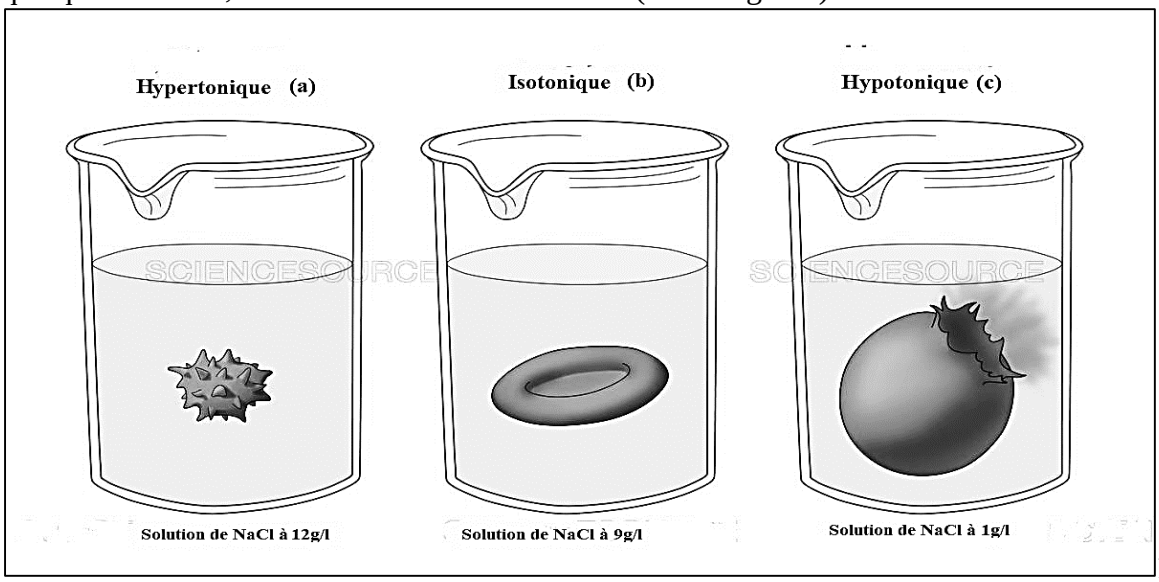


Fig.1

Consigne :

1. Analyse et interprète les résultats de cette expérience.
2. Définis : turgescence ; plasmolyse.

B) Cas des cellules végétales.

Expériences :

On considère trois solutions de NaCl de concentrations différentes : 5‰, 9‰ et 20‰ ; dans lesquelles on plonge trois fragments d'épidermes d'oignon, après un quart d'heure, une préparation microscopique est faite avec l'épiderme de chaque solution afin d'observer le comportement des cellules dans chaque solution (voire Fig.2)

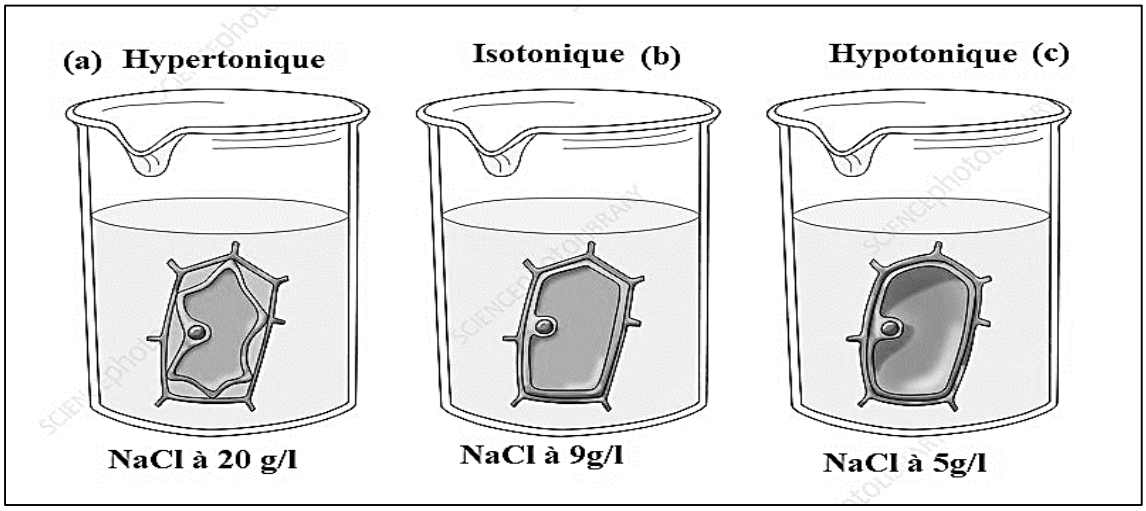


Fig.2

Consigne :

1. Analyse et interprète les résultats de cette expérience.
2. Que se passe-t-il si on replace les cellules de 'a' dans la solution 'c' ? Nomme le phénomène observé.

Activité 2 : L'osmose

A) Expérience de Dutrochet : le mécanisme d'osmose

Une ampoule de verre contenant un soluté est plongée dans un solvant. Une membrane semi-perméable (ici une vessie de porc) sépare les deux compartiments. Le solvant a diffusé au travers de la membrane cellulaire et dilué la solution jusqu'à ce que la pression hydrostatique de la colonne équilibre la pression osmotique (la pression minimum qu'il faut exercer pour empêcher le passage du solvant de la solution moins concentrée vers la solution plus concentrée).

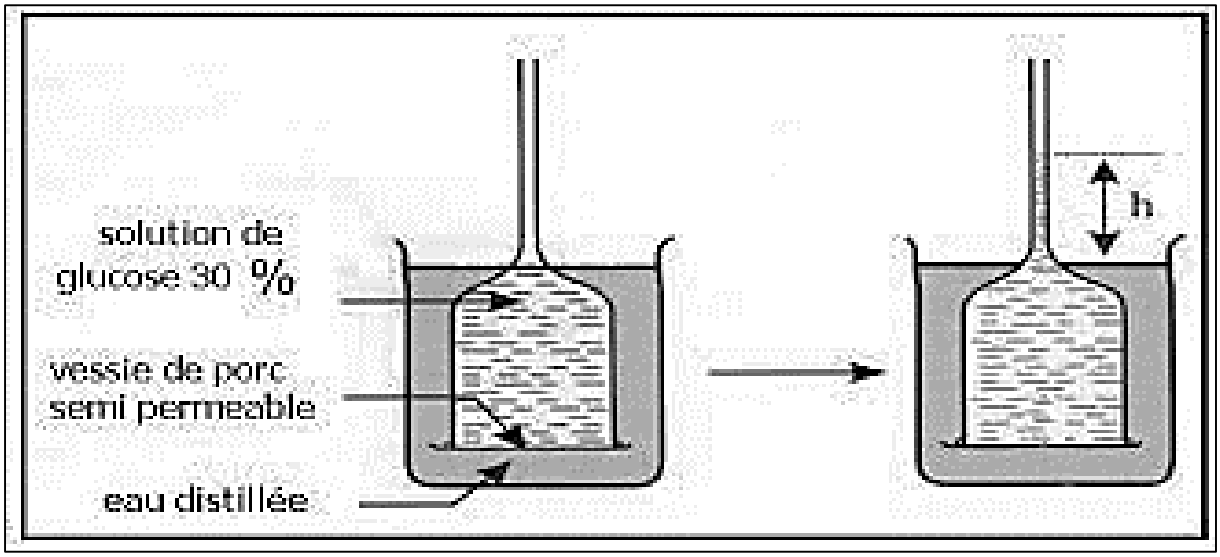


Fig.3

Consigne :

1. Analyse et interprète.
2. Définis l'osmose et énonce la loi de l'osmose.

B) La pression osmotique.

La pression osmotique se définit comme étant la pression minimum qu'il faut exercer pour empêcher le passage d'un solvant d'une solution séparée à une autre à travers une membrane semi-perméable.
La pression osmotique (P) est proportionnelle à la température absolue (T) et à la concentration (n).

$\pi = \alpha.n.T$ ou $P = \frac{RC}{M}.T$

avec $\alpha = R$, $n = \frac{C}{M}$. ***Cette formule n'est valable que pour les solutions aqueuses.***
$\pi = P$ = Pression Osmotique (atm)
α = Coefficient de proportionnalité = $0,082$; R = Constante des gaz parfaites = $0,082$
T = Température absolue en °K = 273 donc $T = t° + 273$ avec $t°$ en *Celsius*
n = Concentration molaire = $\frac{C}{M}$ avec C en *g/L*, M en *g/mol* et n en *mol*

Le calcul de la pression osmotique d'une solution contenant plusieurs ions est : $\pi = \alpha.n.T.i$
Avec i= nombre d'ion.

Consigne :

1. Soit des cylindres de pomme de terre placés dans une solution de saccharose à 20%. Calcule la pression osmotique sachant que la température est 17°C.

   $M(C_{12}H_{22}O_{11}) = (12*12 + 22*1 + 11*16) = 342g/mol$

2. Calcule la pression osmotique d'une solution de NaCl à 9g/l à la température t = 17°C.

   $NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$, $M(NaCl) = (23 + 35,5) = 58,5g/mol$

Synthèse partielle 1 :

A) Cas des cellules animales.

1) Analyse et interprétation :

Solution hypertonique : les hématies ont perdu de l'eau et prennent un aspect crénelé. Le milieu extracellulaire étant plus concentré, l'eau a diffusée du milieu intracellulaire vers le milieu extra cellulaire. La cellule est plasmolysée.

Solution isotonique : les hématies gardent leur aspect normal. De part et d'autre de la membrane, les concentrations sont les mêmes et les échanges d'eau sont nuls. C'est l'isotonie.

Milieu hypotonique : il y a hémolyse. Le milieu extracellulaire étant moins concentré, les hématies ont absorbé de l'eau jusqu'à s'éclatées. C'est la turgescence.

2) Définitions :

La Plasmolyse est la perte d'eau par une cellule placée dans un milieu hypertonique.

La turgescence est le gain d'eau par une cellule placée dans un milieu hypotonique.

B) Cas des cellules végétales.

1) Analyse et interprétation :

Solution hypertonique : il y a plasmolyse

Solution isotonique : les échanges d'eau sont nuls.

Milieu hypotonique : il y a turgescence.

Les cellules vont absorber de l'eau et deviennent turgescente : c'est la déplasmolyse provoquée.

Synthèse partielle 2 :

A) Expérience de Dutrochet : le mécanisme d'osmose

1) Analyse et interprétation :

La membrane semi-perméable séparant les deux milieux de concentrations différente, l'eau a diffusée du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique. C'est l'osmose.

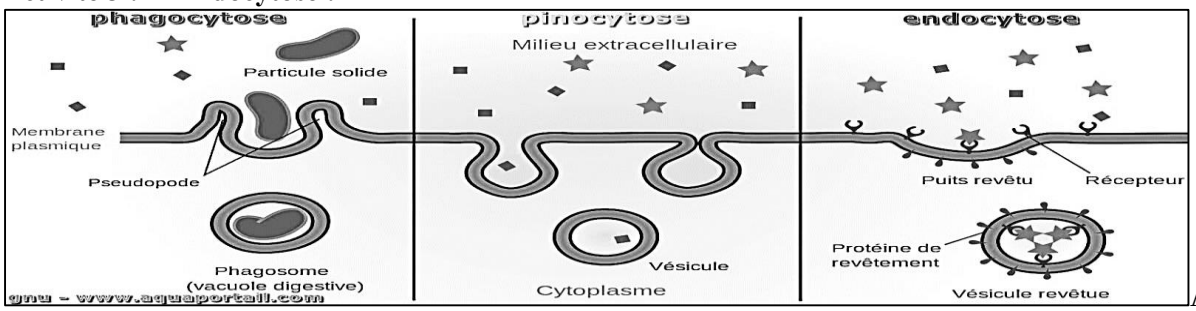
2) L'osmose :

Définition : L'osmose est le passage d'un solvant à travers une membrane semi-perméable d'une solution diluée (hypotonique) vers une solution concentrée (hypertonique).

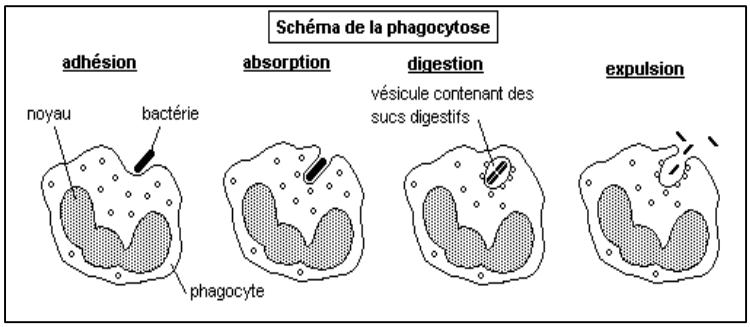
La loi de l'osmose : Si deux solutions de concentration différente sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau diffuse toujours du milieu de faible concentration en soluté (milieu hypotonique) vers le milieu de forte concentration en soluté (milieu hypertonique). Ce passage tant à égaliser les pressions osmotiques de part et d'autre de la membrane, c'est l'isotonie.

B) La pression osmotique.

Activité 3 : L'Endocytose :



A



C'est aussi la capacité que possèdent certaines cellules (macrophages, granulocytes) à réaliser une invagination de leurs membranes plasmiques et à intégrer des particules externes à l'intérieur d'une vésicule formée à partir de la membrane plasmique.

B // Fig.4

Consigne :

1. Définis : endocytose, exocytose.
2. Cite les étapes de la phagocytose.
3. Quelle différence fais-tu entre phagocytose et pinocytose ?

Activité 4 : Échanges de substances entre la cellule et le milieu extérieur

On plonge des fragments d'épiderme d'oignon dans une solution d'urée à 4%. L'observation microscopique donne les résultats suivants :
6min après les cellules sont plasmolysée.
15min plus tard les cellules deviennent turgescentes.
NB : l'urée est une substance capable de pénétrer dans la cellule.
La figure 5 représente les différents modes d'échanges de substances à travers la membrane plasmique.

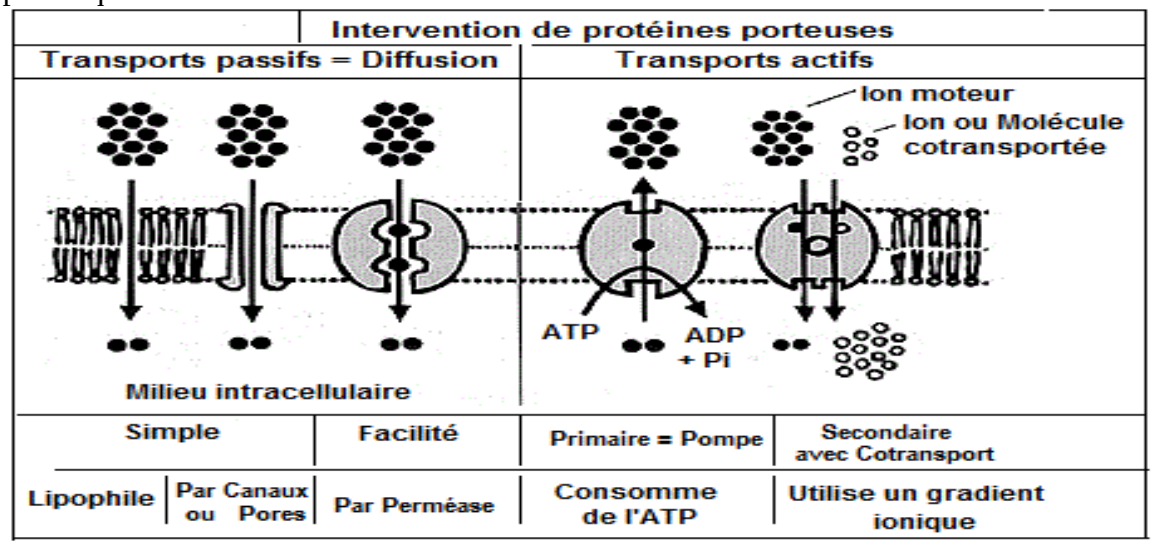


Fig.5

Consigne :

1. Explique ces résultats.
2. Schématise une cellule à 6min et une cellule à 15min.
3. Cite et caractérise les différents modes d'échange d'ions entre la cellule et le milieu extracellulaire.

Synthèse partielle 3 :

1) Définition :

L'Endocytose : C'est l'absorption de substances faisant intervenir un transit de molécule dans les vésicules membranaires.

L'exocytose : C'est l'excrétion ou le rejet de substances par une cellule faisant intervenir un transit de molécule dans les vésicules membranaires.

2) **Les étapes de la phagocytose :** adhésion, absorption, digestion, expulsion.

Si la particule absorbée est une macromolécule ou solide, c'est la phagocytose. Si la particule absorbée est liquide, c'est la pinocytose.

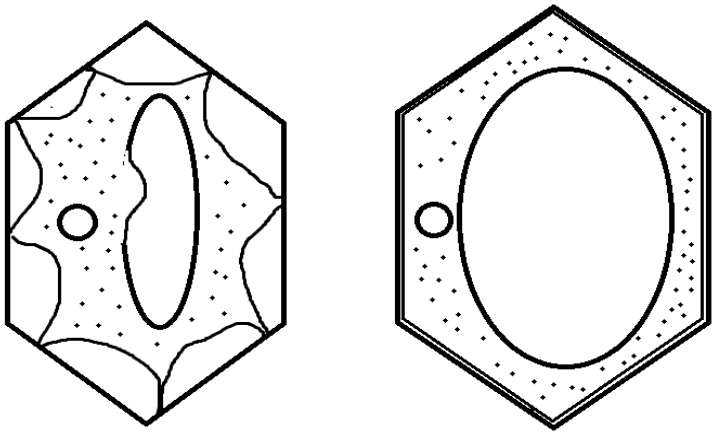
Synthèse partielle 4 :

1) Explication :

Après 6min, les cellules sont plasmolysées car elles se trouvent dans un milieu hypertonique et ont donc perdu de l'eau.

Après 15min : il y a déplasmolyse spontanée ; le milieu extracellulaire est devenu hypotonique. Les cellules ont absorbé l'urée, faisant augmenter la concentration intracellulaire et ont ainsi absorbé de l'eau.

2) Schémas :



Cellule plasmolysée — Cellule turgescente

3) Les différents modes d'échange d'ions entre la cellule et le milieu extracellulaire.

Les transports passifs : ne dépense pas d'énergie. Il s'agit de :

La diffusion simple : par les pores ou les protéines canaux.

La diffusion facilitée : par les perméases.

Les transports actifs : nécessitant une dépense d'énergie : il s'agit du transport :

Primaire : à travers les protéines pompes.

Secondaire : utilisant des molécules Co transporteurs.

Synthèse générale.

I. Le comportement des cellules dans les milieux de concentrations différentes :

Les cellules respirent et se nourrissent. Elles ont des échanges importants avec le milieu extérieur. Ces échanges et ses mouvements constituent quelques aspects de la vie cellulaire. Les cellules peuvent être, dans certaines solutions, sous différents aspects.

1) Solutions Isotoniques :

Les cellules conservent leurs aspects normaux lorsqu'elles se trouvent dans une solution isotonique.

2) Solutions Hypertoniques :

Dans une solution hypertonique, la cellule animale se réduit, la vacuole des cellules végétales se rétrécit et la membrane plasmique se décolle sauf en certain point appelé « Plasmodesmes ».

La perte d'eau par une cellule placée dans un milieu hypertonique constitue la «Plasmolyse».

3) Solutions Hypotoniques :

Dans une solution hypotonique, la cellule animale gonfle et lorsque la pression d'eau est trop forte, la cellule s'éclate à cause de la fragilité de sa membrane. Dans les mêmes conditions, la vacuole de la cellule végétale gonfle, sa membrane plasmique est alors comprimée contre la paroi. C'est ce qui empêche la cellule d'éclaté.

Cet état de la cellule est la « turgescence ». L'hémolyse est l'éclatement des hématies suite à une trop forte turgescence (turgescence exagéré).

II. L'Osmose :

1) Définition : L'osmose est le passage d'un solvant à travers une membrane semi-perméable d'une solution diluée (hypotonique) vers une solution concentrée (hypertonique).

Membrane semi-perméable : est une membrane qui ne laisse passer que les solvants comme l'eau. Les petites molécules (CO_2, O_2, CO, urée, éthanol) peuvent le traverser librement. Leurs vitesses de transmission se fait dans le sens de la pression osmotique.

Solvant : C'est une substance qui à la propriété de dissoudre d'autre substance.

2) **La loi de l'osmose :** Si deux solutions de concentration différente sont séparées par une membrane semi-perméable, l'eau diffuse toujours du milieu de faible concentration en soluté (milieu hypotonique) vers le milieu de forte concentration en soluté (milieu hypertonique). Ce passage tant à égaliser les pressions osmotiques de part et d'autre de la membrane, c'est l'isotonie.

3) **La pression osmotique** : La pression osmotique se définit comme étant la pression minimum qu'il faut exercer pour empêcher le passage d'un solvant d'une solution séparée à une autre à travers une membrane semi-perméable.

III. L'Endocytose :

C'est un transport faisant intervenir un transit de molécule dans les vésicules membranaires. C'est aussi la capacité que possèdent certaines cellules (macrophages, granulocytes) à réaliser une invagination de leurs membranes plasmiques et à intégrer des particules externes à l'intérieur d'une vésicule formée à partir de la membrane plasmique. Si la particule absorber est solide, c'est la phagocytose. Si la particule absorber est liquide, c'est la pinocytose.

IV) Echanges d'ions entre la cellule et le milieu ambiant :

La plupart des solutés sont incapable de traverser la membrane, ils le traversent grâce à des protéines (molécules porteuses). Le transporteur est une protéine membranaire dont le rôle est spécifique car elle ne se lit qu'au type de molécule qu'elle transporte. Il existe deux types de transport : le transport passif et le transport actif.

1) Le transport passif :

Le transporteur ne fait qu'augmenter la vitesse de diffusion d'un soluté spécifique, les ions sortent ou entrent dans la cellule selon leur gradient décroissant. Dans ce cas aucun apport d'énergie n'est requis (nécessaire).

2) Le transport actif :

Le soluté traverse la membrane à l'opposé de son gradient de concentration (d'une région à faible concentration vers une région à forte concentration).

Le transporteur doit être couplé à une enzyme hydrolysant, l'ATP et donc conduisant à une production d'énergie chimique. Le transport actif exige donc une dépense d'énergie contrairement au transport actif.

Sous concept 3 : Le métabolisme énergétique de la cellule.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que la photosynthèse

Quelle est son importance ?

Situation problème.

Dans un écosystème, on trouve du carbone minéral et du carbone organique. Des processus chimiques ainsi que les êtres vivants sont responsables des transformations qui permettent de passer d'un état à un autre. Les réactions de transformation de la matière et de l'énergie prélevée par les cellules dans leur environnement constituent le métabolisme.

Quels sont les différents aspects du métabolisme énergétique ?

Quels liens existent entre photosynthèse et respiration ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Organisation de la classe en sous-groupes de travail, synthèse en classe.

Activité 1 : Les mécanismes de la photosynthèse.

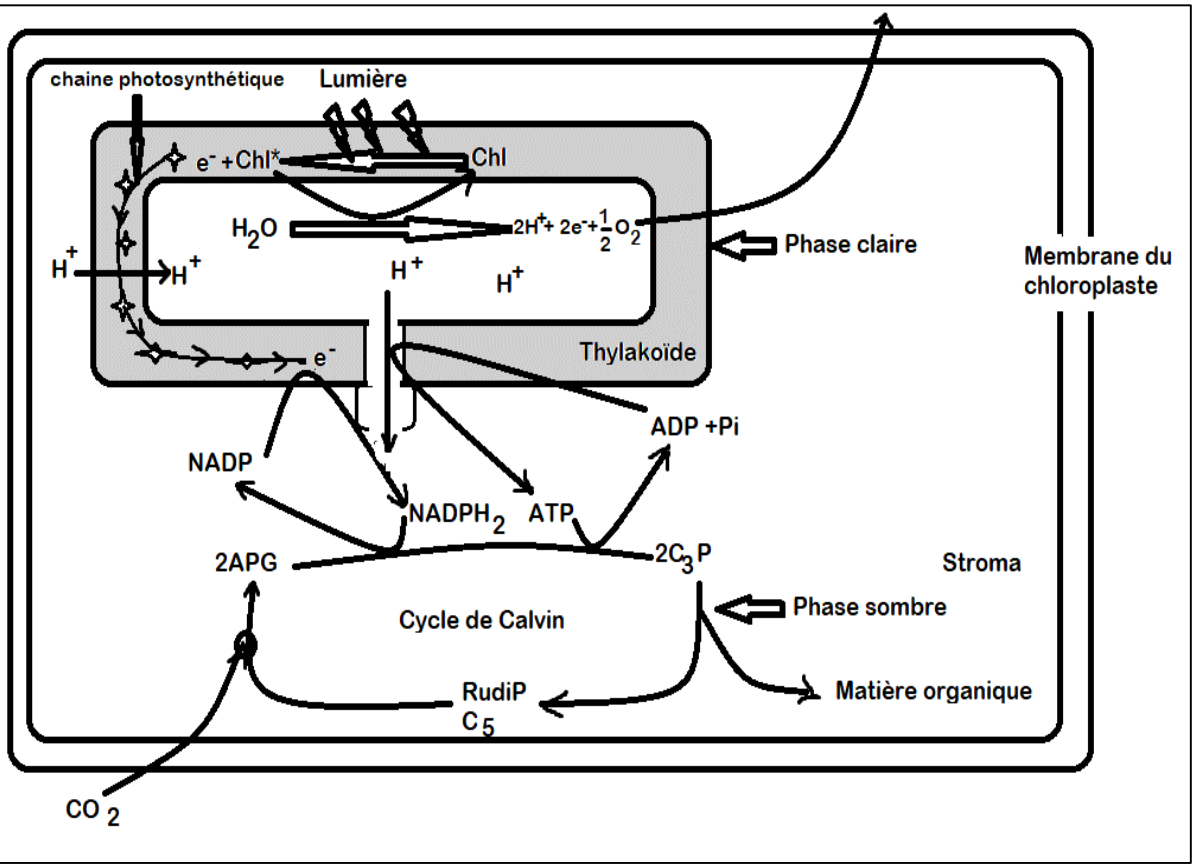
Les feuilles des végétaux verts sont des usines de production de carbone organique. Elles absorbent le gaz carbonique par leurs stomates et l'acheminent dans les chloroplastes de leurs cellules. Là la chlorophylle fixe l'énergie lumineuse qui sert à réduire le CO_2 en molécules organiques carbonées. C'est la photosynthèse.

Expérience : On apporte à une plante verte à la lumière des molécules d'eau et de CO_2 marquées. Les résultats sont consignés dans le tableau du document 1A.

A	CO_2 avec Oxygène lourd (^{18}O)	Le dioxygène rejeté est léger ($^{16}O_2$) Le glucose formé contient l'oxygène lourd.
B	H_2O avec l'oxygène lourd (^{18}O)	Le dioxygène rejeté est lourd ($^{18}O_2$)
C	CO_2 avec carbone radioactif (^{14}C)	Le glucose formé est radioactif ($^{14}C_6H_{12}O_6$)

Document 1A

Le document 1B représente les différentes étapes de la photosynthèse.



Document 1B

Consigne : à l'aide de l'exploitation du document 1 :

1. Explique le devenir des atomes marqués.
2. Cite les étapes de la photosynthèse et précisez leurs sièges.
3. Dégage les caractéristiques de chaque phase et établis un bilan.
4. Explique le couplage des deux phases de la photosynthèse.

Synthèse partielle :

1) Analyse :

A- Le dioxygène du CO2 absorbé n'est pas rejeté. Il est incorporé dans le glucose.

B- Le dioxygène rejeté provient de la molécule d'eau (photolyse).

C- Le CO2 absorbé est incorporé dans la matière organique.

2) Les étapes de la photosynthèse :

La phase claire ou photochimique : dans la membrane des thylakoïdes

La phase sombre ou biochimique : dans le stroma.

3) Caractéristiques des étapes de la photosynthèse.

La phase photochimique : elle est caractérisée par quatre principales réactions :

La fixation de l'énergie lumineuse : la chlorophylle absorbe l'énergie lumineuse et devient excitée.

La photolyse de l'eau : la chlorophylle revient à son état normal en arrachant des électrons à l'eau suivant l'équation : $H2O \rightarrow 2H+ + 2e^- + ½\ O2$. Le dioxygène se dégage.

La réduction d'un transporteur le NADP : $NADP+ + 2H+ + 2e- \ NADPH2$.

La synthèse d'ATP : ADP + Pi + E ⟶ ATP + H2O.

Au terme de la phase claire, il y a formation d'énergie chimique (ATP et NADPH2) qui seront utilisés pendant la phase suivante et la formation d'un déchet (O2) qui se dégage.

La phase biochimique : elle est caractérisée par la fixation du carbone (CO2) et l'utilisation des produits de la phase claire pour la synthèse de matière organique.

Le carbone est fixé sur une molécule à C5 pour donner deux APG puis réduit par le NADPH2 et l'ATP pour donner la molécule organique et régénérer le Rudi P. C'est le cycle de Calvin.

4) Le couplage des deux phases.

Dans le cycle de Calvin, l'APG est réduit en triose phosphate par les électrons et protons du NADPH2 et l'énergie de l'ATP (produits de la phase claire). Cette réduction libère l'ADP, le Pi et le transporteur oxydé (NADP) qui seront encore utilisés par la phase claire.

Activité 2 : La transformation de l'énergie des métabolites.

A. La respiration cellulaire.

Expérience 1 : Si on isole des mitochondries d'une cellule par une technique appropriée, on peut constater que ces organites réalisent des réactions suivantes : dégradation d'un substrat organique, absorption de dioxygène, dégagement de dioxyde de carbone.

Expérience 2 : une fraction de culot de mitochondries diluée dans un tampon est placée dans un bioréacteur. On mesure la quantité de l'oxygène en fonction du temps. At1, on ajoute du glucose dans le milieu et en t2 on ajoute du pyruvate. L'ajout de glucose ne modifie pas la teneur en oxygène, celui du pyruvate entraine une consommation de dioxygène.

Consigne :

1. Nomme le phénomène mis en évidence dans l'expérience 1 et définissez-le.
2. Interprète les résultats de l'expérience 2

Synthèse partielle 2A :

1) Le phénomène mis en évidence dans l'expérience 1 est la respiration cellulaire.

Définition : c'est la dégradation totale d'un substrat organique en aérobiose.

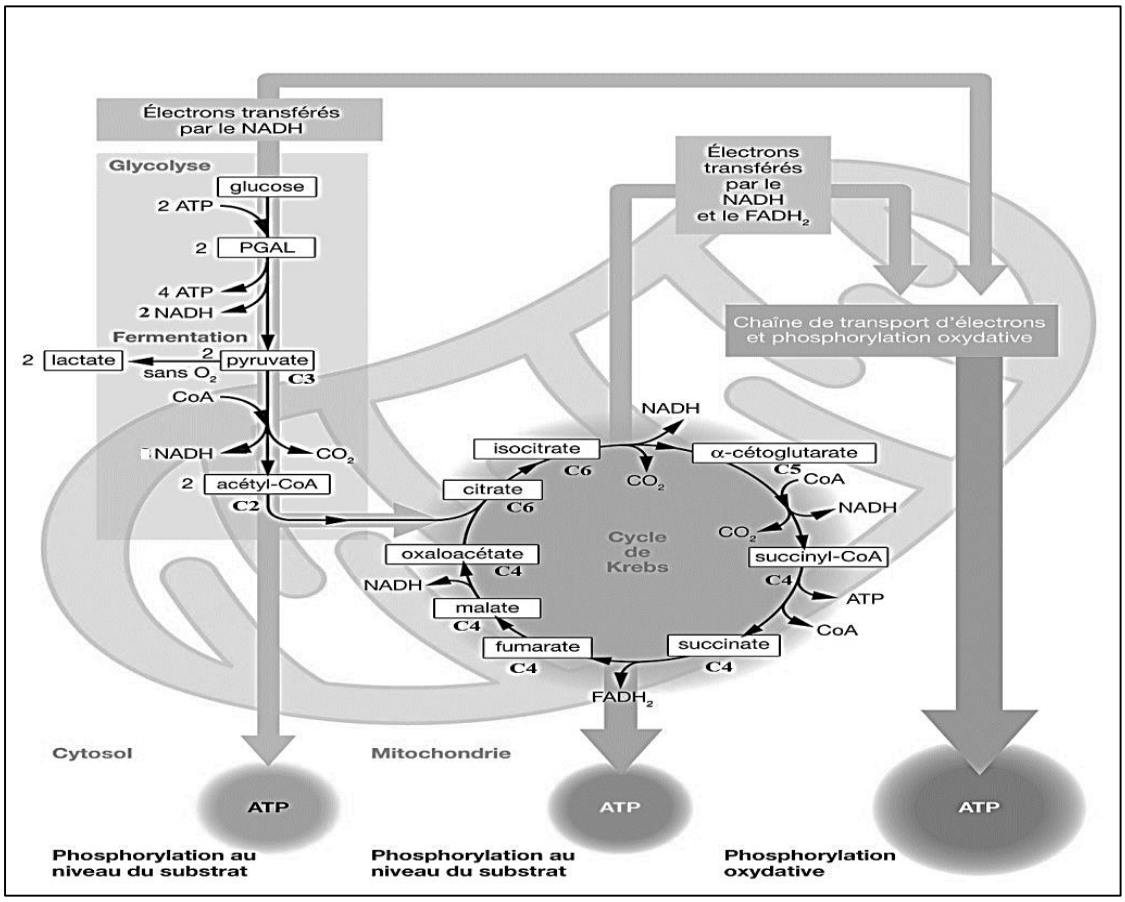
2) Interprétation :

Avec l'ajout de glucose il n'y a pas d'absorption d'O2 (pas de respiration) : le glucose n'est pas directement dégradé par les mitochondries.

L'ajout de pyruvate provoque une absorption d'O2 (respiration) : c'est le pyruvate (produit de la glycolyse) qui est dégradé par les mitochondries.

B. Les étapes de la respiration cellulaire.

Le doc. 2 représente les étapes de la dégradation d'un substrat organique dans une cellule en milieu aérobie.



Doc.2

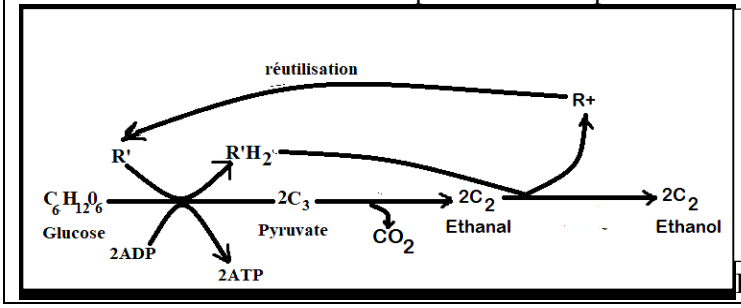
Consigne :

1. Cite et caractérise les étapes de la dégradation du glucose.
2. Précise le nombre d'ATP formé pour l'ensemble des réactions sachant que : Chaque molécule de pyruvate (2) subit les réactions à l'intérieur des mitochondries.
   1NADH2 donne 3ATP ; 1FAD donne 2ATP.
3. Etablis le bilan de la respiration.
4. Calcule le rendement énergétique de la respiration :

R=$\frac{30,5*nombre\ d'ATP}{ET}$*100. Avec ET= 2860KJ (énergie totale contenu dans une molécule de glucose).

C. Les fermentations.

Les fermentations sont plus variées en terme réactionnel. Dans tous les cas, seule la première partie de la réaction fournit de l'ATP grâce à la glycolyse. Le produit final est toujours une molécule organique : l'oxydation est incomplète et ne libère que peu d'énergie. Mais c'est une source d'ATP pour les cellules en anaérobiose. Le document 3 représente les étapes de la fermentation alcoolique.



Doc.3

Consigne :

1. Calcule le bilan de la fermentation alcoolique.
2. Compare la fermentation et la respiration.

Synthèse partielle 2B :

1) Les étapes de la respiration cellulaire :

La dégradation du glycose au cours de la respiration se déroule en 4 étapes : la glycolyse, la réaction transitoire et le cycle de Krebs et la phosphorylation oxydative.

La glycolyse : elle se passe dans le hyaloplasme. Elle correspond à la dégradation du glucose en deux molécules de pyruvates. Cette réaction de glycolyse n'utilise pas d'oxygène et la principale réaction est une déshydrogénation. Il y a formation de deux molécules d'ATP et de deux molécules de NADH2.

La réaction transitoire (dans la matrice) : chaque molécule de pyruvate entre dans la mitochondrie et subit une décarboxylation oxydative pour donner l'acétate qui se combine à la coenzyme A pour donner l'acétylcoenzyme A. Elle permet la réduction d'un transporteur et la libération d'une molécule de CO_2 (pour chaque pyruvate).

Le cycle de Krebs (dans la matrice) : Elle débute avec la fixation de l'acétylcoenzyme A sur l'acide oxaloacétique préexistant dans la mitochondrie pour donner l'acide citrique qui subit un ensemble de réactions constituant le cycle de Krebs (deux décarboxylations et quatre déshydrogénations). Pour chaque molécule de glucose le cycle se produit deux fois ce qui fournit $4CO_2$, deux ATP et 8 transporteurs réduits (dont 6NADH2 et 2FADH2).

La chaîne respiratoire (dans les crêtes) :

Elle est caractérisée par l'oxydation des transporteurs (NADH2 et FADH2).

Les électrons seront transportés le long de la chaîne respiratoire à travers les différents complexes jusqu'à l'accepteur final qui est l'oxygène alors que Les protons H^+ sont pompés vers l'espace inter-membranaire. $2H^+ + 2e^- + ½\ O_2 \rightarrow H_2O$.

Au niveau des sphères pédonculées, l'ATP synthase utilise l'énergie libérée par le transfert des protons pour la synthèse d'ATP : c'est la phosphorylation oxydative.

2) Le nombre d'ATP produit par une molécule de glucose :

2ATP (glycolyse) + 2ATP (cycle de Krebs) + 34ATP (phosphorylation oxydative) = 38 ATP.

3) Bilan de la respiration : le glucose totalement est dégradé en molécules minérales pour produire de l'énergie suivant la réaction :

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E$ (2860KJ).

4) Le rendement énergétique :

$$R=\frac{30,5*nombre\ d'ATP}{ET}*100.$$

,

Si N= 36 : R= (30,5*38*100)/2860= 40%. Si N = 36 : R= (30,5*36*100)/2860= 38%.

Synthèse partielle 2C

1) Le rendement de la fermentation :

R= (30,5 * 2*100)/2860= 2%.

2) Comparaison :

La respiration est une dégradation totale tandis que la fermentation est une dégradation partielle.

La respiration produit beaucoup d'énergie (34ATP) tandis que la fermentation en produit peu (2ATP).

Les mitochondries interviennent dans la respiration (aérobie) tandis qu'elles n'interviennent pas dans la fermentation (anaérobie).

Dans la respiration, l'accepteur final est l'O_2 tandis que dans la fermentation c'une molécule organique.

Synthèse générale :

I. La photosynthèse.

La photosynthèse est la synthèse de molécules organiques à partir de molécules minérales (CO_2 et H_2O) en utilisant la lumière comme source d'énergie. La photosynthèse s'accompagne d'échanges gazeux : absorption de CO_2 et rejet d'O_2. La capture de la lumière pour la photosynthèse nécessite la présence de substances colorées capables d'absorber la lumière appelées pigments photosynthétiques. Il y a des pigments principaux représentés par les Chlorophylles (a et b) et des pigments accessoires (caroténoïdes et phycobellines). Tous ces pigments sont groupés dans des complexes appelés photosystèmes.

1. Les phases de la photosynthèse.

a. Capture de l'énergie lumineuse : la phase claire.

L'énergie lumineuse est captée par pigments photosynthétiques. L'absorption d'un photon par la molécule provoque la délocalisation d'un électron de son orbite vers l'orbite supérieure : on dit que la molécule est excitée. L'énergie de l'excitation est libérée à nouveau de trois manières : émission de lumière ou de chaleur, transfert de l'excitation par résonnance et enfin ionisation par émission de l'électron. Le photosystème est formé d'antennes collectrices qui absorbent la lumière pour la transférer de molécule à molécule, et un centre réactionnel formé de chlorophylle a qui réalise l'ionisation considéré comme un acte photochimique.

La phase claire débute par cet acte photochimique où la molécule de chlorophylle a perd un électron qui est transféré à différents accepteurs. La chlorophylle récupère son électron par la réaction de photolyse de l'eau. $H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + ½\ O_2$. Le transporteur réduit par la chlorophylle est le premier d'une chaine de transporteurs localisés dans la membrane des thylakoïdes. Les électrons sont transférés le long de cette chaîne de façon spontanée grâce à l'énergie acquis par la conversion de l'énergie lumineuse, jusqu'à un accepteur final (le NADP : Nicotinamide Adénine Di nucléotide Phosphate) qui sera réduit en $NADPH_2$. Tout au long de leur transfert, de l'énergie est perdue par les électrons. Elle est récupérée pour assurer le passage des H^+ à l'intérieur du thylakoïde, ce qui augmente quantité. Lors de la phase photochimique, les protons issus de la photolyse de l'eau ou du transfert des électrons s'accumulent dans le thylakoïde. Ils créent une force permettant leur passage à travers des complexes particuliers de la membrane des thylakoïdes : les sphères pédonculées, qui récupèrent l'énergie libérée lors du passage des protons pour permettre la synthèse d'ATP (Adénosine Triphosphate) selon la réaction : ADP +Pi +énergie ATP + H_2O. Les protons revenus dans le stroma du chloroplaste sont fixés par le même accepteur final que les électrons : $NADP^+ + 2H^+ + 2e^-$ $NADPH_2$. La phase photochimique assure la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisable dans les réactions cellulaires : l'ATP et le $NADPH_2$ qui seront nécessaires à la réduction du CO_2 en molécule organique.

b. Réduction du CO_2 : phase sombre

Cette phase a lieu dans le stroma et utilise les produits de la phase claire qui sont nécessaires pour la synthèse des glucides : c'est le cycle de Calvin. Le CO_2 est intégré dans une molécule organique par l'enzyme la plus abondante chez les végétaux qui est la Rubisco. Ce CO_2 est ensuite réduit grâce au $NADPH_2$ et à l'ATP pour le transformer en glucide. La lumière n'est donc pas directement utilisée pour cette étape d'incorporation mais à l'obscurité, elle cesse de fonctionner. Les produits de la phase photochimique apportent ainsi l'énergie nécessaire à la réduction du CO_2 en molécule organique.

En retour, le transporteur réoxydé et l'ADP +Pi libérés peuvent être reconvertis dans d'autres processus photochimique. Les deux phases de la photosynthèse sont dépendantes l'une de l'autre dans les deux sens.

II. L'oxydation cellulaire.

L'ATP est la source d'énergie de la cellule. Il faut de ce fait un renouvellement permanant de l'ATP.

C'est la dégradation des métabolites qui libère l'énergie nécessaire à la synthèse de l'ATP.

Cette dégradation se fait suivant deux voies : la respiration et la fermentation.

1. La respiration cellulaire

Il s'agit d'un ensemble de réactions de dégradation de la matière permettant à la cellule de produire de l'énergie (ATP) avec absorption d'O_2 et dégagement de CO_2. On peut la diviser en différentes étapes : La glycolyse, la réaction transitoire et le cycle de Krebs et la phosphorylation oxydative.

a. La glycolyse :

C'est une suite de réactions qui dégradent une molécule de glucose en deux molécules de pyruvates dans le hyaloplasme (ou cytosol). En effet les mitochondries n'utilisent pas directement le glucose. Cette réaction de glycolyse n'utilise pas d'oxygène et la principale réaction est une déshydrogénation. Il y a formation de deux molécules d'ATP et de deux molécules de $NADH_2$.

b. **La réaction transitoire et le cycle de Krebs.**

Ces réactions ont lieu dans la matrice mitochondriale.

La réaction transitoire : durant cette réaction, le pyruvate subit une décarboxylation oxydative pour donner l'acétate qui se combine à la coenzyme A pour donner l'acétylcoenzyme A. Le CO2 est libéré. Cette réaction s'effectue deux fois pour chaque molécule de glucose car elle porte sur chaque molécule de pyruvate. On obtient alors deux molécules de CO2, deux molécules d'acétylcoenzyme A et deux molécules de NADH2.

Le cycle de Krebs : c'est une voie métabolique qui débute et s'achève par un composé en C6 (l'acide citrique). Elle débute avec la fixation de l'acétylcoenzyme A sur un corps en C4 (l'acide oxaloacétique) préexistant dans la mitochondrie pour donner l'acide citrique. Le corps ainsi formé subit un ensemble de réactions constituant le cycle de Krebs (deux décarboxylations et quatre déshydrogénations). A la fin du cycle se trouve régénérer le corps en C4. Pour chaque molécule de glucose le cycle se produit deux fois ce qui fournit 4CO2, deux ATP et 8 transporteurs réduits (dont 6NADH2 et 2FADH2).

c. **La chaîne respiratoire :**

C'est une voie métabolique se déroulant au niveau de la membrane interne (crêtes) de la mitochondrie. La chaîne respiratoire débute par la déshydrogénation du NADH, H+ par le complexe NADH déshydrogénase dans la membrane interne mitochondriale : NADH, H+ → NAD+ + 2H+ + 2 e-. Les électrons seront transportés le long de la chaîne respiratoire à travers les différents complexes jusqu'à l'accepteur final qui est l'oxygène alors que Les protons H+ sont pompés vers l'espace inter-membranaire. 2H+ + 2e- + ½ O2 → H_2O. Lors du transport d'électrons à travers chacun des trois complexes enzymatiques respiratoires, une chute importante de l'énergie est enregistrée qui est utilisée pour le pompage de protons (H+) de la matrice vers l'espace inter-membranaire. L'ATP synthase utilise l'énergie du flux protonique pour synthétiser l'ATP à partir d'ADP et Pi dans la matrice. ADP + Pi + énergie → ATP.

C'est la phosphorylation oxydative puisque l'énergie provient des H2 des substrats par oxydation.

La respiration cellulaire ne se produit qu'en présence d'oxygène et le glucose se brise en donnant du CO2 et de l'eau. C'est une minéralisation totale. La dégradation d'une molécule fournie 38 molécules d'ATP dont deux proviennent de la glycolyse, 2 du cycle de Krebs et 34 de l'oxydation des transporteurs d'H2.

2. La fermentation :

C'est une oxydation cellulaire incomplète des substrats organiques au cours de laquelle, il y'a formation d'un résidu organiques riche en énergie chimique potentielle. Elle débute tout comme la respiration aérobie par la glycolyse. Les fermentations lactiques et alcooliques se déroulent en anaérobie. Elles produisent de l'énergie nécessaire au fonctionnement cellulaire lorsque les conditions du milieu ne sont pas favorables à la respiration mais cette production est faible par rapport à celle de la respiration. Le rendement énergétique de la fermentation est de 2%. Les mitochondries n'interviennent pas dans la fermentation. L'accepteur final est une molécule organique. La production d'ATP se limite aux deux molécules formées au cours de la glycolyse.

Concept général 2 : L'information génétique.
Sous concept 1 : Le support de l'information génétique.

Pré-évaluation :
Qu'est-ce que l'ADN ?
Quelle est l'importance de l'ADN ?

Situation problème :
Les êtres vivants possèdent au sein de leurs cellules un "programme génétique" (donnant les caractéristiques de leur espèce + leurs caractéristiques individuelles) contenu, chez les Eucaryotes, dans le noyau. Ce programme se transmet de génération en générations sous forme de chromosomes, supports des caractères héréditaires.
Comment sont organisés les chromosomes ?
Quelle molécule est le support de l'information génétique et comment est-elle organisée ?

Compétence :
- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :
- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations
- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

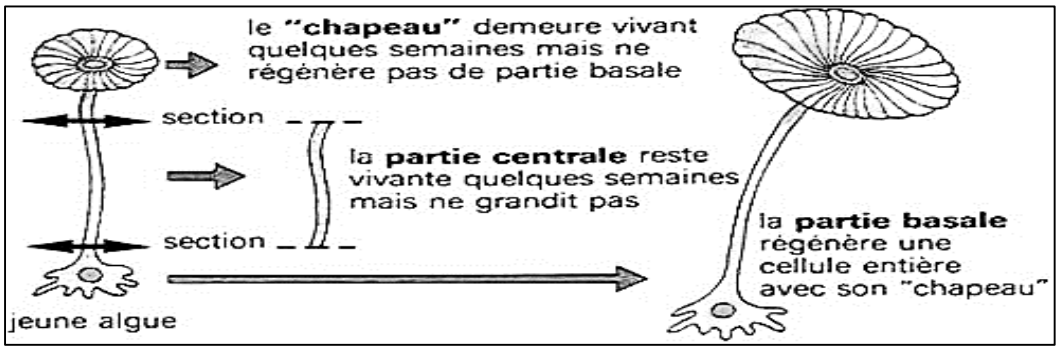
Stratégies d'animation :
Organisation de la classe en sous-groupes de travail, synthèse en classe.

Activité1 : Rôle du Noyau.

Les acétabulaires sont des algues unicellulaires, marines. Elles sont constituées d'une cellule de forme particulière, qui comprend une partie basale contenant le noyau, une tige et un chapeau.

A) Expérience de Mérotomie :

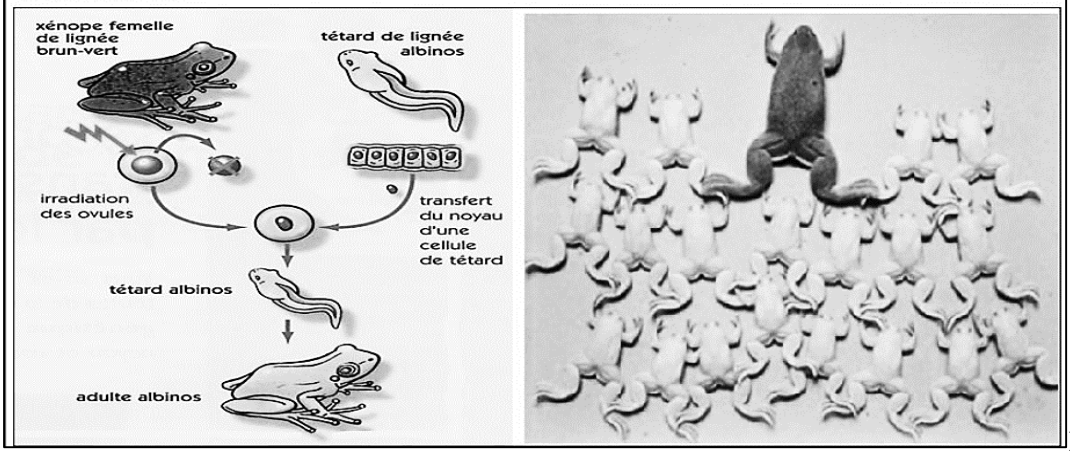
On sectionne un acétabulaire en trois parties qui sont : le chapeau, la tige et la partie basale et on observe les résultats suivants (Document 1).



Document 1

B) Greffe de noyau.

En 1960 , le biologiste anglais Gurdon , travaille sur des amphibiens de l'espèce xénope (crapauds) ,par irradiations aux rayons ultra violets , 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 intestinales d'un têtard de xénope albinos .
Sur 54 œufs ainsi préparés , 30 ont donné des adultes tous identiques entre eux de même sexe et albinos



Document 2

Consigne :

A partir de l'analyse des documents 1 et 2, donne les rôles du noyau.

Synthèse partielle 1:

Analyse :

Document 1 : Expérience de Mérotomie :

La partie basale régénère les parties manquantes car elle contient le noyau.
Le chapeau et la tige ne régénèrent pas, car elles ne contiennent pas de noyau.

Document 2 : Greffe de noyau.

On constate que chaque individu se construit à partir d'une cellule unique (le zygote).
Tous les xénopes nouvellement formés sont albinos car les zygotes possèdent le noyau d'un xénope albinos. Les caractères spécifiques semblent hérités par un constituant du noyau.

Conclusion :

Le noyau assure la vie cellulaires et le maintien des caractères héréditaires.

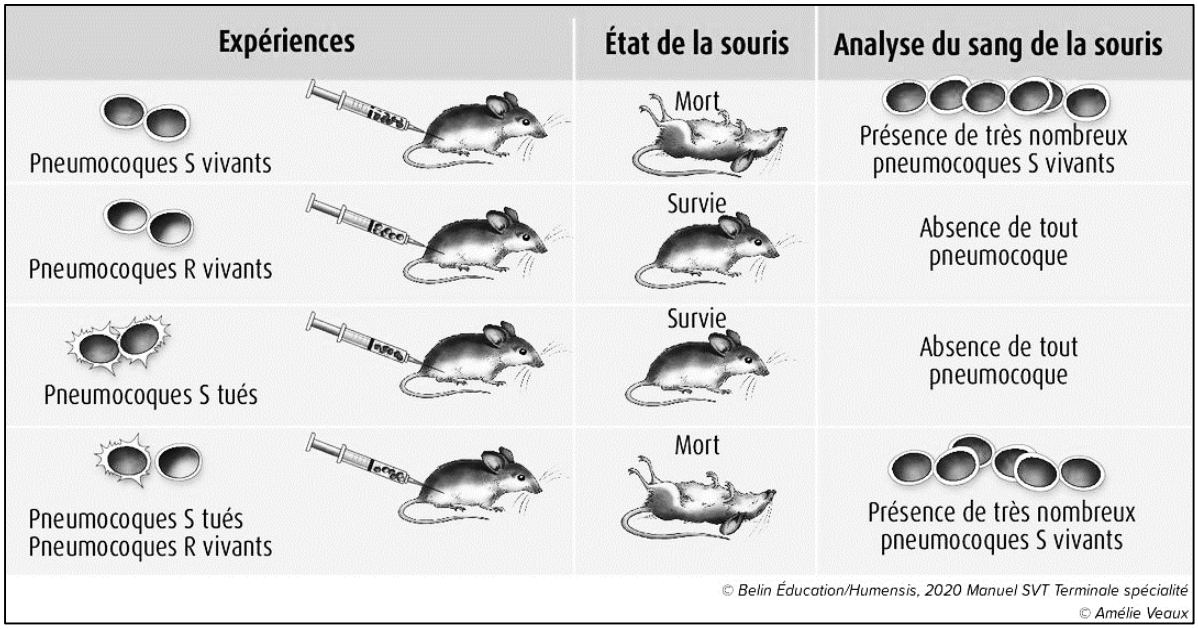
Activité 2 : Structure de l'ADN (Acide désoxyribonucléique).

A) La nature chimique de l'ADN.

Expérience de Griffith : Les pneumocoques sont des bactéries responsables de la pneumonie. Il existe plusieurs souches ; Griffith, physiologiste anglais utilise deux souches R et S.

R : sans capsule a un aspect rugueux. ; **S** : présente un aspect lisse grâce à la présence de capsule.

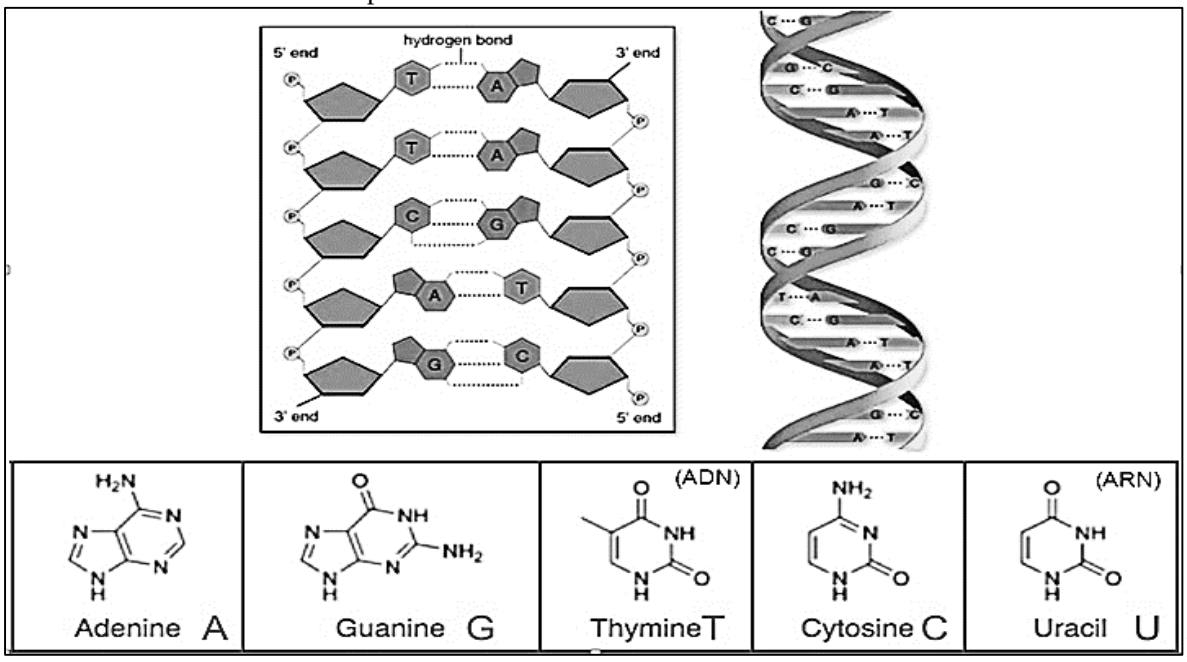
Les résultats sont résumés dans le schéma A du document 3.



A

B) Structure de l'ADN :

Le schéma B du document 3 représente la structure des chromosomes et celle de l'ADN.



B

Document 3

Consigne :

1. A partir de l'analyse de l'expérience de Griffith formule une hypothèse pouvant expliquer l'apparition de bactéries S dans le corps des souris mortes.
2. Décris l'organisation de l'ADN.
3. Définis : un nucléotide ; un nucléoside.

Synthèse partielle 2:

1) Analyse :

L'injection de bactéries S vivantes entraine la mort de la sourie : la souche S dotée de capsule est pathogène.

L'injection de bactéries R vivantes n'entraine pas la mort de la sourie : la souche R (sans capsule) est non pathogène.

L'injection de bactéries S tuées n'entraine pas la mort de la sourie : cette souche perd sa pathogénicité sous l'effet de la chaleur.

L'injection de bactéries R vivantes et S tuées entraine la mort de la sourie et il y a apparition de bactéries S vivantes dans le sang de la sourie : l'un des constituants des bactéries S (ADN) permet à des bactéries R de construire une capsule et de se transformer en bactéries S pathogènes.

L'ADN est une molécule chimique, support de l'information génétique.

2) Description de l'ADN :

L'ADN est une molécule constituée de deux brins (bi caténaire) enroulés en double hélice. Chaque brin est une longue chaine d'éléments appelés nucléotides. Chaque nucléotide est constitué d'un acide phosphorique, d'un désoxyribose (sucre) et d'une base azotée.

Il existe quatre types de bases azotées :

Les bases pyriques : l'adénine (A) et la guanine (G).

Les bases pyrimidiques : la thymine (T), et la cytosine (C).

Les deux chaînes de nucléotides sont reliées par des liaisons hydrogènes établies entres les bases azotées. L'adénine est toujours associée à la thymine (A-T), la cytosine est associée à la guanine (G-C) : on dit que les deux chaînes sont complémentaires.

3) Définitions :

Un nucléoside : c'est l'ensemble formé par une base azotée liée à un sucre (ribose ou désoxyribose). Exemple : adénosine, Guanosine, cytidine et thymidine.

Un nucléotide : c'est l'ensemble formé par un nucléoside lié à une ou plusieurs molécules de phosphate. Exemple : ATP, GTP, ADP…

Synthèse générale.

Toutes les cellules d'un être vivant, aussi diversifiées soient-elles, proviennent par division successive d'une cellule unique (le zygote). Les vraies jumeaux se ressemblent parfaitement et sont toujours du même sexe. Ils proviennent d'une seule et même cellule.

La transmission des caractères chez chaque être vivant suppose l'existence d'un véritable programme biologique transmissible d'une génération à une autre. Ce programme est appelé information génétique.

I. Le noyau.

1. Le rôle du noyau :

C'est au niveau du noyau qu'est stockée toute l'information génétique de la cellule. Il est responsable de l'hérédité et du contrôle des structures qui commandent toute l'activité de la cellule. Ses structures sont les gènes. Il représente le patrimoine héréditaire de la cellule et es il est aussi porteur du génome. Son rôle principal est le stockage du génome nécessaire à la réplication de l'information génétique contenue dans les gènes.

2. Structure du noyau :

C'est un organite gros, réfringent (renvoie la lumière) et facile à colorer. Sa taille varie selon le type de cellule et son activité. Le rapport nucléo plasmique (volume du noyau divisé par le volume du cytoplasme) renseigne sur l'activité cellulaire. Les principales structures du noyau sont:

L'enveloppe nucléaire: c'est une double membrane en continuité avec le réticulum endoplasmique. Elle est interrompue par endroits par des passages appelés pores nucléaires. Les pores ne sont pas de simples trous. C'est une structure organisée comprenant environ 500 protéines disposées selon une symétrie d'ordre 8. Elle comprend un anneau cytoplasmique lié à des filaments, un anneau intermédiaire et un anneau nucléaire associé à un panier. Ces pores servent à réguler les échanges entre le cytoplasme et le noyau.

La face interne de l'enveloppe nucléaire est tapissée par une couche protéique filamenteuse de 10 à 20 nm d'épaisseur : la lamina. Elle donne au noyau sa forme et sert aussi à reconstituer l'enveloppe nucléaire après la mitose.

Le nucléoplasme : c'est la substance fondamentale du noyau formée par une matrice gélatineuse contenant des ions, des protéines, des enzymes et des nucléotides. Elle assure une continuité entre les divers constituants moléculaires du noyau.

La chromatine : c'est la forme sous laquelle se présente le matériel génétique pendant l'interphase. Elle comprend une forme très condensée inactive appelée hétérochromatine et une forme lâche et diffuse appelée euchromatine.

Le nucléole : c'est une structure dense, bien individualisée et de forme sphérique. Il n'est pas entouré d'une membrane lipidique. Le rôle des nucléoles est la formation des ribosomes. Les gènes appelés organisateurs nucléolaires réalisent la transcription d'une partie des ARNr qui s'associent avec d'autres ARN et avec des protéines (issues du cytoplasme) pour former les prés ribosomes qui se scindent en petite et grosse sous-unité.

II. Organisation du matériel génétique de la cellule

1. Structure de l'ADN

La structure de la molécule d'ADN a été établie en 1953 par Crick et Watson qui ont eu le prix Nobel.

C'est une molécule formée de deux longues chaînes de nucléotides (double brin) enroulées en double hélice.
Chaque brin est constitué de précurseurs appelés nucléotides. Chaque nucléotide est constitué d'un acide phosphorique, d'un désoxyribose (sucre) et d'une base azotée.
Il existe quatre types de bases azotées : l'adénine (A), la thymine (T), la guanine (G) et la cytosine (C).
La succession des nucléotides au niveau d'un brin d'ADN varie au sein de la même molécule et entre les molécules de différents individus et différentes espèces : on parle de séquence d'ADN. Cette séquence constitue une information génétique écrite avec un alphabet à 4 lettres. Les deux chaînes de nucléotides sont reliées au niveau des bases azotées. L'adénine est toujours associée à la thymine (A-T), la cytosine est associée à la guanine (G-C) : on dit que les deux chaînes sont complémentaires. Les brins sont polarisés il y a une extrémité 3' et une extrémité 5'. Dans une molécule d'ADN, l'extrémité 3' est en face de l'extrémité 5' de l'autre brin : les deux brins sont antiparallèles. L'ADN d'un individu donné est divisé en différentes parties chacune gouvernant un caractère donné. Ces fragments sont appelés gènes. Les différentes versions du même gène issues généralement de mutations sont appelées allèles.

2. Organisation du matériel génétique chez les eucaryotes :

L'ADN des cellules eucaryotes se combine avec des protéines basiques appelées histones pour former des structures appelées nucléosomes. Ces structures contiennent 4 paires de particules protéiques histones (H2A, H2B, H3 et H4) entourées deux fois par le filament d'ADN d'une longueur de 60 paires de base. Entre les nucléosomes, il y a une partie inter nucléosomique associée à une histone H1. Cette fibre nucléosomique condense l'ADN de 6 à 7 fois.
La fibre nucléosomique se condense par la suite en une fibre plus épaisse dite fibre de 30 nm. Ce mode de condensation divise encore la communauté scientifique.
La fibre de 30 nm subit des niveaux de condensation supérieurs permettant le passage de l'état de chromatine à la l'état de chromosomique visible pendant des mitoses. Ainsi, la fibre forme d'abord des boucles appelées microconvules. Ces boucles condensent encore l'ADN d'environ 10 fois.
Le passage ultime de la chromatine condensée au chromosome se fait par le regroupement des boucles en rosettes et leur ancrage à une charpente centrale du chromosome formée de protéines non histones. Cette étape permet de condenser l'ADN d'environ 20 fois.
Ce processus permet de passer d'une longueur totale de 1,90 m pour l'ADN humain à une longueur de 220µm correspondant à la longueur totale des chromosomes. C'est une condensation d'environ 8000 fois.

Sous concept 2 : La transmission de l'information génétique au cours des divisions cellulaires.

Pré-évaluation :

Quelles sont les modes de divisions des cellules ?

Quelle est l'importance de la division cellulaire ?

Situation problème :

L'ADN, molécule support de l'information génétique se trouve les chromosomes. Chez les cellules eucaryotes il se combine avec des protéines basiques appelées histones pour former des structures appelées nucléosomes. L'ensemble des chromosomes forme le matériel génétique qui est un ensemble d'instructions qui doivent être transmises à la descendance. Les métazoaires et les métaphytes sont constitués de plusieurs cellules provenant du zygote. Toutes ces cellules contiennent la même information génétique.

Comment se transmet l'information génétique de la cellule-mère aux cellules-filles ?

Comment l'information génétique est conservée au cours de la division cellulaire ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

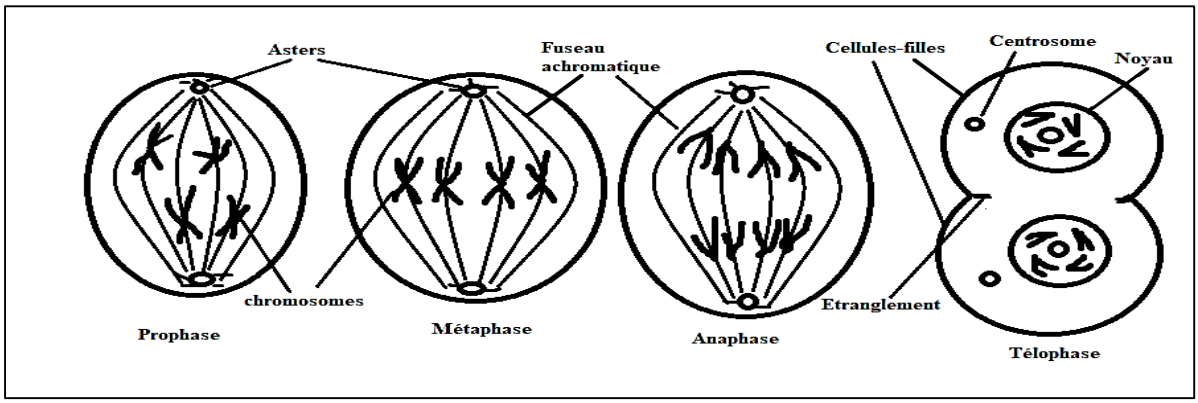
- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

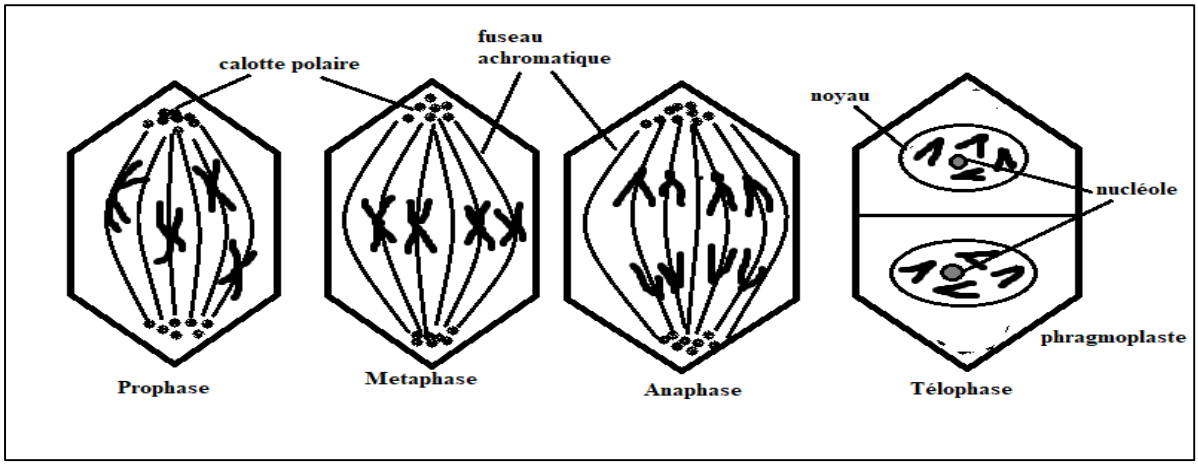
Organisation de la classe en sous-groupes de travail, synthèse en classe.

Activité 1 : La mitose

Le document 1 représente les étapes de la mitose chez une cellule animale et chez une cellule végétale.



A



B

Document 1

Consigne :

1. Cite et caractérise les étapes de la mitose d'une cellule animale.
2. Dégage les particularités de la mitose d'une cellule végétale.

Synthèse partielle 1:

1) La mitose d'une cellule animale :

La mitose est un phénomène continu, mais le comportement des chromosomes nous permet de la diviser en 4 étapes.

La prophase : c'est la phase la plus longue de la mitose**.** Elle est caractérisée par : la disparition de la membrane nucléaire et du nucléole, la formation des asters et du fuseau achromatique qui s'établie entre les deux asters, la spiralisation et l'individualisation des chromosomes.

La métaphase : c'est la phase la plus courte.

Les chromosomes, très épais et fissurés se placent à l'équateur du fuseau pour former « plaque équatoriale ».

L'anaphase : elle est caractérisée par la séparation des centromères et la migration des chromatides sœurs vers les pôles de la cellule : c'est l'ascension polaire des chromatides sœurs.

La télophase.

Les chromatides se disposent en deux lots polaires et commencent à se décondenser, le nucléole apparait et une enveloppe nucléaire se forme autour de chaque lot de chromosomes pour achever la formation des deux noyaux fils, le fuseau mitotique disparaît.

Un étranglement progressif de la cellule dans le plan médian la divise en deux cellules filles c'est la cytocinèse.

2) Particularités de la mitose d'une cellule végétale :

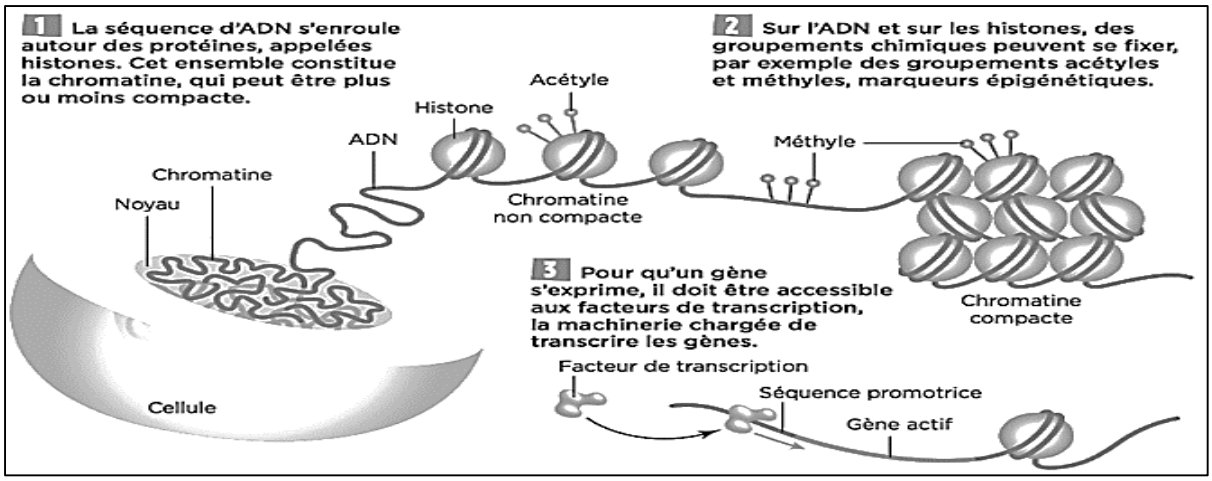
En prophase, le fuseau s'établie entre deux protubérances (calottes polaires) car les cellules végétales n'ont pas de centrosome.

En télophase, la séparation des deux cellules se fait par condensation cytoplasmique dans le plan médian de la cellule : c'est le phragmoplasme.

Activité 2 : Chromosome et ADN

A. Organisation des chromosomes

Le document 2 représente l'organisation des chromosomes.



Doc.2

Consigne :

1. Localise les chromosomes dans la cellule.
2. Sous quelles formes trouve-t-on les chromosomes dans une cellule ?

B. Nombre de chromosomes.

Le document 3 représente le nombre de chromosomes chez quelques espèces.

Espèces	Homme	Tabac	Chimpanzé	Maïs	Chien	Cheval
Cellules somatiques	46	48	48	20	78	64
Cellules germinales	23	24	24	10	39	32

Doc.3

Consigne :

1. Analyse le document 3.
2. En déduis la notion de diploïdie et d'haploïdie.

Synthèse partielle 2

A. Organisation des chromosomes

1) Les chromosomes se trouvent dans le noyau de ma cellule.
2) Les chromosomes sont constitués d'ADN et de protéines (histones). Dans le noyau quiescent, ils sont décondensés sous forme de chromatine plus ou moins compact.

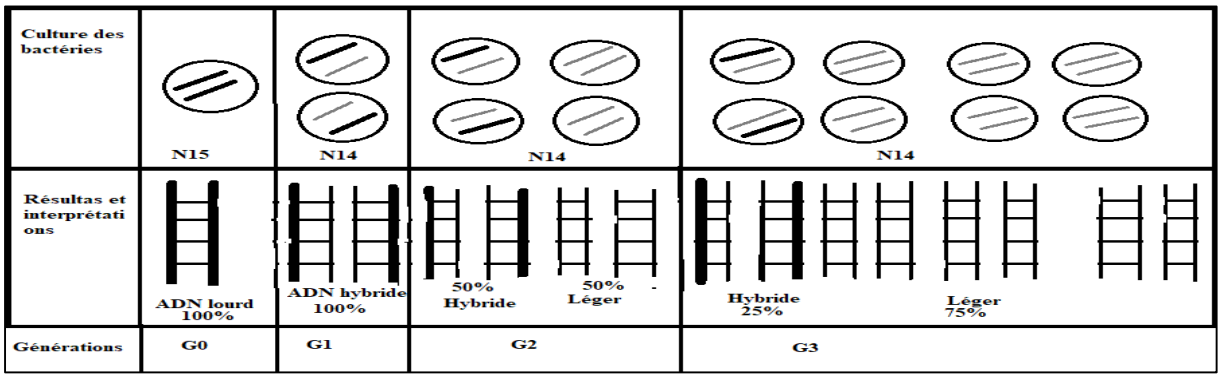
B. Nombre de chromosomes.

1) Analyse : les individus de la même espèce possèdent le même nombre de chromosome et le nombre de chromosome des cellules somatique est le double de celui des cellules germinales.
2) Une cellule haploïde est une cellule contenant n chromosomes (un exemplaire de chaque paire de chromosome) : les gamètes

Une cellule diploïde est une cellule contenant 2n chromosomes (2 exemplaires de chaque paire de chromosome) : les cellules somatiques.

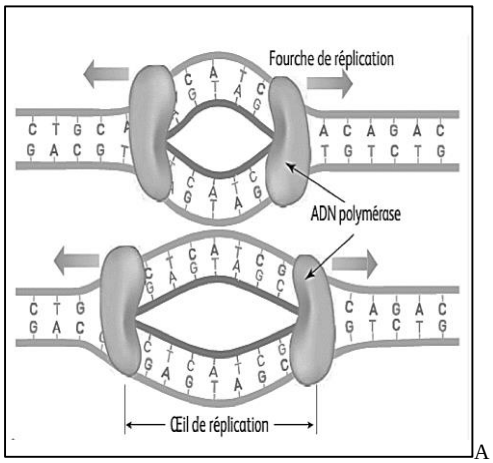
C. Réplication de l'ADN et conservation de l'information génétique.

En 1958, Meselson et Stahl cultivent des bactéries appelées colibacilles sur un milieu riche en azote lourd (N15). Au bout d'un certain temps, l'ADN de ces bactéries incorpore l'azote lourd et dévient l'ADN lourd. Ces bactéries à ADN lourd (génération G0) sont alors cultivées sur un milieu contenant de l'azote normal (N14) ; elles se multiplient plusieurs fois de suite (générations G1, G2, G3, etc.). Le document 4 représente les résultats de cette expérience.

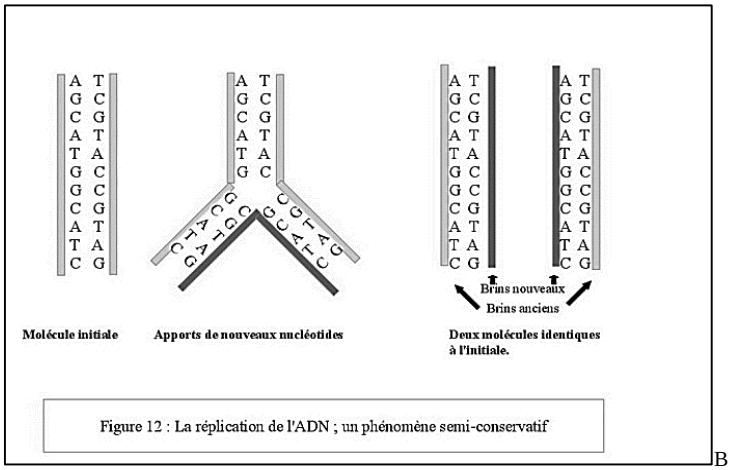


Doc.4

Le document 5 représente le mécanisme de la duplication (réplication) de l'ADN.



A



B

Figure 12 : La réplication de l'ADN ; un phénomène semi-conservatif

Doc.5

Consigné :

1. Compare l'ADN de la génération G0 à celui de G1.
2. Précise la proportion en ADN lourds et légers qu'on obtient en G5.
3. Explique le mécanisme de la réplication de l'ADN.
4. Compare les molécules-filles entre elles et compare-les à la molécule-mère.

Synthèse partielle :

1) comparaison : G0 : ADN 100% lourd et G1 : 100% hybrides (un brin lourd et un brin léger).

2) G5 : $2^5 = 32$ molécules d'ADN dont 2 hybrides (6,25%) et 30 légers (93,75%).

3) **Le mécanisme de la réplication :** elle assurée par une enzyme appelé ADN polymérase. Elle se déroule comme suit :

Ouverture des deux brins par rupture des liaisons hydrogènes.

Mise en place de nouveaux nucléotides en face des anciens grâce à la complémentarité des bases.

Formation des liaisons hydrogènes entre les nucléotides.

Formation de deux molécules filles d'ADN.

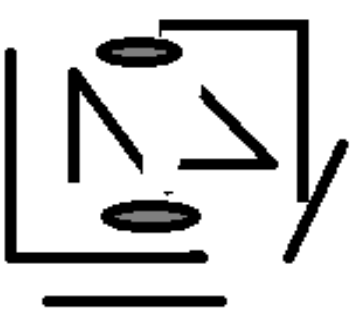
Chaque molécule fille est constituée d'un ancien et un nouveau brin (reproduction semi-conservatif). Les deux molécules filles sont identiques entre elles et identique à la molécule mère.

Activité 3 : Le caryotype.

Pour établir un caryotype, on procède comme suit :

- Cultiver des cellules au labo en plusieurs mitoses sur un milieu nutritif.
- Ajouter la colchicine dans le milieu pour bloquer les mitoses en métaphase.
- Placer les cellules en milieu très hypotonique pour les éclater.
- Ranger les chromosomes.

Le document 6 représente une photographie de l'ensemble des chromosomes chez deux drosophiles.



Caryotype A



Caryotype B

Doc.6

Consigne :

1. Donne la formule chromosomique des drosophiles et cite les différentes formes des chromosomes.
2. Range les chromosomes de chaque drosophile dans l'ordre de taille décroissante.
3. Compare les deux caryotypes et en déduis les notions d'autosomes et de gonosomes.

Activité 4 : Cycle cellulaire et évolution de la quantité d'ADN au cours d'un cycle cellulaire.

Chaque mitose est précédée par une phase préparatoire (interphase) au cours de laquelle se déroule le processus essentiel de la mitose (réplication de l'ADN, dédoublement du centrosome…).

Dans une population de cellules semblables, se divisant en même temps, on dose la quantité d'ADN que contiennent ces cellules. Le résultat obtenu est consigné dans le tableau ci-dessous.

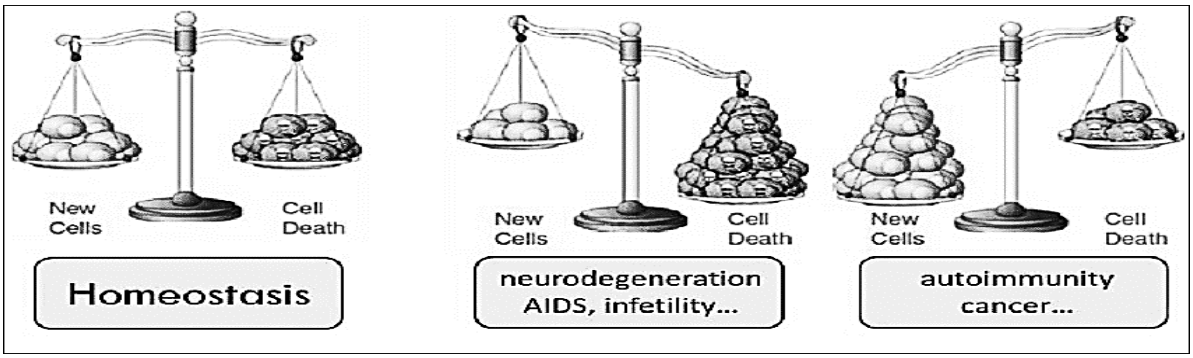
Temps en h	0	1	2	6	10	11	13	16	18	21	22	24	29
Quantité d'ADN en UA.	6,6	6,6	3,3	3,3	3,3	4	5	6,5	6,6	6,6	3,3	3,3	3,3

Consigne :

1. Trace le graphe de variation de la quantité d'ADN en fonction du temps. Echelle : 1cm=1UA ; 0,5cm=1h.
2. Indique sur le graphe une interphase et une mitose.
3. En déduis un cycle cellulaire et décrire l'évolution de la quantité d'ADN au cours d'un cycle cellulaire.

Activité 5 : Importance de la mitose.

A par quelques types de cellules de l'organisme (hématies, neurones), toutes les cellules de l'organisme sont capable de se diviser. Tous les cellules d'un organisme pluricellulaire on la même origine (le zygote). Chacune de ces cellules (somatiques) contiennent la même information génétique grâce à la mitose. La quantité de cellules produites doit correspondre aux besoins de l'organisme (homéostasie) pour assurer le bon fonctionnement de l'organisme. (Document 7)



Doc.7

Consigne :

1. Détermine l'importance de la mitose.
2. Quelles sont les conséquences d'un déséquilibre entre production et la mort de cellules dans l'organisme.

Synthèse partielle 3 :

1) La formule chromosomique : 2n=8. Il y a des chromosomes en V, en point et en bâtonnet.

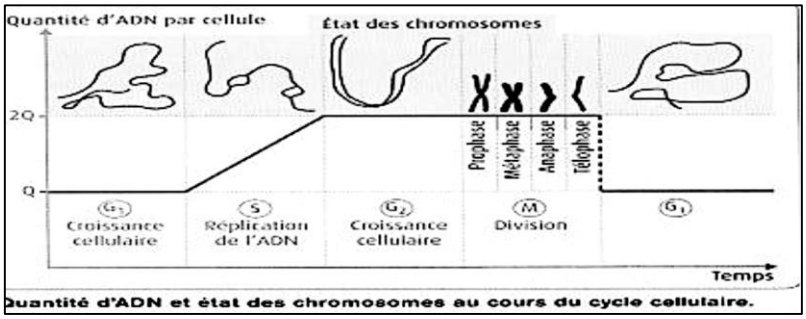
2) Après avoir rangé, on obtient le caryotype des drosophiles.

3) Comparaison :

Drosophile A : 2n = 6 + xx (femelle), Drosophile B : 2n = 6 + xy (mâle).

XX et XY sont les chromosomes sexuels (gonosomes) et les autres sont les autosomes.

Synthèse partielle 4 :



Quantité d'ADN et état des chromosomes au cours du cycle cellulaire.

1)

2) Voir graphe.

3) Un cycle cellulaire est l'ensemble d'une interphase et de la mitose suivante.

Evolution de la quantité d'ADN :

En interphase, la quantité d'ADN double grâce à la réplication (duplication) en phase S.

En anaphase de mitose, la division des centromères repartit l'ADN en quantité égale dans les deux cellules filles (division conforme).

Synthèse partielle 5 :

1) La mitose assure la croissance, le développement de l'organisme et le remplacement de cellules mortes.
2) Si le nombre de cellules est supérieur à la normale, cela provoque des cancers. S'il est inférieur à la normale, cela provoque l'atrophie.

Synthèse générale :

Le matériel génétique est un ensemble d'instructions qui doivent être transmises à la descendance. Cette transmission nécessite d'abord la création de copies supplémentaires pour que les cellules disposent chacune de sa copie. On appelle ce processus la réplication.

I. Réplication de l'ADN

La réplication s'effectue par une enzyme (l'ADN polymérase) qui écarte progressivement les deux brins de la molécule d'ADN (yeux de réplication) et permet à des nucléotides libres, présents dans le noyau de se fixer chacun en face de la base azotée du nucléotide qui lui est complémentaire. Ainsi, chaque brin d'ADN sert de matrice pour la synthèse d'un nouveau brin. La réplication débute à divers endroits de la molécule et progresse en sens inverse, formant des «yeux de réplication ». La réplication est achevée lorsque les « yeux» se rejoignent. Chaque nouvelle molécule comprend un brin nouveau et un brin ancien : **la réplication est semi-conservative.**

II. La mitose

La mitose est un processus continu, mais on peut y distinguer 4 étapes difficiles à délimiter.

1. Prophase

Les chromosomes commencent à se condenser s'individualiser. L'enveloppe nucléaire et le nucléole disparaissent. Un fuseau achromatique, constitué de microtubules apparaît entre les deux asters (chez les cellules animales) qui se forment à partir du centrosome et occupent les « pôles ».

2. La métaphase

Les chromosomes, au maximum de leur condensation, se positionnent à l'équateur du fuseau pour former « plaque équatoriale ».

3. L'anaphase

Le fuseau tire sur les deux chromatides qui se séparent et migrent vers les pôles de la cellule : c'est l'ascension polaire des chromatides sœurs.

4. La télophase et Cytodiérèse

Les chromatides se disposent en deux lots polaires et commencent à se décondenser, l'enveloppe nucléaire se forme autour de chaque lot de chromosomes et achève ainsi la formation des deux noyaux fils, le fuseau mitotique disparaît.

La cytocinèse est le partage du cytoplasme aboutissant à la séparation finale des deux cellules filles. Chez les animaux, la cytodiérèse s'effectue par un simple étranglement du cytoplasme dans la région équatoriale de la cellule.

Chez les végétaux, cette séparation est plus complexe et fait intervenir des vésicules golgiennes chargées en substances pariétales qui se disposent à l'équateur de la cellule pour former une paroi au moment où les membranes qui les entourent constituent les nouvelles membranes.

III. Mitose et cycle cellulaire

Les cellules qui se divisent régulièrement présentent un ensemble d'activités structurales et métaboliques qui leur permettent de préparer et de réaliser la mitose. Ces transformations qui se succèdent de manière répétitive sont appelées cycle cellulaire. Sa durée est, en général entre 20 et 24 h. Les étapes du cycle cellulaire peuvent être aisément suivies à travers l'estimation de la quantité d'ADN cellulaire à un moment donné.

Phase G1 (environ 8h) : période qui suit la mitose et se caractérise par une quantité minimale d'ADN et des synthèses actives permettant la croissance cellulaire.

Phase S (environ 8h) : période de réplication de l'ADN en 2 chromatides attestée par une augmentation progressive vers le doublement de la quantité d'ADN.

Phase G2: (environ 7h) : les cellules contiennent une quantité d'ADN double avec production d'enzymes et de facteurs de régulation indispensables à la mitose. La fin de cette phase G2 est marquée par la phosphorylation de nombreuses protéines.

Ces trois étapes sont regroupées sous le nom d'interphase.

Phase M ou mitose (1 à 2 h) : période de division proprement dite et de partage égal du matériel héréditaire entre les 2 cellules filles issues d'une division.

Pendant l'interphase, une cellule apte à se diviser double son taux d'ADN, c'est-à-dire synthétise (phase S) autant d'ADN qu'elle en possède.

A l'anaphase, le taux d'ADN retombe à sa valeur normale en raison du dédoublement des centromères et par conséquent la séparation des chromatides-sœurs. Ainsi dans un organisme pluricellulaire, toutes les cellules ont la même quantité d'ADN.

La mitose s'observe dans les règnes animale et végétale. Malgré quelques variantes, de détaille on retrouve les mêmes phases essentielles marquant l'universalité du phénomène. Grâce à la mitose les deux cellules-filles possèdent la même information génétique que la cellule-mère. C'est pour cela qu'on l'appelle reproduction conforme.

La réplication de l'ADN en interphase et le dédoublement des centromères en anaphase sont deux évènements complémentaires qui assurent au cours des cycles cellulaires le maintien du caryotype et de l'information génétique dans toutes les cellules d'un organisme. En outre chez les organismes pluricellulaires, la mitose assure la croissance et le développement de l'organisme et aussi le remplacement des cellules mortes.

IV. Le caryotype.

C'est une représentation photographique ou dessiné du nombre et de la forme des chromosomes d'une cellule. Etablir un caryotype permet d'observer le nombre de chromosomes, de s'assurer de leurs structures et d'examiner les hétérochromosomes ou chromosomes sexuels

L'étude d'un caryotype humain est la cytogénétique.

L'examen du caryotype montre que le nombre et la morphologie des chromosomes sont stables chez une espèce donnée (2n = 46 chez l'Homme) et tous les chromosomes sont présents par paires : on parle de chromosomes homologues. Selon la position du centromère, on distingue 3 types de chromosomes:

Les chromosomes acrocentriques: le centromère divise le chromosome en 2 bras inégaux.

Les chromosomes métacentriques: le centromère divise le chromosome en 2 bras égaux.

Les chromosomes télocentriques: le centromère est en position terminale.

Sous concept 3 : L'expression de l'information génétique.

Pré-évaluation

Qu'est-ce qu'une protéine ?

Citer quelques exemples de protéine.

Situation problème :

Une protéine est constituée d'un enchainement (ou séquence) d'acides aminés. Il existe 20 acides aminés différents qui entrent dans la structure des protéines. Les protéines fabriquées par l'organisme déterminent son phénotype (caractères apparents). La synthèse de ces protéines est contrôlée par le génotype de l'individu.

Comment l'organisme fabrique-t-il les protéines ?

Quelle est la relation entre la structure des protéines et le phénotype ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

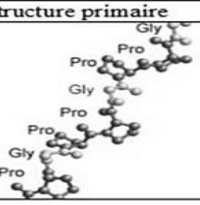
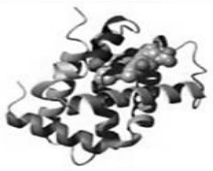
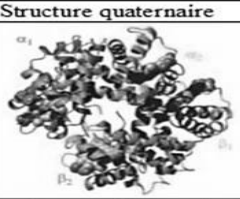
Stratégies d'animation :

Organisation de la classe en sous-groupes de travail, synthèse en classe.

Activité 1 : Organisation des protéines.

L'organisme fabrique en permanence des protéines. Une cellule élabore toujours les mêmes protéines : le pancréas sécrète de l'insuline, du glucagon ; la thyroïde sécrète la TSH, etc.

Il peut se former un nombre infini de suivant les acides aminés constitutifs, leur nombre et leur ordre d'arrangement (séquence). Les acides aminés proviennent de l'alimentation et sont fournis à la cellule par le sang. Ils sont associés par des liaisons peptidiques pour former la protéine dont la cellule a besoin ou qu'elle sécrète. Le doc.1 représente les différentes structures ; les différents types de protéines et leurs fonctions.

Structure primaire	Structure secondaire	Structure tertiaire	Structure quaternaire
			
La structure primaire est la séquence des acides aminés.	Les structures secondaires sont les motifs que forment les acides aminés. On reconnaît principalement les structures en hélice α et en feuillet β.	La structure tertiaire se rapporte aux relations dans l'espace des différentes structures secondaires, hélices et feuillets.	Les protéines qui contiennent plus d'une chaîne polypeptidique présentent un niveau supplémentaire d'organisation : on parle de structure quaternaire.

A

Protéines fibreuses	Protéines globulaires
Forme allongée et mince	Forme sphérique et compacte
Insolubles dans la cellules	Solubles dans le cytoplasme ou dans la phase lipidique des membranes cellulaires
Fonction mécanique et structurale	Agents principaux de l'activité biologique de la cellule
- α-keratines - fibroïne - collagène - élastine	- enzymes (catalyseur cellulaires) - transporteurs d'oxygène ou de lipides (sang) - hormones - récepteurs intégrés à la membrane et médiateurs d'effets hormonaux - immunoglobulines (anticorps) - etc

A

Fonction	Exemple	Rôle
Élément structural	Collagène	Force de tension
Transporteur	Hémoglobine	Transport de l'oxygène
Hormone	Insuline	Contrôle concentration Glucose sanguin
Récepteur	Acétylcholine	Induction de la contraction musculaire
Défense contre les infections	Anticorps	Liaison à un agent infectueux pour le détruire
Enzymes	Trypsine	Dégradation protéines ingérées dans l'intestin
Mouvement	Myosine	Contractilité des muscles

B

Document 1

Consigne : à partir du document 1 :

1. Précise les constituants d'une protéine.
2. Cite et caractérise les différentes structures des protéines.
3. Quels rôles peut-on attribuer aux protéines dans le fonctionnement de l'organisme.

Synthèse partielle 1 :

1) Les protéines sont des polymères d'acides aminés (polypeptides).

2) **Les structures des protéines :** on distingue selon la complexité :

Structure primaire : est l'ordre d'enchainement des acides aminés.

Structure secondaire : est le repliement local dans l'espace d'une chaine polypeptidique dont on distingue 2 types de configurations. Des hélices α et des feuillets plissées β.

Structure tertiaire : la chaine forme des boucles ou replis à certains niveaux stabilisés par divers types de liaisons en particulier par des ponts disulfures s'établissant entre 2 molécules de Cystéine.

Structure quaternaire : est l'association de plusieurs chaines polypeptidiques au sein d'une macromolécule comme dans l'hémoglobine ou dans l'anticorps.

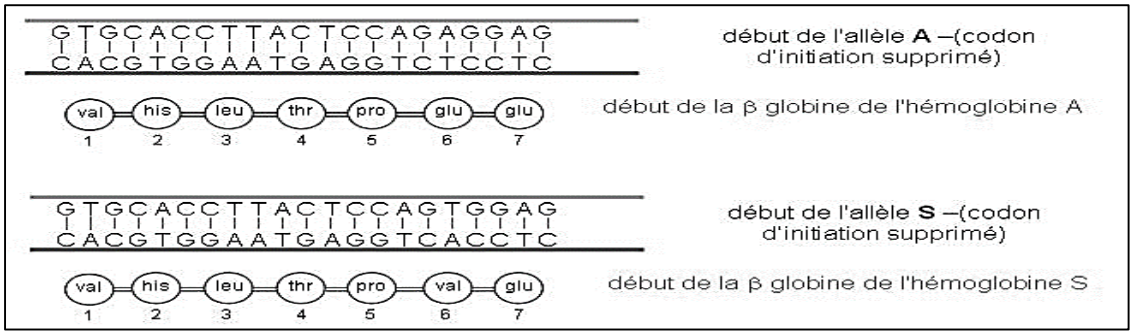
3) **Fonctions des protéines :** elles ont plusieurs fonctions :

Transport (hémoglobine), communication (hormones), catalyse (enzymes), nutrition (albumine), mouvement (myofibrilles), protection (anticorps), structurale (kératine)…

Activité 2 : Influence des protéines sur le phénotype.

L'ensemble des caractères observables d'un individu à l'échelle de l'organisme ; cellulaire ou moléculaire constitué son phénotype. Un caractère phénotypique est sous le contrôle d'un ou plusieurs gènes.

Des différences phénotypiques entre individus sont dues à des différences de structure des protéines. Prenons l'exemple de la drépanocytose ou anémie falciforme (maladie génétique). Elle est due à la présence d'une hémoglobine structure anormale dans les hématies. Le drépanocytaire présente les phénotypes macroscopiques suivants : lèvres bleues, palpations cardiaques, le banc des yeux de couleur jaune, douleurs articulaires et osseuses, accélération du flux sanguin, essoufflement puis une anémie chronique. Le document 2 montre un fragment de l'hémoglobine d'un sujet normale (HbA) et celui d'un drépanocytaire (HbS).



Doc.2

Consigne :

1. Compare la structure des deux protéines (HbA et HbS).
2. Qu'est-ce qui est à l'origine de la différence entre les deux protéines ?
3. En déduis l'influence des protéines sur le phénotype.

Synthèse partielle 2 :

1) Comparaison :

HbA et HbS comportent les mêmes nombres d'acides aminés.

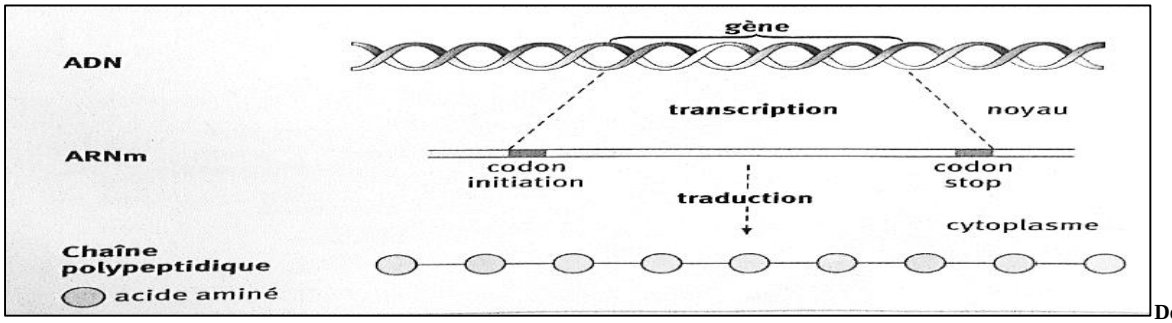
L'acide Glutamique de HbA en position 6 est remplacé par la valine chez HbS.

2) Une modification au niveau de l'ADN (mutation) est à l'origine d'une modification de la protéine.
3) Une modification de la protéine a provoqué une modification du phénotype : les protéines participent à la réalisation du phénotype.

Activité 3 : La synthèse des protéines.

A) Les étapes de la synthèse des protéines.

Dans une cellule, l'ADN possède l'information nécessaire à la synthèse des protéines. Cette information est contenue dans la séquence en nucléotides des gènes. Le transfert de l'information des gènes vers les protéines se déroule en en deux grands étapes (voir document 3).



Doc.3

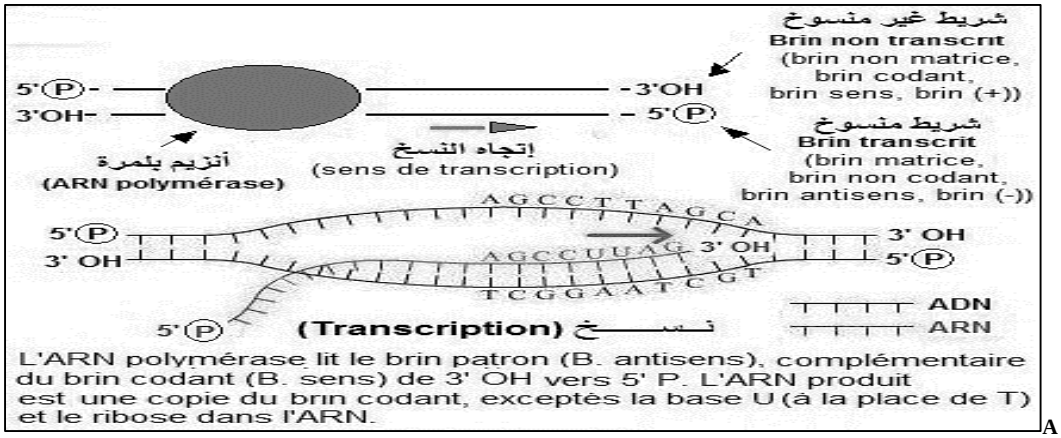
Consigne : à partir du document 3

1. Cite et caractérise les étapes de la synthèse de la synthèse des protéines.
2. Localise chaque étape dans la cellule.

B) La transcription

L'information contenue dans le noyau, au sein de la molécule d'ADN est transmise au cytoplasme, lieu de synthèse des protéines : c'est la transcription (Doc.4A). L'ADN contient la totalité de l'information génétique, mais un seul brin, le brin transcrit, transmet l'information par l'intermédiaire d'une molécule, l'ARN messager (ARNm).

L'ARN est une molécule monocaténaire. Comme l'ADN, il est constitué de nucléotides contenant un sucre (ribose), l'acide phosphorique et une des quatre bases azotées (la thymine est remplacée par l'uracile). On distingue trois tipes d'ARN : ARNm ; ARNt (transfert) et ARNr (ribosomal).



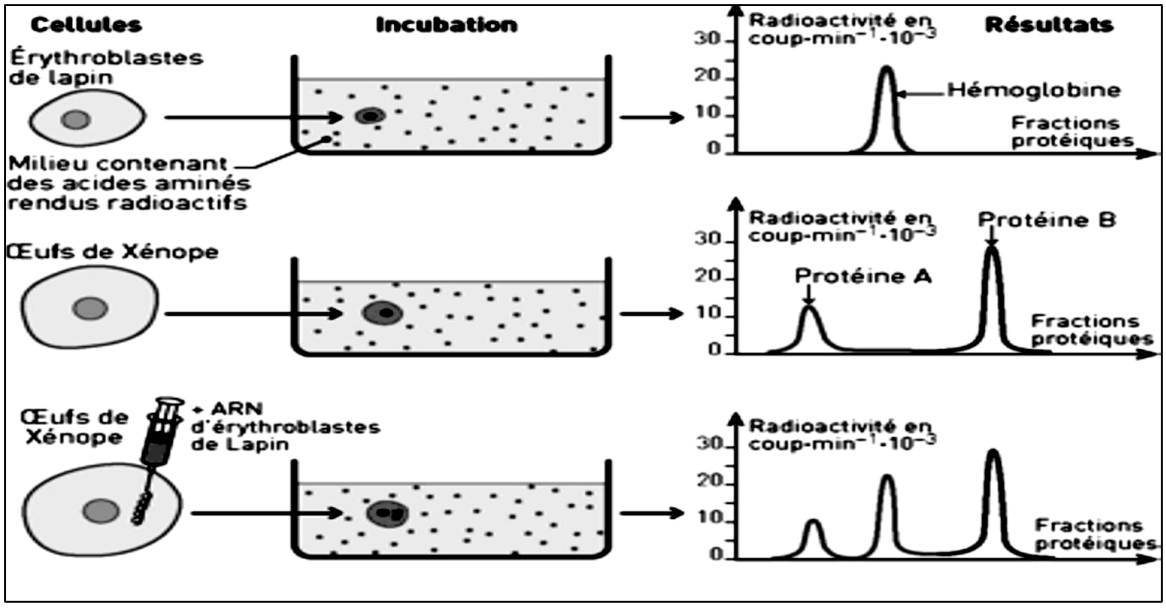
L'ARN polymérase lit le brin patron (B. antisens), complémentaire du brin codant (B. sens) de 3' OH vers 5' P. L'ARN produit est une copie du brin codant, exceptés la base U (à la place de T) et le ribose dans l'ARN.

A

Pour comprendre le rôle de l'ARNm, on fait une expérience sur les érythroblastes. Les érythroblastes sont les cellules souches des hématies, elles ont un noyau et synthétisent essentiellement une protéine, l'hémoglobine.

On réalise one expérience comme le montre le schéma B et on sépare ensuite par électrophorèse, les protéines synthétisées par ces cellules depuis le début de l'incubation.

NB : Une protéine donnée ayant toujours le même emplacement sur le chromatogramme, le pic de radioactivité, à cet endroit permet de savoir si la cellule a synthétisée ou non cette protéine.



B

Document 4

Consigne : à partir du document 4 :

1. Décris le mécanisme de la transcription.
2. A partir de l'analyse de l'expérience, donne le rôle de l'ARNm.
3. Compare l'ADN et l'ARN et en déduis l'importance de la transcription.

C) Le code génétique :

Dans le cytoplasme, l'assemblage des acides aminés constitutifs d'une protéine est dicté par l'ARNm : c'est la traduction. Au cours de cette étape, le message de l'ADN contenu dans l'ARNm est codé.

Un code de correspondance doit donc exister entre le langage à quatre « lettres » des nucléotides et le langage à vingt « lettres » des acides aminés (Doc.5A) : c'est le ***code génétique***. L'unité de code est formée de trois (3) nucléotides. A chaque codon correspond un acide aminé. Il existe donc : $4^3 = 64$ possibilités, c'est-à-dire 64 codons pour vingt acides aminés (Document 5B).

Groupe de base des 20 aminoacides	
Non essentiels chez les mammifères	**Essentiels chez les mammifères**
Alanine Arginine * Asparagine Aspartate Cystéine Glutamate Glutamine Glycine Proline Sérine Tyrosine	Histidine Isoleucine Leucine Lysine Méthionine Phénylalanine Thréonine Tryptophane Valine

* Essentiel chez le jeune

A

2e lettre / 1e lettre	U		C		A		G		3e lettre
U	UUU	Phénylalanine Phe	UCU	Sérine Ser	UAU	Tyrosine Tyr	UGU	Cystéine Cys	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	Leucine Leu	UCA		**UAA**	non-sens STOP	**UGA**	non-sens STOP	A
	UUG		UCG		**UAG**		UGG	Tryptophane Trp	G
C	CUU	Leucine Leu	CCU	Proline Pro	CAU	Histidine His	CGU	Arginine Arg	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	Glutamine Gln	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	Isoleucine Ileu	ACU	Thréonine Thr	AAU	Asparagine Asn	AGU	Sérine Ser	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	Lysine Lys	AGA	Arginine Arg	A
	AUG	Méthionine Met	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	Valine Val	GCU	Alanine Ala	GAU	Acide aspartique Asp	GGU	Glycine Gly	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	Acide glutamique Glu	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

Le code génétique

B

Document 5

Consigne :

1. Analyse le tableau du code pour dégager ses caractéristiques.
2. Pourquoi l'appelle-t-on code génétique ?

D) Le mécanisme de la traduction

Le document 6 représente les étapes de la traduction.

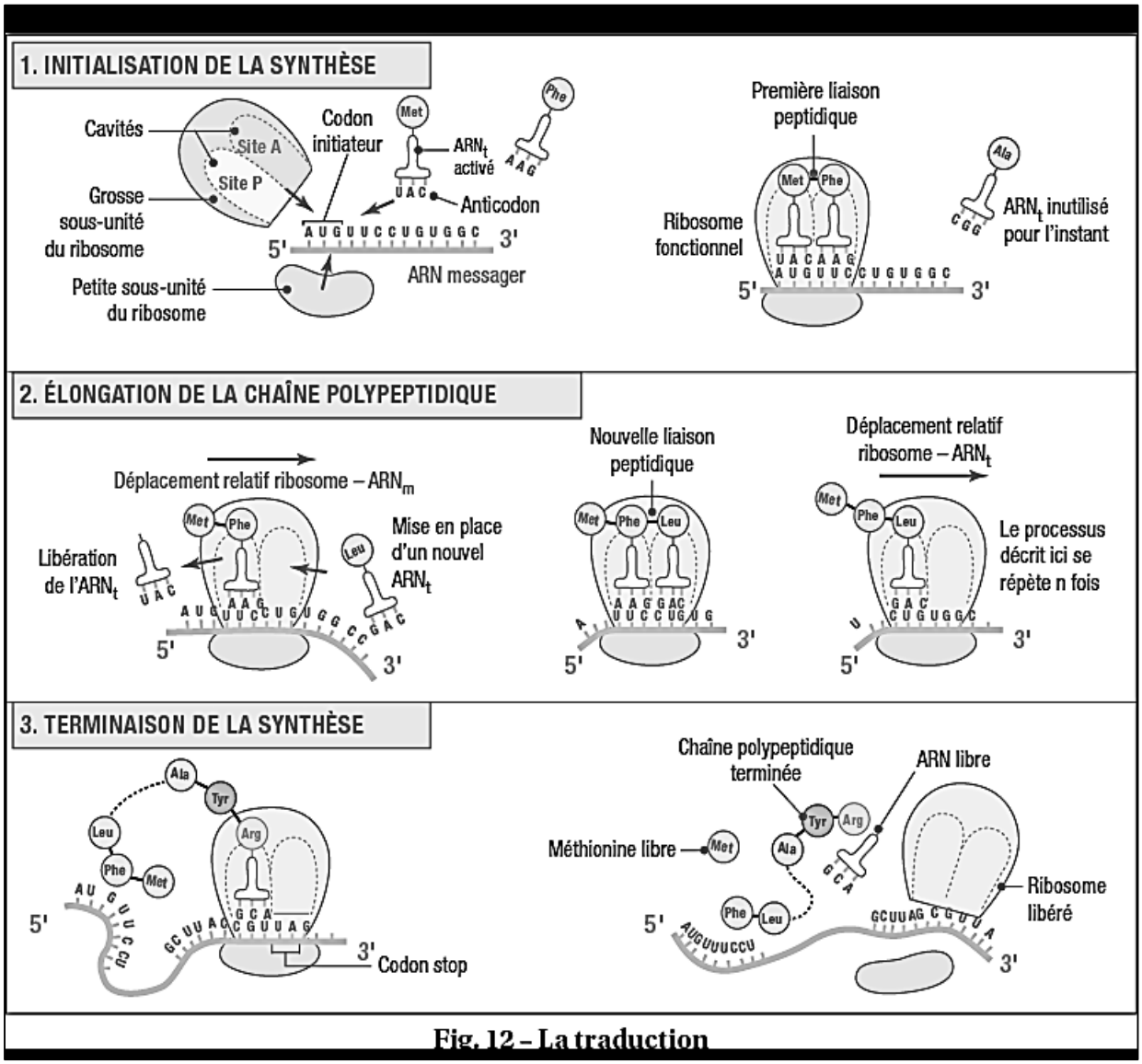


Fig. 12 – La traduction

Document 7

Consigne : à partir du document 7 :

1. Cite les acteurs de la traduction et précise leurs rôles.
2. Cite et caractérise les étapes de la traduction.

Exercice d'application :

Soit une séquence de base d'un gène dont le seul brin transcrit est :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T	A	C	G	A	C	C	A	C	C	T	C	T	C	C	A	C	G	C	A

Consigne :

Donne en s'aidant du code génétique la séquence d'acides aminés.

Synthèse partielle 3 :

A) Les étapes de la synthèse des protéines.

1) Les étapes de la synthèse des protéines :

La transcription : une portion d'ADN (gène) est transcrite en ARNm.

La traduction : de l'ARN aux protéines.

2) **Localisations** :
La transcription : dans le noyau.
La traduction : dans le cytoplasme (REG).

B) La transcription.

1) Description :
La transcription est réalisée par une enzyme (ARN polymérase). Elle se déroule comme suit :
Ecartement des deux brins de l'ADN par rupture des liaisons hydrogènes.
Mise en place de ribonucléotides en face des nucléotides d'un brin (brin transcrit) par complémentarité des bases.
Libération de la molécule d'ARN et fermeture de l'ADN.

2) Analyse : les érythroblastes produisent essentiellement l'hémoglobine.
L'œuf de xénope produit essentiellement deux protéines (protéines A et B).
Suite à l'injection d'ARNm provenant d'érythroblastes, l'œuf de xénope a synthétisé l'hémoglobine (une protéine propre aux érythroblastes).
Conclusion : l'ARNm a apporté à l'œuf de xénope, l'information nécessaire à la synthèse d'hémoglobine.
L'ARNm a pour fonction d'apporter le message du noyau vers le cytoplasme.

3) Comparaison :
L'ADN est une grosse molécule bi caténaire tandis que l'ARN est monocaténaire.
Les sucre des nucléotides d'ADN est le désoxyribose, celui de l'ARN est le ribose.
La thymine de l'ADN est remplacée par l'uracile dans l'ARN.
Importance : l'ADN étant dans le noyau et la traduction se faisant dans le cytoplasme : l'ARNm (issu de la transcription) apporte le message du noyau vers le cytoplasme.

C) Le code génétique :

Analyse :

Les nucléotides sont associés en triplets (codons)
Il existe $4^3 = 64$ codons différents. Parmi les 64 codons possibles dont trois codons (UAA, UAG et UGA) ne correspondent à aucun acide aminé : ce sont des codons STOP.
Le code génétique présente les caractéristiques suivantes :
Il est non ambigu : chaque codon code pour un seul acide aminé.
Il est redondant (ou dégénéré) : certains acides aminés sont codés par plusieurs codons.
Il est univoque : chaque codon ne code que pour un seul acide aminé.
Il est universel : le code génétique est le même pour tous les êtres vivants (animaux, végétaux et bactéries).

D) Le mécanisme de la traduction

1) Les acteurs de la traduction :
ARNm : apporte l'information aux ribosomes.
Ribosomes : agents de la synthèse des protéines
ARNt : transport des acides aminés.
ATP : source d'énergie.
Acides aminés : nutriments constituants les protéines

2) Les étapes de la traduction :

Initiation :
Fixation du ribosome sur l'ARNm et mise en place de l'ARNt initiateur (porteur de la méthionine) dans le site P du ribosome.
Mise en place de l'ARNt porteur du $2^{ème}$ acide aminé dans le site A par complémentarité codon-anticodon.

Elongation :
Formation d'une liaison peptidique entre les deux acides aminés.
Déplacement du ribosome le long de l'ARNm.

Terminaison :
Apparition d'un codon stop dans le site (A) du ribosome marquant la fin de la synthèse.
Dissociation du complexe et libération du polypeptide qui passe dans les REG pour la maturation (pour donner la protéine).

Synthèse générale.

I. La structure des protéines

Les protéines sont les constituants chimiques de la matière vivante. Elles assurent la croissance de l'individu, la réparation des tissus après blessure ou maladie, ce sont des éléments bâtisseurs. Ce sont des constituants qui ont un rôle actif, vitale et une importance capitale dans le fonctionnement des cellules (enzymes, anticorps, antigènes, toxines…).

Une protéine est un ensemble d'acides aminés reliés entre eux par une liaison peptidique entre la fonction COOH d'un acide aminé et la fonction NH2 de l'acide aminé suivant. Les protéines diffèrent à la fois par le nombre d'acides aminés et par leur enchainement ou leur séquence. Dans une protéine, on peut trouver plusieurs chaines peptidiques. La protéine peut aussi comprendre une partie non peptidique. Il a été prouvé par l'étude de mutants qu'il y a une colinéarité entre la séquence du gène et la séquence de la protéine. L'information portée par le gène (ADN) consiste en une séquence précise de nucléotides qui indique l'enchainement des acides aminés au niveau de la protéine.

Elles sont complexes de par leurs compositions chimiques et leurs structures nous permettent de les classer en quatre (4) ordres de complexité.

Structure primaire : est l'ordre d'enchainement des acides aminés.

Structure secondaire : est le repliement local dans l'espace d'une chaine polypeptidique dont on distingue 2 types de configurations. Des hélices α et des feuillets plissées β.

Structure tertiaire : la chaine forme des boucles ou replis à certains niveaux stabilisés par divers types de liaisons en particulier par des ponts disulfures s'établissant entre 2 molécules de Cystéine.

Structure quaternaire : est l'association de plusieurs chaines polypeptidiques au sein d'une macromolécule comme dans l'hémoglobine ou dans l'anticorps.

II. Structure des ARN

L'ARN se distingue de l'ADN par 3 caractéristiques : simple brin, porte l'uracile au lieu de la thymine et le ribose à la place du désoxyribose. Il y a 3 types d'ARN :

L'ARN message : simple brin linéaire

L'ARN ribosomal : lié aux ribosomes.

L'ARN de transfert replié en forme de trèfle et portant un acide aminé et un triplé caractéristique l'anticodon.

III. Synthèse des protéines :

L'ADN des cellules eucaryotes est localisé dans le noyau mais la synthèse des protéines s'effectue dans le cytoplasme au niveau des ribosomes.

1. La transcription de l'ADN en ARN

La synthèse débute par la synthèse d'une copie du gène sous forme d'une molécule d'ARN appelé ARN messager. Les ARN sont des acides nucléiques comme l'ADN mais ils diffèrent par 3 caractéristiques: ils ont un seul brin, possèdent le ribose au lieu du désoxyribose. La thymine est remplacée par l'uracile. L'ARN messager est synthétisé par complémentarité avec l'un des brins de l'ADN utilisé comme matrice. Ce processus est appelé transcription. L'ARNm obtenu a une séquence complémentaire par rapport au brin d'ADN transcrit et identique par rapport au brin non transcrit à part T qui est remplacé par U.

Un même gène est transcrit simultanément en plusieurs ARNm. Les ARNm synthétisés se détachent de l'ADN et migrent dans le cytoplasme par les pores de l'enveloppe nucléaire. L'ARNm est une copie éphémère du gène (durée de vie de quelques minutes). Chez les procaryotes, la transcription permet de former directement un ARN messager immédiatement utilisable pour l'étape suivante. Par contre, chez les eucaryotes, la transcription forme un ARN

dit pré-messager. Cet ARN comprend des tronçons qui persisteront dans le futur ARNm, ce sont les exons et des tronçons qui seront éliminés appelés introns. Lors d'un processus appelé épissage, les introns sont coupés et éliminés et les exons sont raccordés entre eux pour former l'ARN messager. Un même ARN pré-messager peut subir un épissage différent suivant plusieurs facteurs comme le type de cellule ou le moment de la transcription. Certains exons peuvent ou non être retenus. La conséquence est qu'un même gène peut donner plusieurs protéines différentes. De ce fait, la diversité des protéines (protéome) d'un organisme donné dépasse largement le nombre de ses gènes: on parle d'épissage alternatif.

2. **La traduction**

La traduction est la synthèse de chaînes peptidiques au niveau du cytoplasme selon le message porté par l'ARNm issu de la transcription.

a) **Le système de correspondance : code génétique**

La relation entre séquence de nucléotides et la séquence d'acides nécessite un système de correspondance entre les deux langages.

Il n'est pas possible de faire correspondre un nucléotide avec un acide aminé parce qu'il n'y a que quatre nucléotides pour 20 acides aminés. La correspondance entre un doublet de nucléotides avec un seul acide aminé n'est pas non plus possible du moment qu'il n'existe que 42 = 16 doublets possibles. Il faut donc trois nucléotides pour désigner les 20 acides aminés. Le problème est qu'il existe 4^3 = 64 triplets possibles. Donc, la plupart des acides aminés sont codés par plusieurs triplets ou codons. Ce système de correspondance entre triplets nucléotidiques et acides aminés est appelé: code génétique. Le code génétique présente les caractéristiques suivantes :

Il est redondant (ou dégénéré) : certains acides aminés sont codés par plusieurs codons.

Il est univoque : chaque codon ne code que pour un seul acide aminé.

Il est universel : le code génétique est le même pour tous les êtres vivants (animaux, végétaux et bactéries). Cette universalité est en faveur d'une origine commune à toutes les espèces.

Il existe mathématiquement 64 triplets de nucléotides différents. Parmi les 64 codons possibles dont trois codons ne correspondent à aucun acide aminé : ce sont des codons STOP.

La traduction se fait au niveau de petits organites cytoplasmiques appelés ribosomes. Ce sont des particules formées de deux sous unités: la grande et la petite. Ces ribosomes parcourent l'ARNm triplet par triplet et chaque triplet fait appel à un acide aminé.

b) Déroulement de la traduction

Pendant la traduction, l'information portée par l'ARNm est traduite en une séquence précise d'acides aminés (AA) pour constituer une protéine. C'est un processus qui se déroule au niveau des ribosomes qui s'associent avec l'ARNm pour lire le message et lui faire correspondre les acides aminés selon le code génétique.

La traduction fait intervenir aussi des ARN particuliers dits ARNt. C'est une molécule monocaténaire repliée en forme de trèfle. Elle comprend deux sites importants : un résidu adénine à l'extrémité 3' sur lequel se fixe un acide aminé de manière covalente et un triplet de nucléotides particulier appelé anticodon qui peut reconnaitre et se fixer sur le codon correspondant sur l'ARNm. L'ARNt est donc l'adaptateur qui associe un triplet de l'ARNm avec l'acide aminé correspondant selon le code génétique. La synthèse d'une chaîne peptidique se fait en 3 étapes: l'initiation, l'élongation et la terminaison.

Concept général 3 : L'unicité des individus et la diversité génétique.
Sous-concept 1 : Les mécanismes fondamentaux de la reproduction sexuée chez les mammifères et les spermaphytes.

Pré-évaluation

Quelles sont les différents modes de reproduction ?

Quel est le mode utilisé par les mammifères ?

Situation problème :

La capacité à se reproduire est une des caractéristiques des systèmes vivants. Pour cela, il existe deux stratégies qui consistent soit à peupler rapidement un milieu avec des individus tous identiques, soit à créer des individus en plus petite quantité mais tous différents les uns des autres. Le premier cas est assuré par la mitose (reproduction asexuée) et le deuxième par la reproduction sexuée. Les organismes pluricellulaires sont constitués de plusieurs cellules provenant d'une cellule unique : l'œuf ou zygote. Ce zygote est le résultat de la fusion de 2 gamètes (mâle et femelle) au cours de la fécondation.

Comment sont organisés les appareils reproducteurs chez les mammifères et les spermaphytes ?

Comment se forme les gamètes et le zygote chez les mammifères et les spermaphytes ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : La fonction de reproduction.

La puberté qui débute entre 8 et 13 ans chez la fille et 10 et 14 ans chez le garçon est la période à partir de laquelle l'individu acquiert la faculté à se reproduire. Elle est marquée par un ensemble de transformations morphologiques physiologiques et psychologiques. (Voir figure 1)

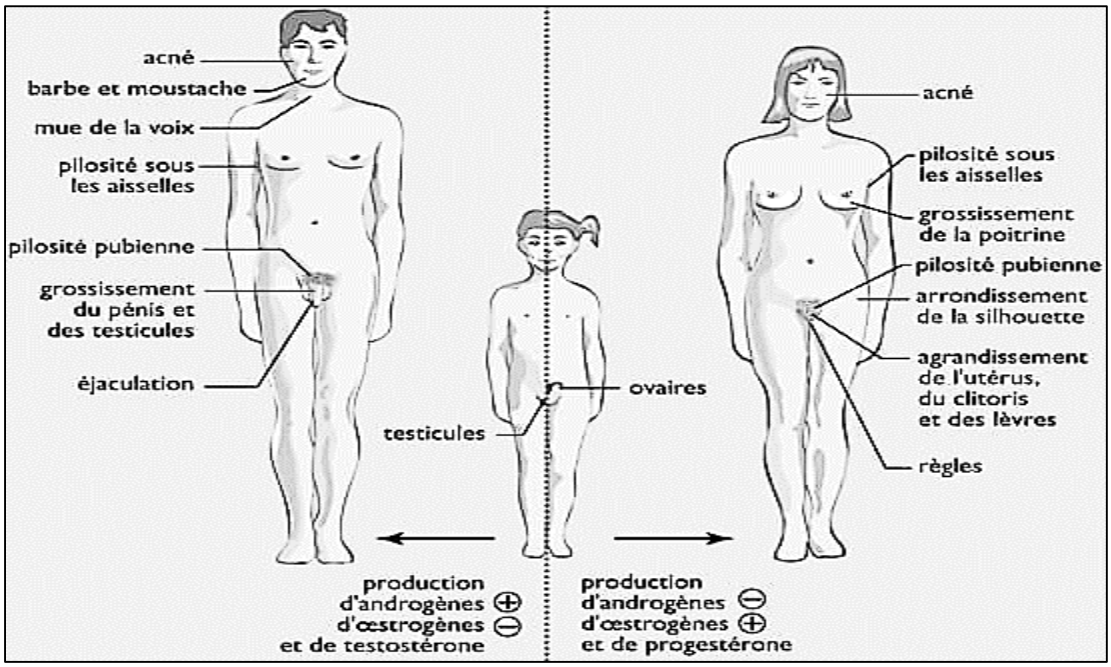


Figure 1

Consigne : à partir de l'exploitation du document :

Explique le dimorphisme sexuel chez l'Homme à partir de la puberté.

Synthèse partielle 1 :

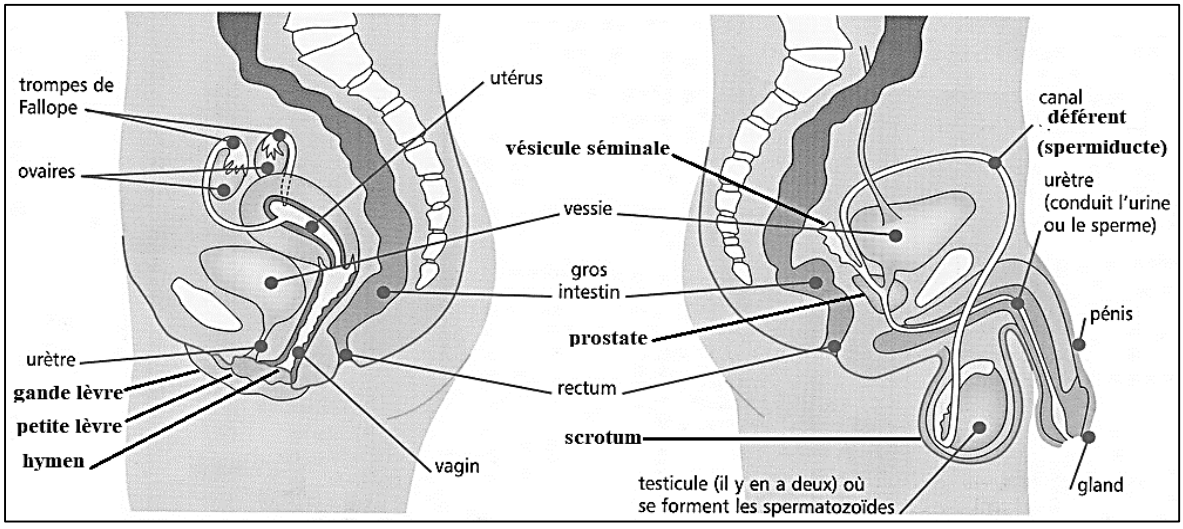
Explication :

A partir de la puberté les glandes génitales (les testicules et les ovaires) commencent à produire des hormones. Ces hormones sont responsables de l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires (faisant marquer le dimorphisme sexuel).

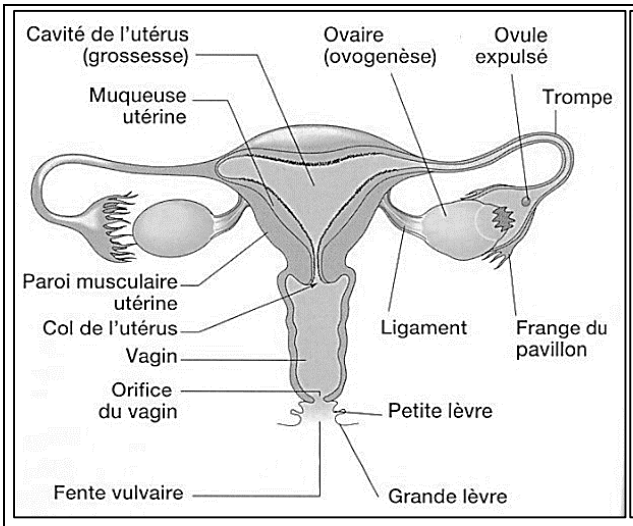
Activité2 : Les organes producteurs de gamètes.

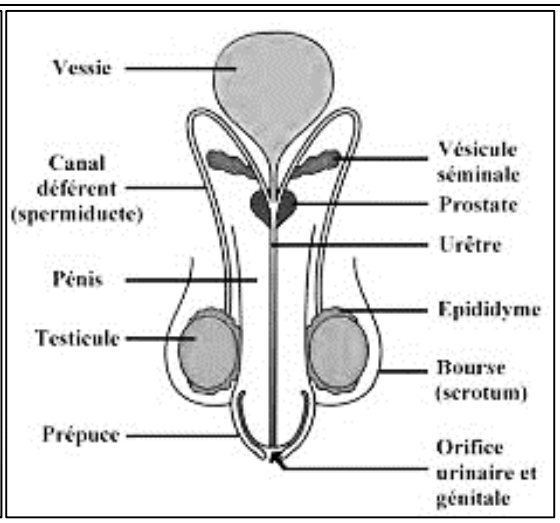
A) Chez les mammifères.

Le document 1 représente les appareils génitaux mâle et femelle chez l'Homme.

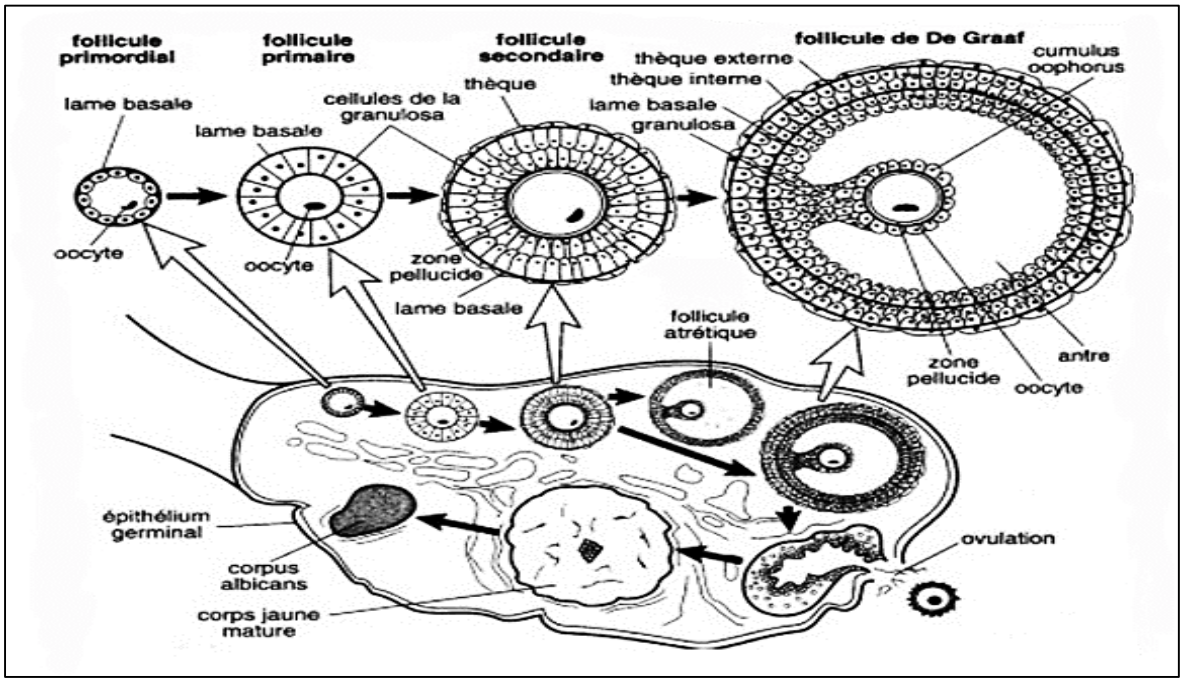


1A

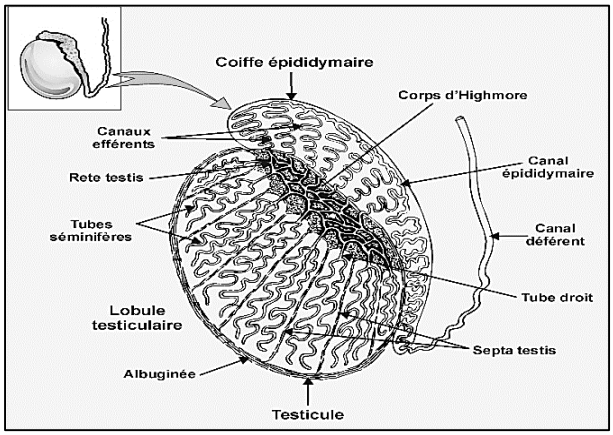


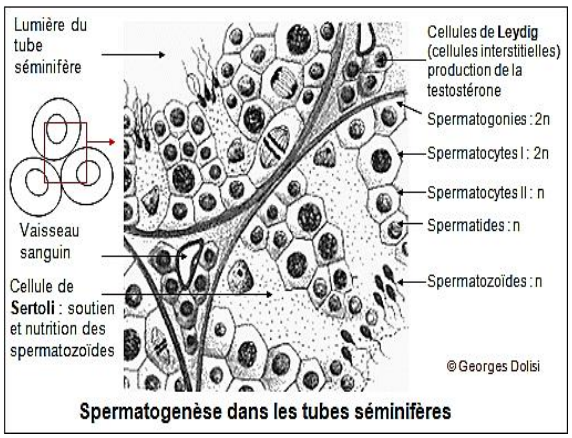


1B



1C





1D

Document 1 : Les appareils génitaux chez les mammifères

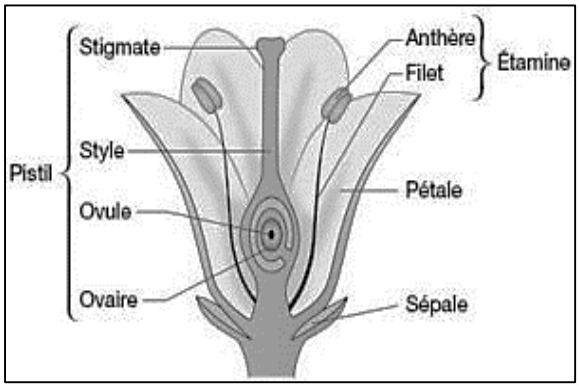
Consigne : à partir du document 1 :

1. Décris l'organisation générale des appareils génitaux mâles et femelle.
2. Décris l'organisation des testicules et des ovaires et donnez leurs fonctions.
3. Compare les appareils génitaux mâle et femelle.

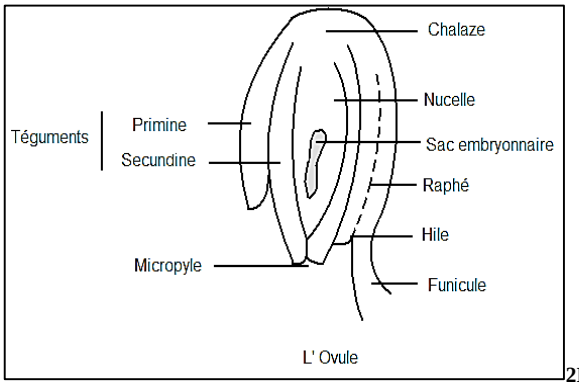
B) Chez les spermaphytes.

Les spermaphytes sont les plantes à organes reproducteurs apparente (plantes à fleur).

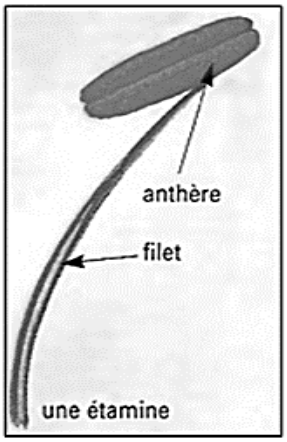
Le document 2 représente l'organisation des organes reproducteurs chez les spermaphytes.

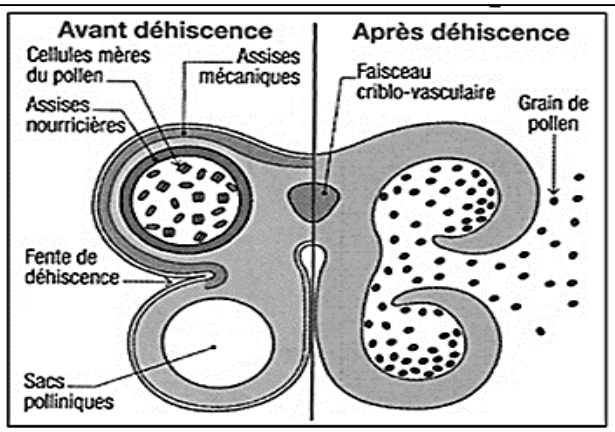


2A



2B





Coupe transversale d'une anthère

2C

Document 2.

Consigne : à partir du document 2 :

1. Nomme l'ensemble des parties reproductrices mâles.
2. Nomme l'ensemble des parties reproductrices femelles.
3. Décris l'organisation d'une anthère.

Synthèse partielle 2 :

A) Chez les mammifères.

1) Organisation générale des appareils génitaux :

Mâle : il comprend les glandes génitales ou gonades (les deux testicules), les voies génitales (épididyme, les canaux déférents ou spermiducte et l'urètre), les glandes annexes (prostate, vésicules séminales, glandes de Cowper) et l'organe copulateur (pénis ou verge).

Femelle : il comprend : les gonades (deux ovaires), les conduits génitales (le vagin, les trompes de Fallope ou oviductes, les pavillons), les glandes annexes (glandes de Bartholin) et l'organe copulateur (vagin).

2) Organisation des gonades :

Testicules : il est organisé en lobules testiculaires. Chaque lobule testiculaire contient plusieurs tubes séminifères. La section d'un tube séminifère montre différents types cellulaires reconnaissables à la taille, à la place et à l'aspect des noyaux. Cet ensemble constitue la lignée séminale (germinale) qui aboutit aux spermatozoïdes. On y rencontre aussi de grandes cellules, ce sont les cellules nourricières ou cellules de Sertoli. Entre les tubes séminifères il y a les vaisseaux sanguins et d'autres types de cellules, les cellules de Leydig ou cellules interstitielles qui produisent les hormones.

Ovaires : l'ovaire comprend le hile, la zone médullaire (médulla) stérile et la zone corticale fertile. Dans la zone corticale sont élaborés les follicules qui sont à l'origine des cellules reproductrices femelles (les ovules). Un follicule comprend un ovocyte et les cellules folliculaires. L'ovocyte croît par élaboration de sève et en même temps le follicule primordial croît en follicule primaire, secondaire, tertiaire (cavitaire), mûr (follicule de De Graaf). C'est la folliculogénèse.

3) **Comparaison :** bien que différents, les appareils génitaux mâles et femelles possèdent la même organisation.

Structures	Appareil mâle	Appareil femelle
Gonades	Deux testicules	Deux ovaires
Voies génitales	épididyme, les canaux déférents ou spermiducte et l'urètre	le vagin, les trompes de Fallope ou oviductes, les pavillons
Glandes annexes	Epididyme, prostate, vésicules séminales, glandes de Cowper	glandes de Bartholin
Organes copulateurs	Verge	Vagin

B) Chez les spermaphytes.

1) L'ensemble des parties reproductrices mâles est appelé androcée (ensembles des étamines)

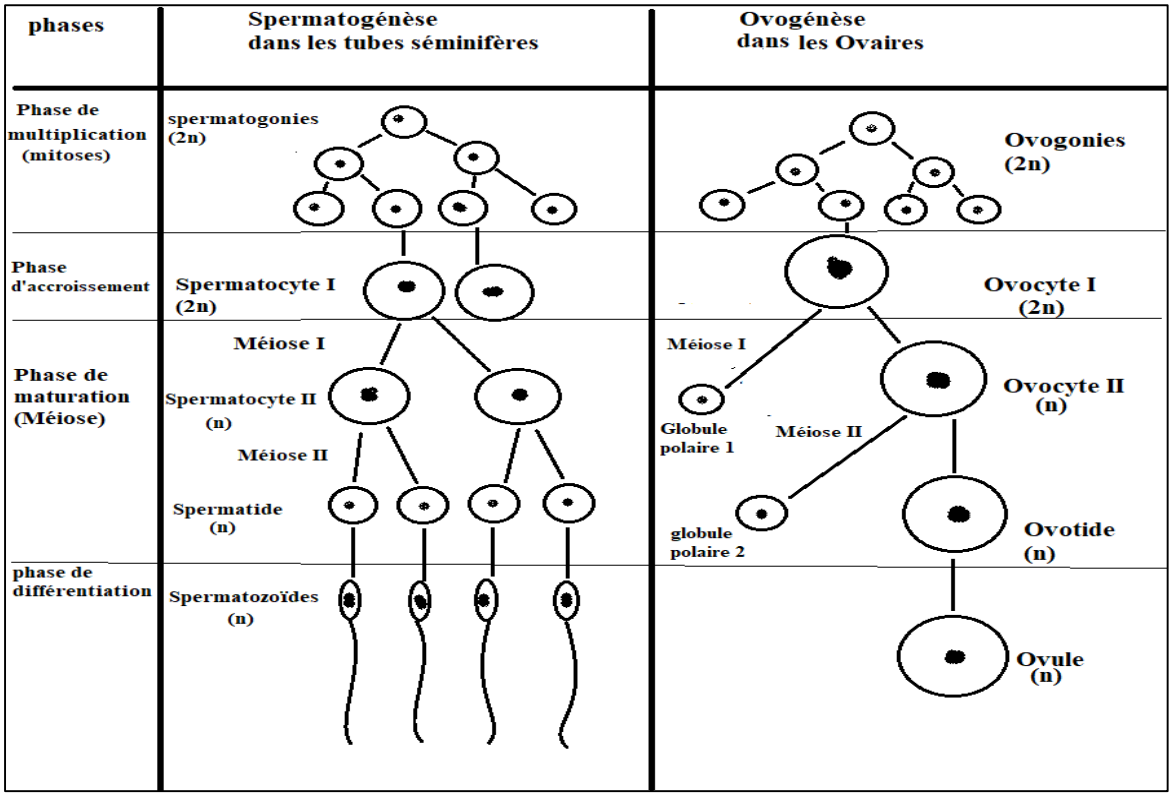
2) L'ensemble des parties reproductrices femelles est appelé pistil ou gynécée.

3) L'organisation d'une anthère : elle est constituée de sacs polliniques contenant les cellules mères des grains de pollen et constituant le lieu de leur formation. Chaque sac pollinique est protégé par des couches de cellules (assise mécanique et assise nourricière). Après maturation, le sac pollinique éclate et libère les grains de pollen.

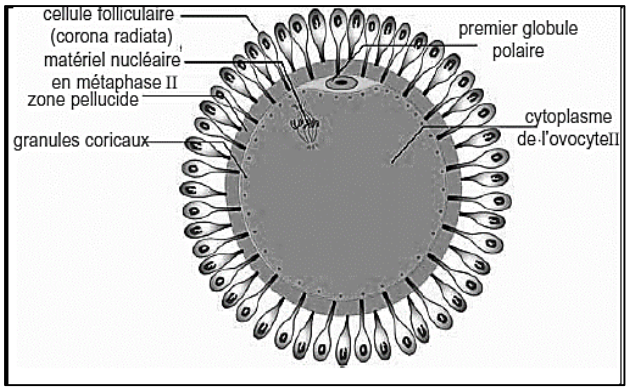
Activité 3 : La formation des gamètes (gamétogénèse).

A) Chez les mammifères.

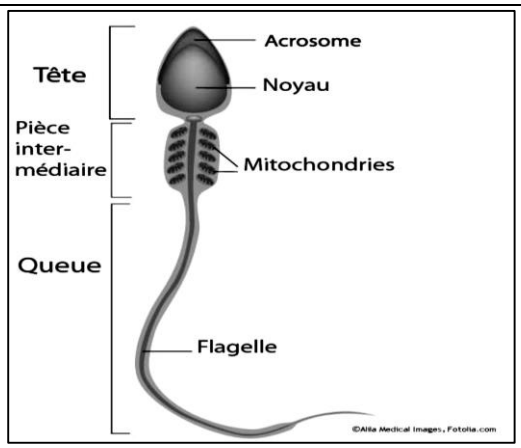
Les gamètes sont des cellules haploïdes qui se forment au cours d'un phénomène appelé gamétogenèse. Chez les mâles, on l'appelle spermatogenèse et chez les femelles, on l'appelle ovogenèse. Le passage de la diploïdie à l'haploïdie est réalisé lors d'une division cellulaire, la méiose qui intervient durant la gamétogénèse. Le document 3 représente les étapes de la gamétogénèse chez les mammifères.



3A



3B



3C

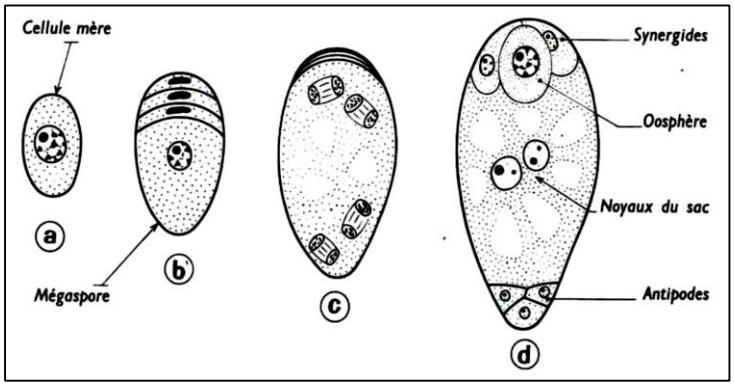
Document 3

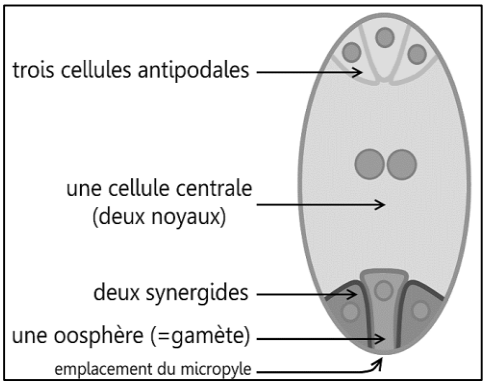
Consigne :

1. Identifie et explique les étapes de la gamétogénèse.
2. Compare la spermatogénèse et l'ovogénèse.
3. Compare le gamète mâle et le gamète femelle.
4. Décris l'évolution du nombre de chromosome au cours de la gamétogénèse.

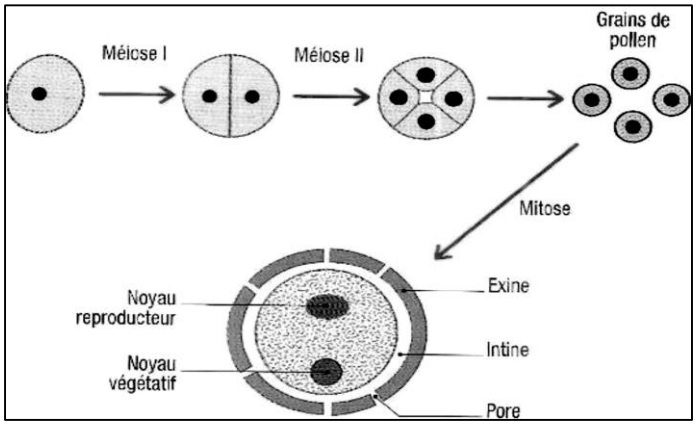
B) Chez les spermaphytes.

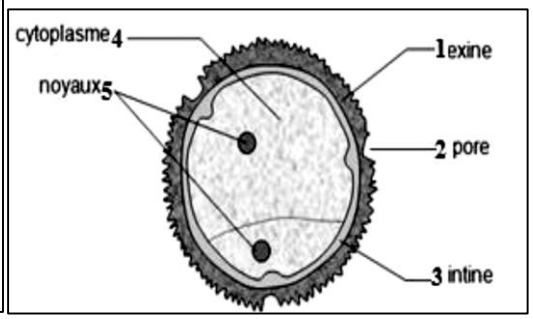
Le document 4 représente les étapes de la gamétogénèse chez les spermaphytes.





4A





4B

Document 4

Consigne : à partir du document 4 :

1. Compare la formation du sac embryonnaire à celle du grain de pollen.
2. Comment évolue le nombre de chromosome au cours de chaque processus ?

Synthèse partielle 3 :

A) Chez les mammifères.

1) Les étapes de la gamétogénèse : la gamétogénèse est la formation des gamètes. La formation des spermatozoïdes est la spermatogénèse et celle de l'ovule est l'ovogénèse.

La phase de multiplication : elle correspond à la multiplication active (par mitose) des cellules mères diploïdes (spermatogonies ou ovogonies). Incessante chez l'homme, elle prend fin dès la 15ème semaine de la vie fœtale chez la femme.

La phase d'accroissement : moins important chez l'homme, elle est importante chez la femme. Les spermatogonies et les ovogonies augmentent de tailles et donnent respectivement des spermatocytes I et des ovocytes I toujours diploïdes (2n).

La phase de maturation : elle correspond à la méiose. Chaque spermatocyte et ovocyte I subit une méiose qui comprend deux divisions successives. La première division produit les spermatocytes II et ovocytes II qui sont haploïdes (n), et la deuxième produit les spermatides et ovotides haploïdes (n).

La phase de différentiation : absente dans l'ovogénèse, elle est très marquée dans la spermatogénèse. Chaque spermatide se différentie en spermatozoïde. Elle est caractérisée par la formation de l'acrosome (à partir des ductuosomes), l'élimination d'une partie du cytoplasme, la séparation des deux centrioles, la formation du flagelle à partir du centriole distal, la migration des mitochondries dans la pièce intermédiaire.

2) comparaison de la spermatogénèse et de l'ovogénèse :

Spermatogénèse	**Ovogénèse**
Continue de la puberté à la mort.	Discontinue. Multiplication avant la naissance, les autres phases de la puberté à la ménopause.
Phase d'accroissement moins importante.	Phase d'accroissement importante.
1 spermatocyte I donne 4 spermatozoïdes	1 ovocyte I donne un ovule
La différentiation est importante	Pas de différentiation.

3) comparaison de l'ovule et du spermatozoïde.

	Spermatozoïde	**Ovule**
Taille	60µm en longueur	140µm de diamètre
Forme	Allongée	arrondie
Réserves	Néant	Importante (vitellus)
Activité	Mobile grâce au flagelle	Immobile
Métabolisme	Intense	Presque nul
Structure originelle	Acrosome, flagelle	Membrane pellucide
Nombre émis	Considérable (200 à 500 millions par éjaculation)	Relativement moins (environ 400 dans une vie)

4) Au cours de la gamétogénèse, le nombre de chromosome passe de 2n (diploïdie) à n (haploïdie).

B) Chez les spermaphytes.

1) Comparaison :

Formation du sac embryonnaire : la cellule mère subit une méiose produisant le mégaspore qui subit trois mitoses successives. On obtient une cellule à 8 noyaux (deux noyaux principaux, 1 oosphère, deux synergides et trois antipodes).

Formation du grain de pollen : la cellule mère subit une méiose produisant 4 microspores et chaque microspore subis une mitose incomplète pour donner le grain de pollen qui est une cellule à deux noyaux (noyau végétatif et noyau reproducteur).

2) Le nombre de chromosome évolue de 2n chez la cellule mère à n chromosomes.

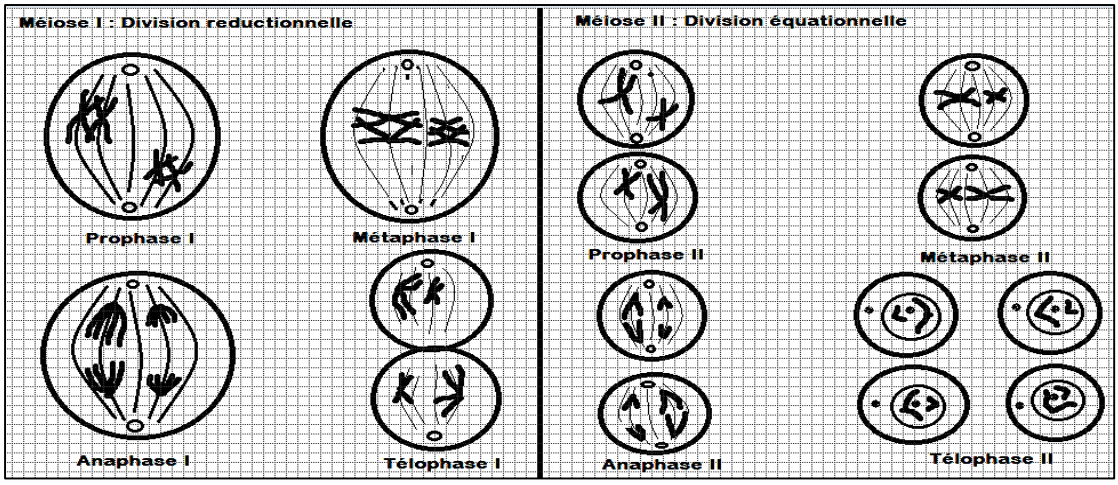
Activité 4 : La méiose

A partir d'une cellule, la méiose en donne quatre : c'est donc une succession de deux divisions. Les phénomènes essentiels se produisent au cours de la première division : à la prophase I, les chromosomes homologues s'associent par paires, formant des bivalents. A la métaphase I, les paires de chromosomes s'alignent à l'équateur de la cellule. Lors de l'anaphase I, chaque chromosome se sépare de son homologue, et il en résulte deux lots qui contiennent chacun un seul exemplaire de chaque chromosome : les deux cellules filles qui se forment à la fin de la première division n'ont plus que la moitié des chromosomes présents dans la cellule mère : il y a eu réduction par deux du nombre de chromosomes. La cellule mère était diploïde (2n chromosomes), les deux cellules filles sont haploïdes (n chromosomes).

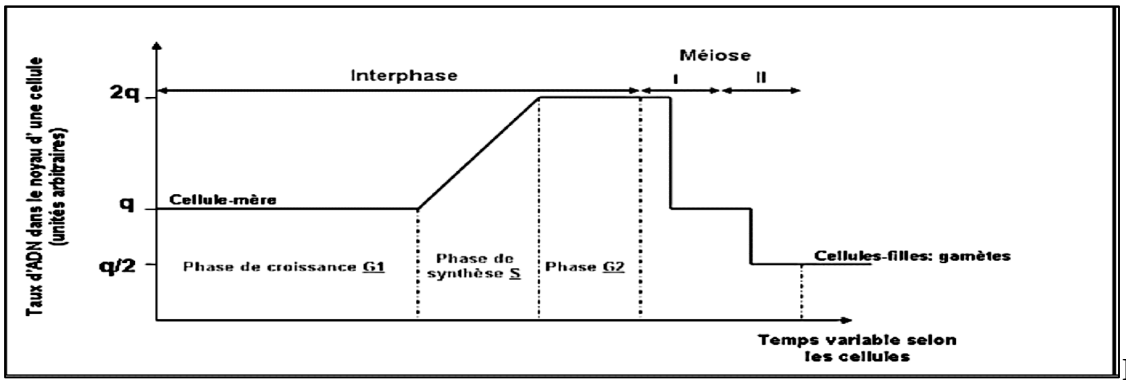
La seconde division, plus classique ne modifie pas le nombre de chromosomes et peut être comparée, dans son déroulement, à une mitose.

Avec la réduction par deux du nombre de chromosomes, l'autre particularité de la méiose est de réaliser des brassages génétiques. Au cours de la prophase I, lors de l'appariement des chromosomes en bivalents, il se produit des échanges de chromatides donc de gènes : Ce brassage génétique est appelé brassage intra-chromosomique.

Un autre brassage génétique se produit à la métaphase I. En effet, la disposition des paires de chromosomes les unes par rapport aux autres à ce stade, se fait de manière aléatoire et à priori de nombreuses combinaisons sont possibles : ce brassage est appelé brassage inter-chromosomique. (Voir document 5)



Doc. 5A



Doc.5B

Consigne : à partir du texte et du document 5 :

1. Donne la formule chromosomique de cette cellule.
2. Caractérise les étapes de la méiose.
3. Compare la méiose et la mitose.
4. Décris l'évolution de la quantité d'ADN dans une cellule au cours de la méiose.

Synthèse partielle 4 :

1) La formule chromosomique de cette cellule est 2n = 4

2) Les étapes de la méiose :

La méiose comprend deux divisions : une première réductionnelle et une deuxième dite équationnelle. Et chaque division comprend une prophase, une métaphase, une anaphase et une télophase.

La Méiose I (réductionnelle) :

Prophase I : plus longue et plus complexe, elle est caractérisée par :

La formation des asters et du fuseau achromatique,

La disparition du nucléole et de la membrane nucléaire,

L'appariement des chromosomes homologues formant les tétrades ou bivalents.

Entrecroisement des chromosomes homologues permettant des échanges de portions (crossing-over).

Métaphase I : les tétrades se placent à l'équateur du fuseau, les centromères de part et d'autre du plan équatorial.

Anaphase I : les chromosomes homologues se séparent et migrent vers les pôles avec des échanges de portions sans qu'il y ait division des centromères. C'est donc n chromosomes fissurés qui se dirige vers chaque pôle.

Télophase I : les deux lots de n chromosomes fissurés restent individualisés aux pôles. Le fuseau disparait à l'équateur tandis que la cellule se sépare en deux. On obtient deux cellules haploïdes (les spermatocytes II).

La méiose II (équationnelle) : c'est une mitose normale que vont subir les cellules haploïdes issues de la division réductionnelle.

Prophase II : se déroulant au même moment que la télophase I, elle est rapide et se limite au dédoublement des asters et la formation du fuseau.

Métaphase II : les chromosomes fissurés forment la plaque équatoriale.

Anaphase II : les centromères se divisent et les chromosomes fils migrent vers les pôles. C'est donc n chromosomes simples qui migrent vers chaque pôle.

Télophase II : c'est une télophase de mitose normale. On obtient 4 cellules haploïdes (spermatides)

3) Comparaison :

	Mitose	Méiose
Nombre de division	Une division	Deux divisions
Produits	2 Cellules diploïdes	4 Cellules haploïdes (gamètes)
Cellules cibles	Somatiques et germinales	Cellules germinales

4) Evolution de la quantité d'ADN au cours de méiose :

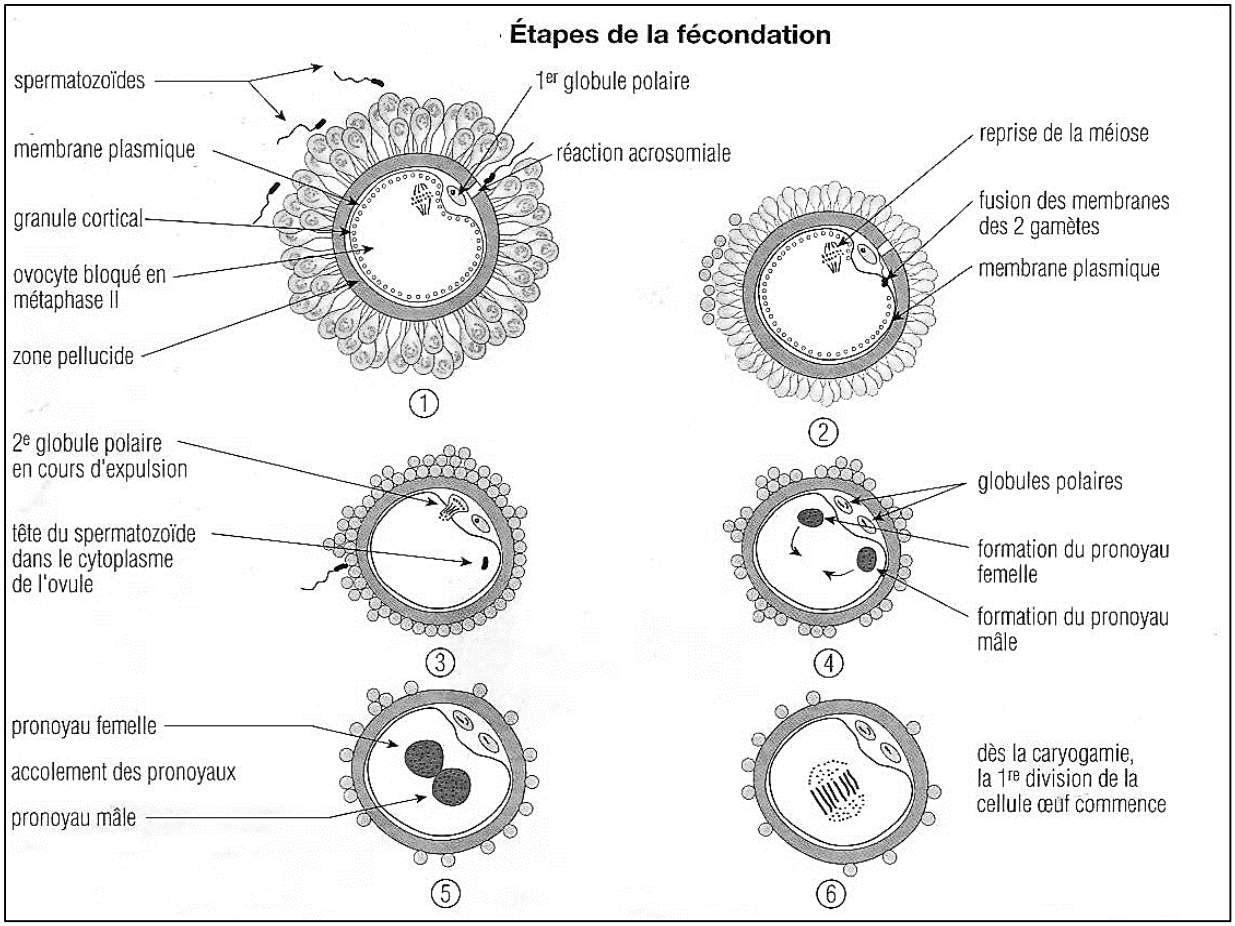
Pendant l'interphase la cellule double son taux d'ADN grâce à la duplication et on obtient une quantité 2Q. La méiose I la fait ramener à Q avec la formation de deux cellules haploïdes. Avec la division des centromères en méiose II et la formation de 4 cellules haploïdes, le taux retombe à Q/2 dans les gamètes.

Activité 5 : La fécondation

A) Chez les mammifères

Après avoir été émis dans le vagin, les spermatozoïdes remontent les voies génitales de la femme jusqu'aux trompes. Ils rencontrent de nombreux obstacles, notamment le passage du col de l'utérus, qui permettent d'éliminer ceux qui présentent des anomalies. Seules quelques centaines parviennent aux trompes au niveau desquelles a lieu la fécondation. Afin de pouvoir féconder l'ovocyte, les spermatozoïdes doivent perforer son enveloppe (gangue ou membrane pellucide). Pour cela, ils produisent et déversent des enzymes qui digèrent cette enveloppe et leur permet de rentrer en contact avec la membrane cytoplasmique de l'ovule. Le contact du premier spermatozoïde avec l'ovocyte provoque un décollement de la gangue qui empêche les autres gamètes mâles de féconder. Ainsi, un seul noyau de spermatozoïde peut pénétrer dans l'ovocyte. Les deux noyaux ou pronucléi migrent alors l'un vers l'autre et fusionnent : c'est la caryogamie qui rétablit la diploïdie dans la cellule œuf. Le caractère aléatoire de la fécondation par tel ou tel spermatozoïde, amplifie le brassage génétique réalisé par la méiose. La reproduction sexuée, par l'alternance entre méiose et fécondation, permet à chaque génération de créer des individus génétiquement nouveaux : « tous semblables, tous différents »

Le document 6 représente les étapes de la fécondation chez les mammifères.



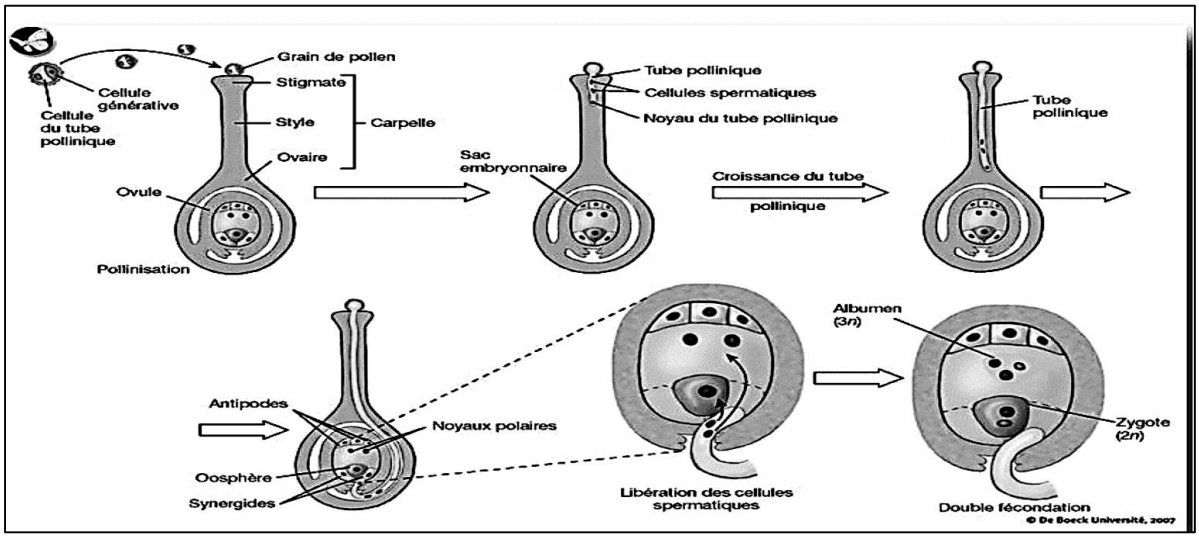
Doc.6

Consigne : à partir de l'exploitation du texte et du document 6 :

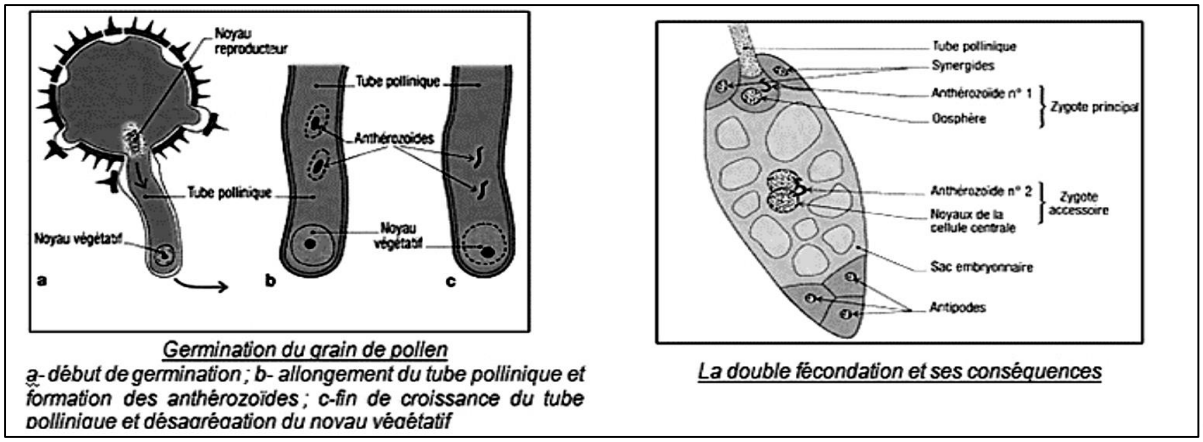
1. Dans quelle partie de l'appareil génital a lieu la fécondation chez les mammifères ?
2. Pour pouvoir féconder l'ovule, le spermatozoïde doit passer obligatoirement par l'utérus. Pourquoi ?
3. Pourquoi chez les mammifères, l'ovule est fécondé par un seul spermatozoïde ?
4. Caractérise les étapes de la fécondation chez les mammifères.

B) Chez les spermaphytes.

Le document 7 représente les étapes de la fécondation chez les spermaphytes.



7A



7B

Document 7

Consigne :

1. Explique les mécanismes de la fécondation chez les spermaphytes.
2. Comment appelle-t-on les gamètes mâles et femelles des spermaphytes ?
3. Pourquoi parle-t-on de double fécondation chez les spermaphytes.
4. Trace le schéma du cycle de chromosomique chez les mammifères et chez les spermaphytes.

Synthèse partielle 5 :

A) Chez les mammifères

1) la fécondation a lieu dans le 1/3 supérieur de la trompe (dans l'ampoule).

2) Après la traversée de l'urètre pendant l'éjaculation, les spermatozoïdes perdent leur capacité à fécondé l'ovule. Pendant la traversée de l'utérus, ils acquièrent cette capacité à féconder : c'est la capacitation qui est indispensable à la fécondation.

3) Après la pénétration du premier spermatozoïde, la membrane pellucide devient imperméable autres spermatozoïdes grâce à plusieurs réactions (libération du contenu des granules corticaux, disparition de la couronne des cellules folliculaires.

4) **Les étapes de la fécondation :**

La phase d'attraction : les spermatozoïdes viennent se placer autour de l'ovocyte et commencent à libérer les enzymes de l'acrosome qui digèrent la membrane pellucide.

La phase de pénétration : un spermatozoïde touche la membrane pellucide, son flagelle et la pièce intermédiaire se détachent, la tête pénètre dans le cytoplasme de l'ovocyte et la membrane pellucide dévient imperméable aux autres spermatozoïdes.

Le réveil physiologique : après la pénétration du spermatozoïde, l'ovocyte II qui était bloqué en métaphase II termine la méiose et libère le second globule polaire. Il reprend son activité métabolique.

La caryogamie ou amphimixie : le noyau de spermatozoïde se gonfle et forme le pronucléus mâle, le noyau de l'ovule devient le pronucléus femelle.

Les deux pronucléi fusionnent et forment un noyau diploïde.

L'ovule fécondé devient la cellule œuf ou zygote qui comment sa première mitose.

NB : La fécondation et la méiose sont complémentaires et permettent de stabiliser le génome de l'espèce. La méiose permet d'avoir les gamètes haploïdes et la fécondation rétablie la diploïdie chez le zygote.

Ces deux phénomènes étant aléatoire, chaque zygote est unique.

B) Chez les spermaphytes.

1) la fécondation chez les spermaphytes :

La pollinisation : le grain de pollen est transporté sur le stigmate de la fleur grâce aux agents de pollinisation (insectes, vent…)

La germination du grain de pollen : le grain de pollen absorbe l'eau et passe germe.

Il pousse le tube pollinique qui s'enfonce dans style en direction du sac embryonnaire.

Le noyau végétatif se met au bout du tube et semble diriger le tube pollinique.

Le noyau reproducteur le suit est subit une mitose pour donner deux anthérozoïdes (gamètes).

La double fécondation :

Quand le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, le noyau végétatif disparait et les deux anthérozoïdes entrent dans le sac embryonnaire.

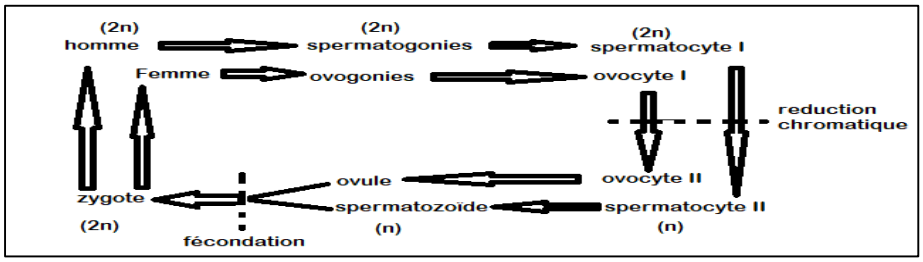
Un anthérozoïde s'unit avec l'oosphère pour former le zygote principal ou œuf embryon (diploïde).

L'autre anthérozoïde s'unit avec les deux noyaux du sac pour former l'œuf accessoire ou œuf albumen (triploïde).

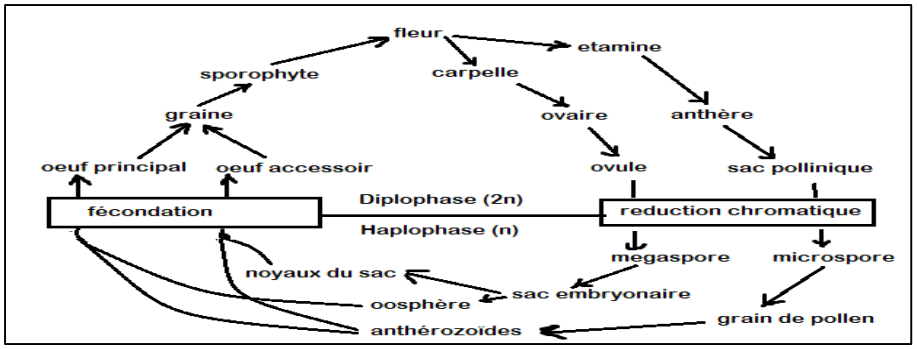
2) le gamète mâle est appelé anthérozoïde et le gamète femelle est l'oosphère.

3) on parle de double fécondation car il y a formation deux zygotes (zygote principal à 2n et le zygote accessoire à 3n).

4) Le cycle chromosomique :



Chez les mammifères



Chez les spermaphytes

Synthèse générale.

La capacité à se reproduire est une des caractéristiques des systèmes vivants. Pour cela, il existe deux stratégies qui consistent soit à peupler rapidement un milieu avec des individus tous identiques (reproduction asexuée), soit à créer des individus en plus petite quantité mais tous différents les uns des autres (reproduction sexuée).

I. Organisation générale des appareils reproducteurs :

1. Chez les mammifères.

Les appareils génitaux de l'homme et de la femme présentent de nombreuses analogies : des gonades qui fabriquent les cellules sexuelles, des conduits génitaux et des organes d'accouplement. Ces similitudes résultent du fait que pendant les premières semaines du développement embryonnaire, l'appareil génital est indifférencié et que la plupart des structures ont une origine commune.

L'appareil génital de la femme : est formé de deux gonades (les ovaires), produisant les gamètes (ovules) et les hormones femelles ; les conduits génitaux dans lesquels se déplacent ces gamètes (pavillons, oviductes, utérus et vagin) et les glandes annexes. L'utérus est aussi l'organe dans lequel s'implante l'embryon .Le vagin intervient lors de l'accouplement. L'orifice génital débouche dans la vulve, fermée par les lèvres. C'est à ce niveau que débouche également le conduit urinaire. Le clitoris, considéré comme un pénis embryonnaire, se trouve sur la face antérieure de la vulve.

L'appareil génital de l'homme comprend : deux gonades, les testicules qui produisent les gamètes mâles ou spermatozoïdes et les hormones. Les testicules, ou gonades mâles, sont des glandes protégées par le bourse ou scrotum. Ils sont coiffés par une sorte de « chapeau » ou épididyme qui se prolonge par le spermiducte ou canal déférent qui va transporter les spermatozoïdes. C'est dans les testicules que sont fabriqués les spermatozoïdes, et leur passage par l'épididyme est indispensable à leur maturation. La prostate et les vésicules séminales sont des glandes qui sont à l'origine du sperme et qui permettent la maturation des spermatozoïdes. Le pénis est l'organe d'accouplement qui permet de « déposer » directement les gamètes mâles dans le vagin.

2. Chez les spermaphytes :

Les spermaphytes sont des plantes qui produisent des graines. L'appareil reproducteur des spermaphytes est constitué d'une fleur qui, après fécondation, donne le fruit et la graine.

a) **Organe reproducteur mâle** : C'est l'androcée qui est constituée par les étamines. Chaque étamine comprend un filet et une anthère. L'anthère mûre donne le grain de pollen.

b) **Organe femelle :** Le pistil comprend de bas en haut un ovaire, un style et un ou 2 stigmate. L'ovaire renferme l'ovule. Le gynécée est l'ensemble des parties reproductrices des fleurs femelles.

II. Formation des gamètes : La gamétogénèse

1) Chez les mammifères :

Les gamètes mâles et femelles se forment au cours d'un phénomène appelé gamétogénèse. Chez l'homme, il s'agit de la spermatogenèse et chez la femme, de l'ovogenèse.

La spermatogenèse est un processus se déroulant dans les tubes séminifères des testicules et conduisant à la formation des spermatozoïdes. L'ovogenèse est un processus se déroulant dans les ovaires et aboutissant à la formation des ovocytes puis des ovules.

La gamétogénèse peut être divisée en 4 phases ou étapes :

Phase de multiplication : Les spermatogonies et les ovogonies à 2n chromosomes, cellules germinales de base et constituant respectivement le premier stade cellulaire de la spermatogénèse et de l'ovogénèse, se multiplient par mitose et donnent des spermatocytes I et des ovocytes I. Cette phase incessante à partir de la puberté chez l'homme est terminée dès la 15ème semaine de la vie fœtale chez la femme.

Phase d'accroissement : Les spermatocytes I et les ovocytes I augmentent de volume et sont toujours à 2n chromosomes. Cette phase est très importante dans l'ovogénèse.
Phase de maturation : elle correspond à la méiose.
Les spermatocytes I subissent la 1ére division de la méiose pour donner des spermatocytes II qui subissent la 2ème division de la méiose pour donner des spermatides à n chromosomes.
Les ovocytes I subissent la 1ére division de la méiose pour donner deux cellules de volumes inégales. La plus grosse est l'ovocyte II à n chromosome et la plus petite est la 1ére globule polaire à n chromosome. L'ovocyte II ne subira la 2ème division de la méiose que lors de la pénétration d'un spermatozoïde. Il se transforme alors en ovotide avant la fusion des noyaux.
Phase de différenciation : inexistante dans l'ovogénèse elle est très importante dans la spermatogénèse. Car les spermatides subissent une série de transformation et se différencient en spermatozoïdes.

2) Chez les spermaphytes :

a) Formation du grain de pollen.

Dans l'anthère, on trouve des cellules mères du grain de pollen à 2n chromosome. Chaque cellule mère subit une méiose donnant quatre cellules haploïdes appelées « microspore » groupés en tétrades. Ces microspores subissent une mitose (division équationnelle) qui aboutit à la formation du grain de pollen avec 2 noyaux haploïdes. Le grain de pollen perd de l'eau et passe à l'état de vie ralentit.

b) Formation du sac embryonnaire :

La cellule mère du sac embryonnaire, cellule diploïde, subit une méiose donnant 4 cellules haploïdes. Trois (3) de ces cellules dégénèrent et une seule se développe, c'est la « mégaspore ». Aussitôt formé, la mégaspore ou macrospore s'accroit, tandis que son noyau se divise en 2, en 4 puis en 8 après 3 divisions. Les noyaux-fils se répartissent en 7 cellules dont l'ensemble constitue le sac embryonnaire.

III. La méiose

La méiose est une division complexe qui se déroule dans les cellules de la lignée germinale (cellules mères des gamètes). Les cellules somatiques comprennent, en général, des chromosomes par paires ou chromosomes homologues. L'Homme, par exemple, possède 23 paires de chromosomes (2n = 46). On dit que les cellules somatiques sont diploïdes. Par contre, les gamètes (spermatozoïdes et ovules chez l'Homme) doivent posséder uniquement 23 chromosomes, on dit qu'elles sont haploïdes. L'état diploïde est restauré lors de la fusion entre les gamètes mâles et femelles ou fécondation. La méiose comprend 2 divisions :
Une division réductionnelle : pendant laquelle le nombre de chromosomes est réduit de moitié.
Une deuxième division dite équationnelle qui ressemble étroitement à la mitose.
Chacune de ces divisions comprend plusieurs étapes et sous étapes :
Prophase I: c'est une phase à la fois importante et complexe. Elle est subdivisée en 5 étapes.
Leptotène : c'est le début de condensation des chromosomes qui commencent à s'individualiser.
Zygotène : les chromosomes homologues s'apparient c'est-à-dire se rapprochent par un processus appelé synapsis aboutissant à la formation du complexe synaptonémal. Ils se croisent à certains endroits formant des chiasmas.
Pachytène : les chromosomes continuent leur condensation formant des tétrades.
Diplotène : les chromosomes s'écartent légèrement et restent attachés au niveau des chiasmas.
Diacinèse : les chromatides sont fortement contractés et commencent à rejoindre l'équateur de la cellule.
Métaphase I : les bivalents se disposent en plaques équatoriales avec formation du fuseau achromatique et disparition de la membrane nucléaire et des nucléoles.
Anaphase I : les chromosomes homologues se séparent et migrent vers les pôles. La rupture des chiasmas aboutit à l'échange de morceaux de chromosomes entre les chromosomes homologues.

Télophase I : formation de noyaux fils haploïdes.
Prophase 2: Disparition de l'enveloppe nucléaire et Formation du fuseau achromatique.
Métaphase 2: Les chromatides se placent au centre de la plaque équatoriale.
Anaphase 2 : séparation des chromatides qui migrent vers les pôles opposés.
Télophase 2 : Formation de 4 cellules haploïdes résultant des 2 divisions chromatiques.

Conséquences de la méiose :

Le passage de cellules diploïdes aux cellules haploïdes.
Répartition indépendante des chromosomes d'origine paternelle et maternelle : brassage inter-chromosomique.
Echange de fragments de chromosomes ce qui modifie l'ordre des allèles sur le chromosome : brassage intra-chromosomique.

IV. La fécondation

1. Chez les mammifères.

Après avoir été émis dans le vagin, les spermatozoïdes remontent les voies génitales de la femme jusqu'aux trompes. Ils rencontrent de nombreux obstacles, notamment le passage du col de l'utérus, qui permet d'éliminer ceux qui présentent des anomalies. Seules quelques centaines parviennent aux trompes au niveau desquelles a lieu la fécondation.
Afin de pouvoir féconder l'ovocyte, les spermatozoïdes doivent perforer son enveloppe (gangue ou membrane pellucide). Pour cela, ils produisent et déversent des enzymes qui digèrent cette enveloppe et leur permet de rentrer en contact avec la membrane cytoplasmique du gamète féminin.
Le contact du premier spermatozoïde avec l'ovocyte provoque un décollement de la gangue qui empêche les autres gamètes mâles de féconder. Ainsi, un seul noyau de spermatozoïde peut pénétrer dans l'ovocyte. Les deux noyaux ou pronucléi migrent alors l'un vers l'autre et fusionnent : c'est la caryogamie qui rétablit la diploïdie dans la cellule œuf.
Le caractère aléatoire de la fécondation par tel ou tel spermatozoïde, amplifie le brassage génétique réalisé par la méiose. La reproduction sexuée, par l'alternance entre méiose et fécondation, permet à chaque génération de créer des individus génétiquement nouveaux.

2. Chez les spermaphytes :

La pollinisation est le transport du grain de pollen libéré par la déhiscence de l'anthère d'une fleur sur le stigmate de la même fleur (Pollinisation directe) ou sur le stigmate d'une autre fleur de la même espèce (Pollinisation Croisée ou indirecte).
Si les conditions sont favorables, le pollen repasse à l'état de vie active puis germe en poussant un tube pollinique. Ce dernier s'enfonce dans le style, traverse le nucelle et applique son extrémité contre le sac embryonnaire. Au cours de cette germination, le noyau végétatif s'engage dans le tube pollinique suivi du noyau reproducteur. Lorsque le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, le noyau végétatif dégénère et le noyau reproducteur se divise en deux anthérozoïdes (gamète male).
La double fécondation : Quand le tube pollinique atteint le sac embryonnaire, l'un des anthérozoïdes fusionne avec l'oosphère en donnant un œuf diploïde appelé œuf principale, l'autre anthérozoïde s'unit aux noyaux du sac donnant un œuf triploïde (3n chromosomes) appelé œuf accessoire ou œuf albumen.
Cette double fécondation est caractéristique aux angiospermes (spermaphytes dont le fruit n'est pas caché dans l'enveloppe).

Sous-concept 2 : Le brassage génétique assuré par la reproduction sexuée et l'unicité génétique des individus.

Pré-évaluation

Qu'est-ce qu'un gène ?

Pourquoi un enfant ressemble à ses parents ?

Situation problème :

Le développement d'un individu est fonction de ses caractères héréditaires. Ces caractères (génotype) sont transmis d'une génération à l'autre grâce à la reproduction sexuée. La reproduction sexuée assure un double brassage : le brassage intra-chromosomique assuré par le crossing-over et le brassage inter-chromosomique en métaphase I qui lié à la disposition des centromères de part et d'autre du « plan équatoriale ». Grâce au brassage génétique certains caractères sont transmises aux descendants et d'autres ne le sont pas.

Comment se fait la transmission de ces caractères et comment établir une carte factorielle ?

Pourquoi parle-t-on de diversité et d'unicité des individus ?

Qu'est-ce qu'une mutation et quelles sont ses conséquences ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

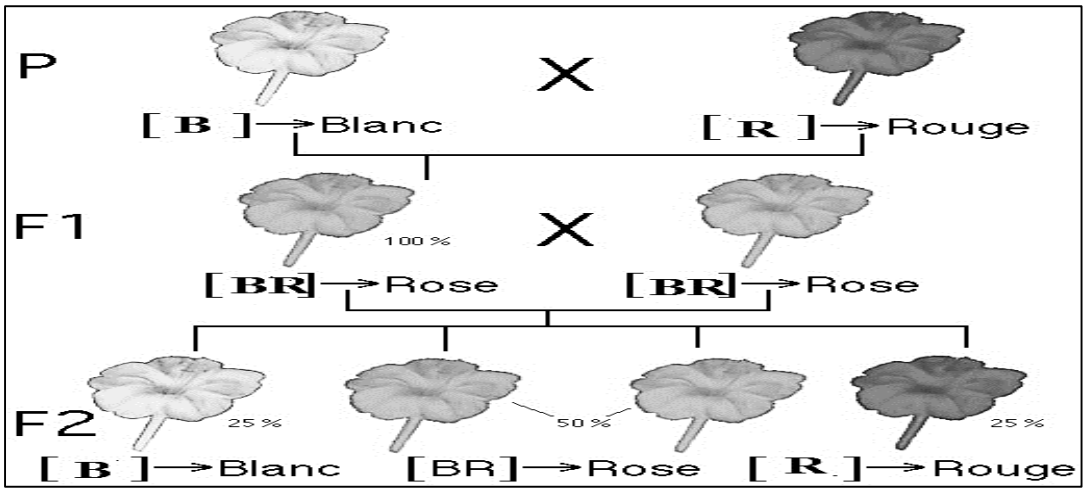
Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

A) La transmission des caractères héréditaires.

Activité 1 : Mono hybridisme sans dominance.

On croise deux lignées pures de plantes appelées belles de nuit, une à fleur blanche et l'autre à fleur rouge. Toutes les plantes de la première génération filiale (F1) sont roses. L'autofécondation des plantes de la F1 donne la deuxième génération (F2) avec des plantes à fleur banche ; rouge et rose (document 1)



Doc. 1

Consigne :

1. De combien de caractères étudie-t-on la transmission ? Lequel (s) ?
2. Que peut-on dire des individus de la F1 ? Tirer une conclusion.
3. Explique les résultats de ces croisements.
4. Définis : gène ; allèle ; génotype et phénotype.

Synthèse partielle A1 :

1) On étudie la transmission d'un seul caractère. C'est la couleur des fleurs.
2) Les individus de la F1 sont hybrides et possèdent une combinaison des caractères parentaux. Les caractères fleurs rouge et fleurs blanches sont codominant.

3) Explication :

Soient : B= fleur blanche ; R = fleur rouge.

Parents :	Blanche [B]	X	Rouge [R]
Génotypes :	B//B		R//R
Gamètes :	B		R
F1	100% B//R [BR] Rose		
Croisement 2	F1 [BR]	X	F1 [BR]
Génotypes :	B//R		B//R
Gamètes :	B ; R		B ;R
F2 :	1/4 = 25% B//B [B] ; 1/2 = 50% B//R [BR] ; 1/4 =25%R//R [R]		

4) Définitions :

Un gène : unité de l'information génétique correspondant à un ensemble de séquences d'ADN contenant l'information nécessaire à la production régulée d'une protéine.

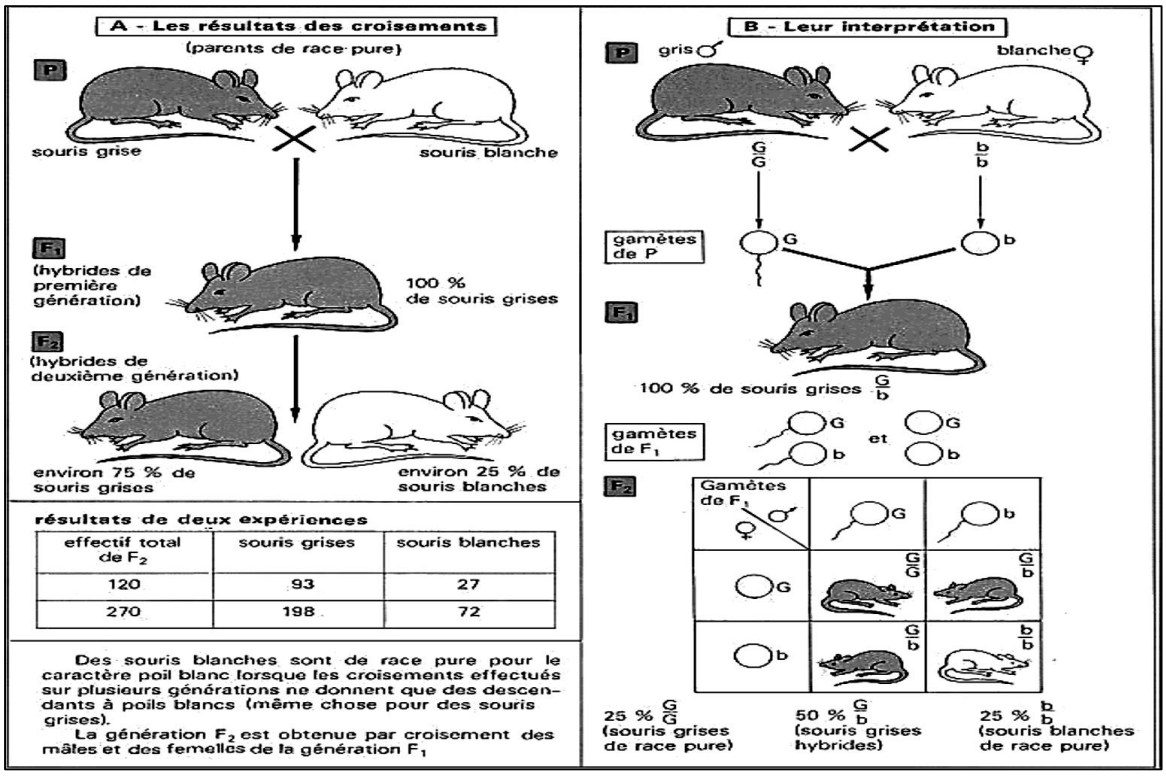
Allèle : Il s'agit d'une des versions d'un même gène par ses séquences nucléotidiques.

Génotype : ensemble des allèles d'une cellule ou d'un organisme, propre à l'individu.

Phénotype : ensemble des caractères apparentes, qui résulte de l'expression du génotype.

Activité 2 : Mono hybridisme avec dominance.

On croise une souris grise et une souris blanche toutes deux de lignée pure (homozygote). On constate que toutes les souris de la première génération filiale (F1) sont grises. Le croisement des souris grises de la F1 donne la génération F2 dans les proportions 75% et 25% (document 2).



résultats de deux expériences

effectif total de F_2	souris grises	souris blanches
120	93	27
270	198	72

Des souris blanches sont de race pure pour le caractère poil blanc lorsque les croisements effectués sur plusieurs générations ne donnent que des descendants à poils blancs (même chose pour des souris grises).

La génération F_2 est obtenue par croisement des mâles et des femelles de la génération F_1

Doc.2

Consigne :

1. Combien de caractère étudie-t-on la transmission ? Lequel (s) ?
2. Nomme ce type de croisement et définis-le.
3. Que-constate-t-on en F1 ? Quelle conclusion peut-on tirer ?
4. Explique les résultats de la F2.

Synthèse partielle A2 :

1) On étudie la transmission d'un seul caractère. C'est la couleur du pelage.

2) Ce croisement est un monohybridisme.

Définition : le monohybridisme est un croisement dans lequel on étudie la transmission d'un seul caractère.

3) Tous les individus de la F1 sont identiques et possèdent un seul phénotype parental. C'est la première loi de Mendel : uniformité des hybrides de la F1.

Conclusion : le caractère gris est dominant et le caractère blanc est récessif.

4) Explication :

Soient : G = grise ; b = blanche.

Parents :	Grise [G]	X	Blanche : [b]
Génotypes :	G//G		b//b
Gamètes :	G		b
F1 :	100% G//b [G]		
F2: Génotypes :	F1 [G] G//b	X	F1 [G] G//b
Gamètes :	G ; b		G ; b

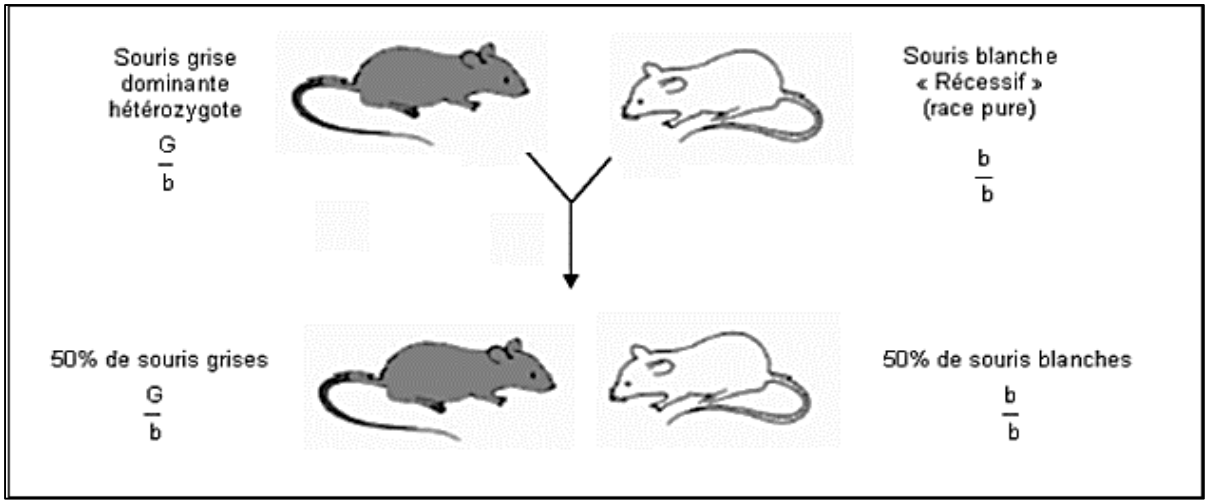
Echiquier de croisement

Gamètes	G	b
G	G//G [G]	G//b [G]
b	G//b [G]	b//b [b]

Proportions : 1/4 = 25% G//G [G]
1/2 = 50% G//b [G]
1/4 = 25% b//b [b]

Activité 3 : Backcross et test-cross

On croise une souris grise de la F1 avec le parent récessif. Ce type de croisement peut être appelé backcross ou test-cross.



Doc.3

Consigne :

1. Etablis l'échiquier de croisement.
2. Précise les phénotypes et les génotypes avec les proportions.
3. Définis : backcross ; test-cross.

Synthèse partielle A3 :

1) L'échiquier du croisement :

Parents: F1 [G] X Blanche [b]

Génotypes : G//b b//b

Gamètes : G; b b

gamètes	b
G	G//b [G]
b	b//b [b]

Proportions:
1/2 = 50% G//b [G]
1/2 = 50% b//b [b]

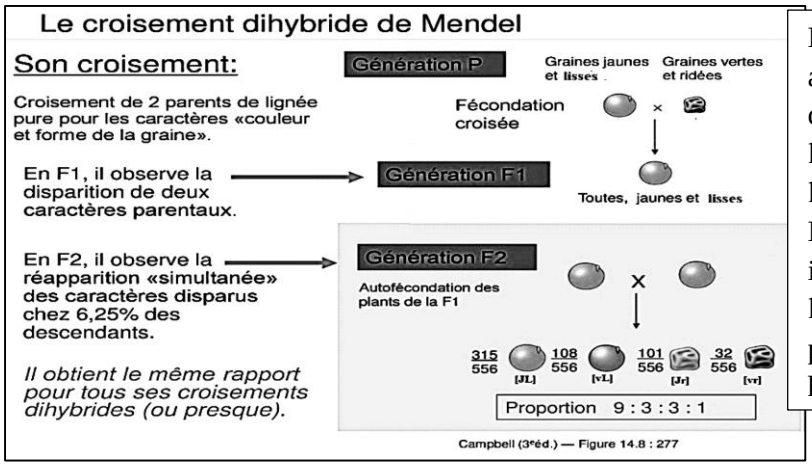
2) Les phénotypes et les génotypes : ½ = 50% G//b [G] ; ½ = 50% b//b [b].

3) Définitions :

Backcross : croisement d'un individu hybride avec son parent récessif (croisement en retour).

Test-cross : croisement d'un individu de génotype inconnu avec un individu récessif (croisement teste).

Activité 4 : Di hybridisme avec dominance.



Mendel a croisé des pois appartenant à deux variétés pures qui diffèrent par deux caractères : l'une à graines jaunes et lisses et l'autre à graines vertes et ridés.
La F1 est homogène : tous les individus sont à graine jaunes et lisses. L'autofécondation des plantes de la F1 donne la F2 qui est hétérogène (document 4).

Doc.4

Consigne :

1. Combien de caractères étudie-t-on la transmission ? Lesquels ?
2. Nomme le type de croisement et définir-le.
3. Que peut-on dire de la F1 ? Tire une conclusion logique.
4. Explique les résultats de ces deux croisements.
5. Réalise un backcross et précise les résultats.

Synthèse partielle A4 :

1) On étudie la transmission de deux caractères : la couleur et la forme des graines.
2) Le croisement est un di hybridisme.

Le di hybridisme est un croisement dans laquelle on étudie la transmission de deux caractères.

3) La F1 est homogènes et tous les individus sont hybrides et possèdent le phénotype d'un parent.

Conclusion : les caractères jaunes et lisses sont dominants et les caractères verts et ridées sont récessifs.

4) Explication :

Soient : J = jaune ; v = verte ; L = lisse ; r = ridée

Parents : [JL] X [vr]
Génotypes : JL//JL vr//vr
Gamètes : JL vr
F1 : 100% JL//vr [JL] hybrides
F2 : F1 [JL] X F1 [JL]
Génotypes : JL // vr JL // vr
Gamètes : JL; vr JL ; vr
Jr; vL Jr; vL

Echiquier du croisement

♂	JL	Jr	vL	vr
JL	JL//JL [JL]	JL //Jr [JL]	JL // vL [JL]	JL //vr [JL]
Jr	JL // Jr [JL]	Jr //Jr [Jr]	Jr// vL [JL]	Jr//vr [Jr]
vL	JL // vL [JL]	Jr//vL [JL]	vL // vL [vL]	vL //vr [vL]
vr	JL // vr [JL]	Jr//vr [Jr]	vL //vr [vL]	vr//vr [vr]

Proportions :
9/16 [JL]
3/16 [Jr]
3/16 [vL]
1/16 [vr]

5) Le backcross.

Parents: F1 [JL] X [vr]
Génotypes : JL //vr vr//vr
Gamètes : JL ; vr vr
Jr ; vL

Echiquier du croiseement

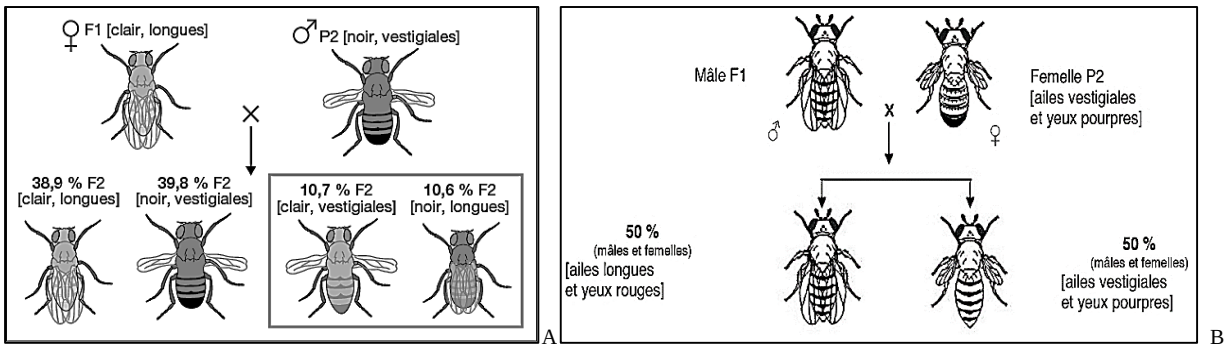
♂	JL	Jr	vL	vr
vr	JL // vr [JL]	Lr // vr [Jr]	vL // vr [vL]	vr//vr [vr]

Proportions :

¼ = 25% JL//vr [JL]
¼ = 25% Jr //vr [Jr]
¼ = 25% vL//vr [vL]
¼ = 25% vr//vr [vr]

Activité 5 : Notion de linkage.

On réalise des croisements entre des drosophiles de race pure. Les résultats ont indiqués dans le document 5



Document 5

Consigne :

1. Quelle est la différence entre les croisements A et B ?
2. Compare les résultats des deux croisements.
3. Calcule le pourcentage de recombinaison du croisement A et établis la carte factorielle.
4. En déduis le type de linkage dans chaque cas et caractérise les.
5. En cas de linkage qu'est ce qui fait apparaitre les types recombinés ?

Synthèse partielle A5 :

1) La différence entre les deux croisements :

Croisement A : les caractères étudiés sont : couleur du corps et la forme des ailes.

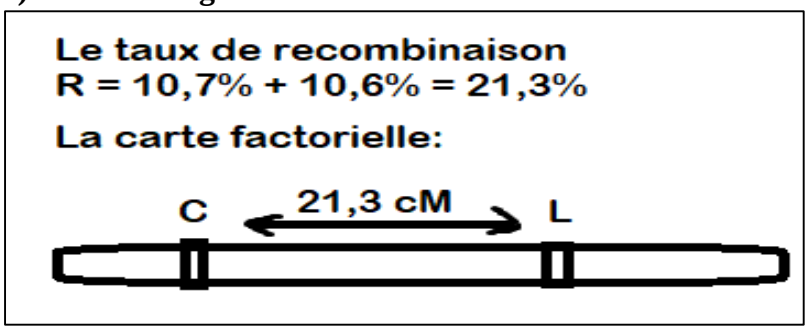
Croisement B : les caractères étudiés sont : la forme des ailes et la couleur des yeux.

2) Comparaison des résultats :

Croisement A : on obtient 4 phénotypes (2phénotypes parentaux ; 2 phénotypes recombinés) aves des proportions différentes.

Croisement B : on obtient 2 phénotypes (phénotypes parentaux) à proportions égales.

3) Pourcentage de recombinaison du croisement A :



4) Types de linkage :

Croisement A : Le test cross donne deux phénotypes parentaux et deux phénotypes recombinés avec des proportions différentes : les gènes sont liés : **c'est un linkage partiel.**

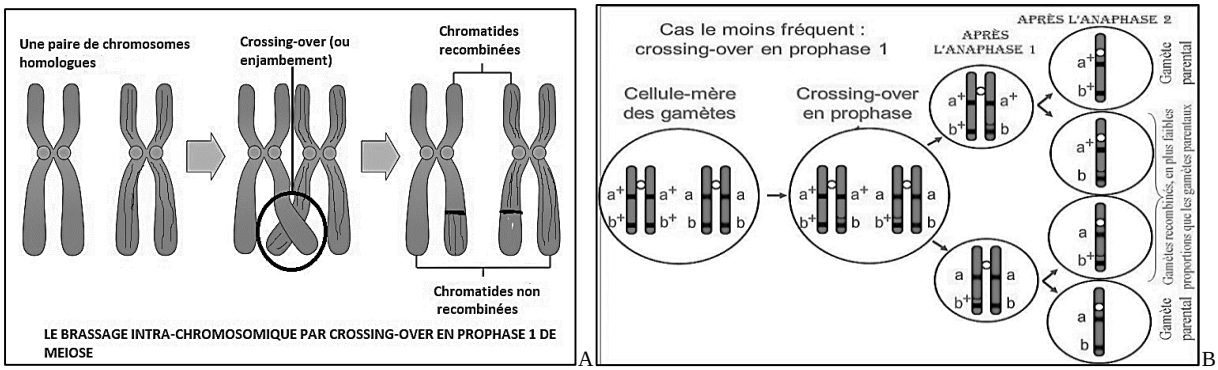
Croisement B : Le test cross donne uniquement des phénotypes parentaux **(**il n'y a pas de types recombinés) : les gènes sont liés : **c'est un linkage total.**

5) En cas de linkage (gènes situés sur un même chromosome), **le crossing-over** fait apparaitre les types recombinés.

B) Les brassages génétiques.

Activité 1 : Le brassage intra-chromosomique.

Le document 6 représente les mécanismes du brassage intra-chromosomique.



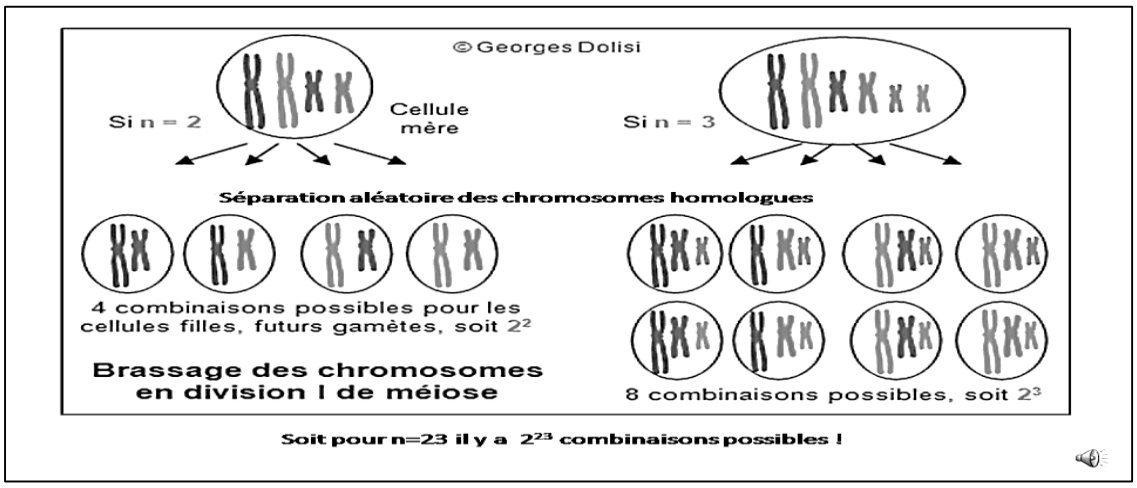
Document 6

Consigne :

1. Quel phénomène est à l'origine du brassage intra-chromosomique ?
2. A quel moment se déroule ce brassage ?
3. Comment se fait l'échange de caractères dans ce brassage ?

Activité 2 : Brassage inter-chromosomique.

Le document 7 représente le mécanisme de brassage inter chromosomique.



Doc.7

Consigne :

1. Quel est le phénomène responsable du brassage inter chromosomique ?
2. A quel moment se déroule ce brassage ?
3. Comment se fait les échanges de caractères dans ce brassage ?

Synthèse partielle B1 :

1) Le phénomène à l'origine du brassage intra-chromosomique est le crossing-over.
2) Le brassage intra-chromosomique se déroule en prophase I de la méiose.
3) Dans ce brassage, les chromosomes homologues font des échanges de portions et donc d'allèles.

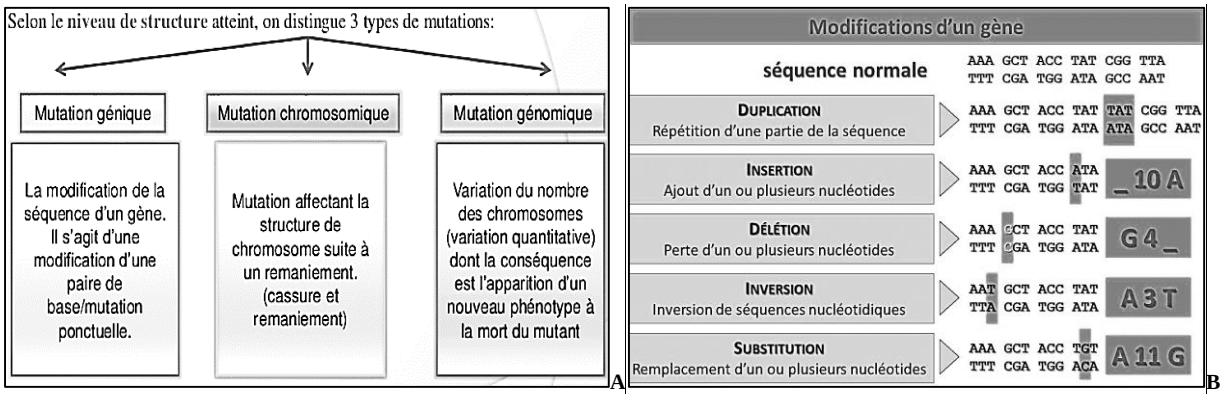
Synthèse partielle B2 :

1) La séparation aléatoire des chromosomes homologues est responsable de ce brassage.
2) Ce brassage a lieu en métaphase I de la méiose.
3) En métaphase I, la disposition des centromères des chromosomes homologues de part et d'autre de la plaque équatoriale est aléatoire. Cette disposition est responsable de la répartition des chromosomes dans les gamètes. On obtient 2^n combinaisons possibles. Ce brassage est par la fécondation car la sélection du spermatozoïde est aussi aléatoire.

C) Les mutations

Activité 1 : Les types de mutation.

Les mutations sont des modifications qui surviennent au hasard. Elles résultent d'erreurs de copie lorsqu'un chromosome duplique son ADN avant la division cellulaire. Le document 8 représente les différents types de mutations.



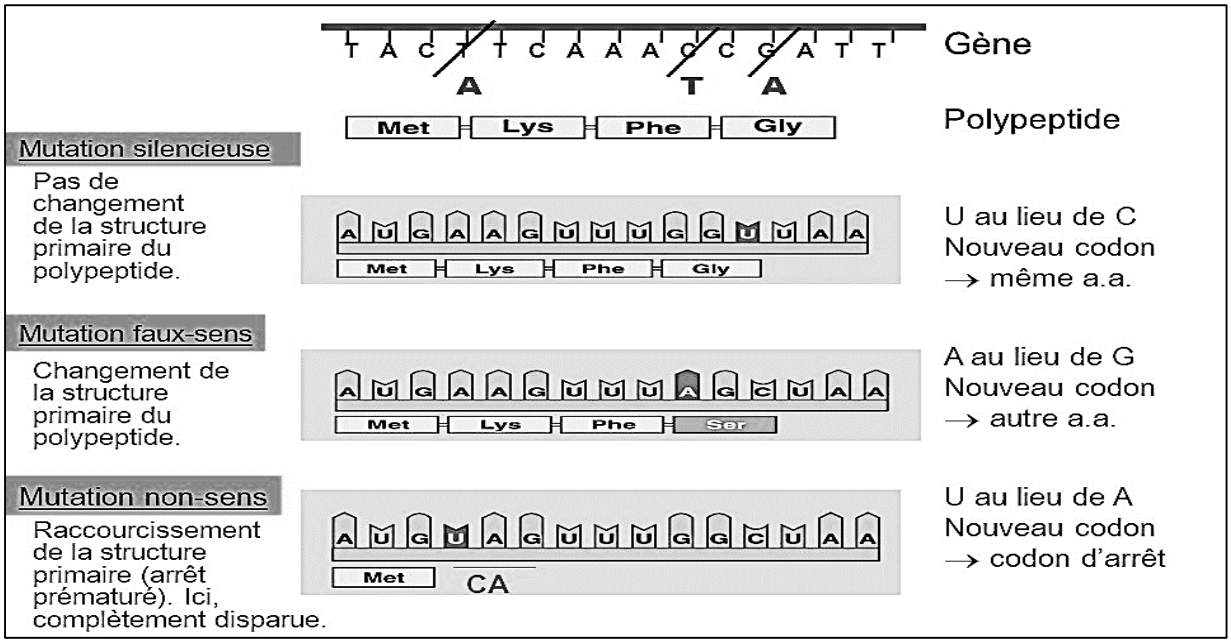
Document 8

Consigne :

1. Quels sont les différents types de mutation ?
2. Citez et caractérisez les types de mutation génique.
3. Que subit l'ADN dans une mutation génique ?

Activité 2 : Conséquences des mutations.

Les mutations peuvent être répertoriées en fonction des conséquences qu'elles induisent sur les protéines synthétisées. (Document 9).



Document 9

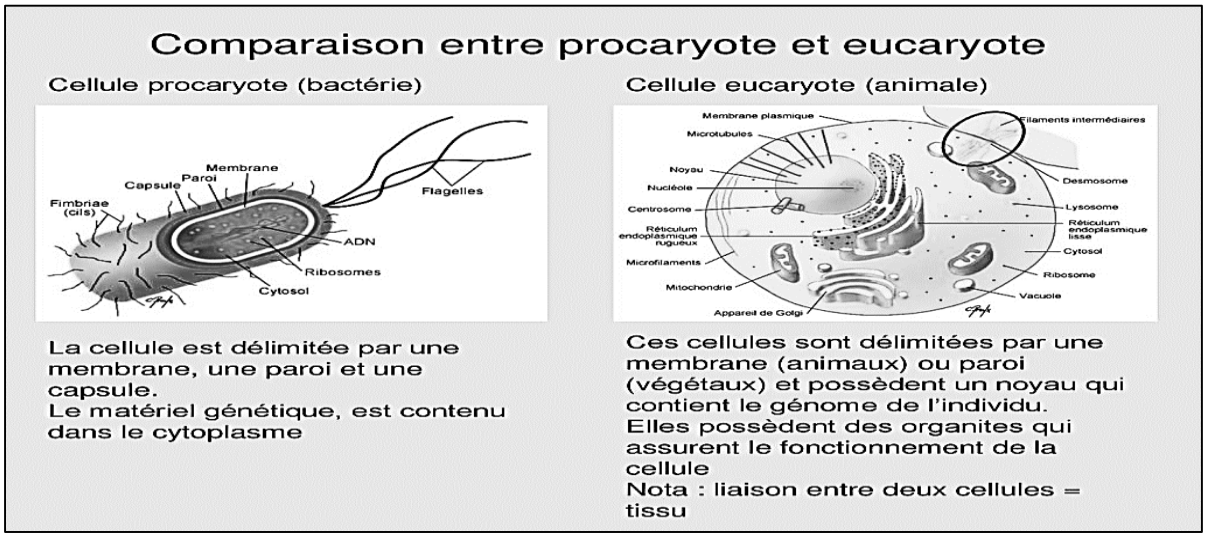
Consigne :

1. Classe les mutations en fonctions de leurs conséquences sur les protéines.
2. Dans quels cas ces mutations peuvent causer une modification des protéines synthétisées ?

D) Diversité génétique et unicité des individus.

Activité 1 : La nature du génome.

Le génome est l'ensemble des gènes présents dans les cellules d'un organisme. Chaque espèce a son génome. Le génome d'une espèce est stable et variable. La stabilité est assurée par la reproduction sexuée avec la méiose et la fécondation qui stabilisent le caryotype. La variabilité résulte des propriétés de l'ADN, molécule qui admet des changements de structure sans perdre, généralement ses fonctions. Le document 10 représente le génome chez les eucaryotes et chez les procaryotes.



Doc.10

Consigne :

1. Décris le génome chez les eucaryotes et chez les procaryotes.
2. Qu'est ce qui assure la stabilité du génome d'une espèce ?

Activité 2 : La diversité et l'unicité des individus.

Tout individu est hétérozygote pour un grand nombre de gêne. Ce polymorphisme génétique est responsable à travers la reproduction sexuée de la naissance de génération en génération, d'individu génétiquement différent. En effet au cours de la méiose, le brassage intra-chromosomique suivi du brassage inter-chromosomique fait que chaque individu est unique. Par conséquent, chaque cellule haploïde, chaque gamète possède un génome unique. La fécondation, caractérisée par la rencontre aléatoire des gamètes, amplifie considérablement le brassage génétique dû à la méiose. Chaque organisme représente ainsi une association unique du gène de l'espèce n'ayant jamais existé et ne se réformera plus dans l'avenir. Chaque individu est unique du point de vue génotype. Cela justifie l'expression « Unicité des individus ».

Chez l'espèce humaine, chaque personne est hétérozygote pour 6 à 7% des gènes sur la base des 50000 gènes pour l'ensemble du génome humain. Il n'existe que 23 paires de chromosomes, cela signifie que chaque paire de chromosome porte de très nombreux gènes représentés par 2 allèles différents sur les chromosomes homologues. Par l'association des allèles des gènes qu'il possède, un chromosome diffère génétiquement de son homologue et diffère également de tous les autres chromosomes des individus de la même espèce.

Consigne :

1. Pourquoi les chromosomes homologues sont génétiquement différents ?
2. Pourquoi les enfants d'un même couple ne sont pas identiques ?
3. Explique l'expression : « unicité de l'individu ».

Synthèse partielle C1 :

1) Les différents types de mutations :

Les mutations génomiques : modification du nombre de chromosomes.

Les mutations chromosomiques : remaniement d'un chromosome.

Les mutations géniques : modification de la séquence d'un gène.

2) Les types de mutations géniques :

Insertion : addition d'un ou plusieurs nucléotides.

Délétion : perte d'un ou plusieurs nucléotides.

Substitution : remplacement d'un ou plusieurs nucléotides.

3) Dans une mutation génique, la séquence de nucléotide de l'ADN est modifiée.

Synthèse partielle C2 :

1) En fonction des conséquences, on distingue :

Les mutations silencieuses : pas de changement dans la structure primaire des polypeptides.

Les mutations faux-sens : modification de la structure primaire des polypeptides.

Les mutations non-sens : apparition d'un codon stop.

2) Les protéines synthétisées sont modifiées dans le cas des mutations faux-sens et non-sens.

Synthèse partielle D1 :

1) Description : Le génome est l'ensemble des gènes (intégralité du matériel génétique) d'un individu, caractéristique de son espèce.

Chez les procaryotes : dépourvus de vrai noyau, les procaryotes possèdent un génome constitué d'ADN libre dans le cytoplasme.

Chez les eucaryotes : le matériel génétique (la chromatine) constitué de plusieurs chromosomes se trouve dans le noyau. Chaque chromosome est organisé en plusieurs loci, occupés par les gènes.

2) La stabilité du génome est assurée par la méiose et la fécondation. Ces deux phénomènes sont complémentaire : la méiose assure l'haploïdie des gamètes tandis que la fécondation rétablie la diploïdie dans le zygote.

Synthèse partielle D2 :

1) Les chromosomes homologues possèdent les mêmes gènes, mais avec le brassage intra-chromosomique et l'existence de plusieurs allèles, ils ne possèdent pas à 100% les mêmes allèles.

2) Les enfants d'un même couples ne sont pas identiques car chaque gamète étant génétiquement différent des autres, chaque zygote (et par conséquent) chaque enfant est génétiquement unique.

3) L'unicité de l'individu : le phénotype d'un individu dépend de son génotype. Avec le brassage génétique, chaque individu (hormis les jumeaux monozygotes) possède son propre génotype et est don unique.

Synthèse générale.

Du nom de Gregor Johann Mendel (1822-1884), ce prêtre autrichien passionné de botanique qui, huit ans durant, occupa ses loisirs à hybrider des petits pois et fut le premier à en tirer des lois statistiques. La génétique mendélienne a pour but d'étudier la transmission des caractères héréditaires de génération en génération.

Par convention, la génération initiale ou génération parentale est dénommée P, les générations suivantes ou générations filiales désignées F1, F2, F3… selon leur ordre d'apparition.

1. Le mono hybridisme.

C'est un croisement dans lequel on étudie la transmission d'un seul caractère. En croisant deux lignées pures ne différant que par un seul caractère (par exemple des pois à graines jaunes et des pois à graines vertes), un des deux caractères disparaît à la génération suivante (première génération filiale ou F1).

On peut en déduire que le caractère présent en F1 est dominant alors que le caractère absent est récessif.

C'est la **première loi de Mendel** ou **loi d'uniformité** : tous les hybrides de première génération issus du croisement de deux lignées pures se ressemblent et présentent le caractère de l'un des parents et de lui seul. Ainsi, si des pois homozygotes à graines jaunes (lignée pure) sont croisés avec des pois homozygotes à graines vertes (autre lignée pure), en F1 tous les pois seront à graine jaune. Le caractère « graine jaune » est donc dominant et le caractère « graine verte » récessif. Ce qui en termes de génotype et de phénotype peut s'énoncer de la manière suivante, en utilisant l'allèle J pour jaune dominant et l'allèle v pour vert récessif.

Chaque parent étant homozygote (J/J ou v/v), il ne peut en effet former qu'un seul type de gamète : l'un porteur de l'allèle J, l'autre porteur de l'allèle v. La fécondation réunira donc obligatoirement les deux allèles J et v mais J étant dominant, il sera le seul à s'exprimer. Par conséquent tous les hybrides de première génération seront de phénotype « graine jaune ».

En croisant ensuite les hybrides de première génération (F1) entre eux, on aboutit alors aux résultats suivants. Cette fois, les deux caractères parentaux réapparaissent mais dans un rapport 3/1 : 75% des hybrides de deuxième génération présentent le caractère dominant et 25% le caractère récessif.

C'est la **deuxième loi de Mendel** ou **loi de ségrégation** : tous les hybrides de deuxième génération issus du croisement de deux hétérozygotes pour un même couple d'allèles ne se ressemblent pas et présentent l'un ou l'autre des caractères de la génération parentale.

2. Di hybridisme

Les phénomènes décrits jusqu'à présent ne concernaient que des lignées parentales pures se distinguant par un seul caractère. Voyant maintenant ce qu'il en est lorsqu'elles diffèrent par deux caractères distincts et reprenons les expériences de Mendel effectuées à partir de pois à graines jaunes / ridées et de pois à graines vertes / lisses. Comme précédemment, il s'agit bien sûr de lignées homozygotes de sorte que le croisement de pois à graines jaunes / ridées entre eux ne donne que des pois à graines jaunes / ridées et il en est de même pour les pois à graines vertes / lisses. En revanche, si l'on croise les deux variétés entre eux, tous les pois de F1 présentent le même phénotype (graines jaunes et lisses) et aucun pois à graines vertes / ridées n'apparaît. On peut donc en conclure une nouvelle fois que les caractères « graine jaune » et « graine lisse » sont dominants alors que les caractères « graine verte » et « graine ridée » sont récessifs. Ce qui en termes de génotype et de phénotype peut s'énoncer de la manière suivante en utilisant l'allèle J pour jaune dominant, l'allèle L pour lisse dominant, l'allèle v pour vert récessif et l'allèle r pour ridé récessif.

Mendel croise alors les hybrides obtenus en F1 entre eux et observe que les quatre caractères parentaux réapparaissent en F2 mais dans un rapport 9/3/3/1. 9/16 des pois sont à graines jaunes et

lisses (J ; L), 3/16 à graines jaunes et ridées (J ; r), 3/16 à graines vertes et lisses (v ; L) et 1/16 à graines vertes et ridées (v ; r). Les deux lois d'uniformité et de ségrégation sont donc à nouveau vérifiées : tous les hybrides de première génération se ressemblent mais pas ceux de deuxième génération. Et n'importe quelle combinaison de caractères aboutirait à des proportions identiques : 3/4-1/4 en cas de mono hybridisme, 9/16-3/16-3/16-1/16 en cas de di hybridisme.

3. Cas du linkage (liaison entre les gènes)

Dans le croisement de cas de di hybridisme, il se peut que les gènes étudiés soient situés sur un même chromosome (linkage) ou sur des chromosomes différents (gènes indépendants). Pour en savoir, il faut un croisement-test et étudier ses résultats. Trois cas peuvent arrivés :

- Il y a autant de phénotypes recombinés que de types parentaux (4 phénotypes avec pour chacun 25%) : les gènes sont indépendants (pas de linkage).
- Le taux de types recombinés est inférieur à celui de types parentaux : les gènes sont liés (linkage partiel).
- S'il n'y a pas de types recombinés : il y a linkage total.

4. Les mutations :

La mutation est un changement dans la séquence des nucléotides de l'ADN. Elle est provoquée par des agents mutagènes, c'est-à-dire des facteurs susceptibles d'augmenter la fréquence des mutations. Il s'agit des agents physiques (radiations ionisantes), des radiations chimiques (acide nitreux). La conséquence de l'action de ses agents est une modification structurale de l'ADN. La mutation ponctuelle : est toute modification n'affectant qu'une seule paire de nucléotide d'une séquence d'ADN. Cependant, il arrive parfois que la modification soit plus étendue, ce qui entraine d'important remaniement du segment d'ADN. Les mutations ponctuelles sont de plusieurs types affectant la molécule d'ADN :

Substitution : Un nucléotide est remplacé par un autre.

Délétion : Elle est la perte d'un nucléotide de la séquence d'ADN.

Addition ou insertion : Un nucléotide s'insère entre 2 nucléotides de la séquence.

Lorsqu'une mutation entraine une modification de la séquence des acides aminés d'une protéine, elle est dite efficace. Seules les mutations germinales sont transmissibles à la descendance. Les mutations somatiques se transmettent d'une cellule à une autre cellule sur le même organisme mais ne sont pas héréditaire.

5. Nature du génome :

Le génome est l'ensemble de tout le matériel génétique d'un être vivant. Les individus d'une même espèce ont le même génome. Celui-ci est caractérisé par le nombre de chromosomes, leurs structures, l'emplacement de tous les gènes nécessaires à l'édification et au fonctionnement de l'organisme.

6. Diversité et l'unicité de l'individu

Tout individu est hétérozygote pour un grand nombre de gêne. Ce polymorphisme génétique est responsable à travers la reproduction sexuée de la naissance de génération en génération, d'individu génétiquement différent. En effet au cours de la méiose, le brassage intra-chromosomique suivi du brassage inter-chromosomique fait que chaque individu est unique. Par conséquent, chaque cellule haploïde, chaque gamète possède un génome unique. La fécondation, caractérisée par la rencontre aléatoire des gamètes, amplifie considérablement le brassage génétique dû à la méiose. Chaque organisme représente ainsi une association unique du gène de l'espèce n'ayant jamais existé et ne se réformera plus dans l'avenir. Chaque individu est unique du point de vue génotype. Cela justifie l'expression « Unicité des individus ».

Sous-concept 3 : Diversité génétique d'une population

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'une population ?

Que signifie polymorphisme ?

Situation problème :

Les populations naturelles sont composées d'organismes génétiquement différents pour un grand nombre de gènes. Les différences génétiques entre individus, autrement dit le polymorphisme génétique des populations, sont alors conçues comme un patrimoine, un capital adaptatif, un gage de survie de l'espèce aux variations de l'environnement selon le principe darwinien de la « survie du plus apte ») ; ce qui suppose évidemment l'existence préalable de telles différences génétiques entre individus. La génétique des populations se propose d'abord d'évaluer l'importance de cette diversité génétique.

Comment se manifeste la diversité génétique au sein d'une population ?

Comment la diversité génétique évolue d'une population à l'autre ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

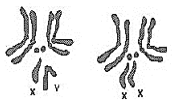
Activité 1 : Polymorphisme au sein d'une population.

On croise deux lignées pures de drosophiles différentes par deux caractères. (Document 1).

Le matériel de Morgan : des drosophiles «*Drosophila melanogaster*»

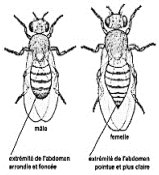
Pourquoi des drosophiles ?

- Peu nuisible ; se nourrit des champignons qui se développent sur les fruits.
- Prolifique ; des centaines d'individus aux 15 jours.
- Peu de chromosomes ce qui fait moins de matériel à étudier (8).
- On peut facilement reconnaître les sexes.
- Chromosomes géants visibles au microscope optique : *on peut suivre leur mouvement ainsi que celui des gènes qu'ils portent au microscope.*

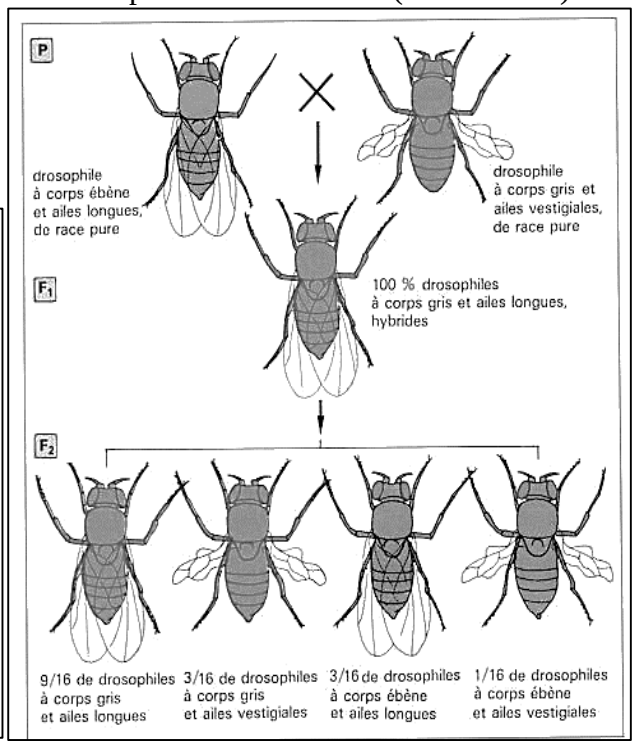


Source

La détermination du sexe ressemble à celle des humains : (3) paires autosomes + (1) paire hétérosome XX ou XY



Source



Document 1

Consigne :

1. Cette expérience s'intéresse à combien de générations ?
2. Les parents diffèrent par combien de caractères ?
3. Quels sont les génotypes et les phénotypes des parents et de la F1.
4. Compare la F1 et la F2 et tire une conclusion.

Synthèse partielle 1 :

1) Cette expérience s'intéresse à trois générations (parents, F1 et F2).

2) Les parents diffèrent par deux caractères : la couleur du corps et la taille des ailes.

3) Les phénotypes et génotypes :

La F1 est homogène : les caractères corps gris et ailes longues sont dominants.

soient les caractères :

G = corps gris ; e = corps ébène

L = ailes longues ; v = ailes vestigiales.

Parents :	[e L]	X	[G v]
génotypes :	eL // eL		Gv // Gv
Gamètes:	eL		Gv
F1:	100%	Gv// eL	[GL]

4) Comparaison :

La F1 présente un seul phénotype : elle est homogène.

La F2 présente 4 phénotypes : deux phénotypes parentaux et deux phénotypes recombinés. La génération F2 est polymorphe.

Activité 2 : Influence de la sélection naturelle sur la variation des fréquences alléliques.

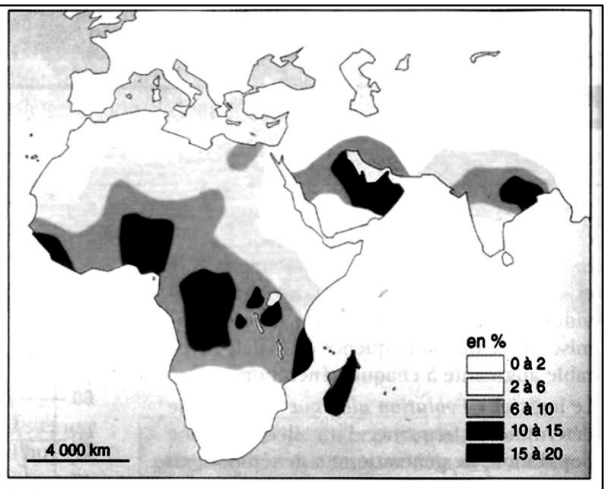
La diversité entre individus d'une espèce ou d'une population peut provenir de leur diversité génétique mais aussi de la diversité des milieux au sein desquels s'expriment les gènes. Pour tout gène, la diversité génétique d'une population est appréhendée par sa composition génétique. Celle-ci est, définie à trois niveaux, celui des phénotypes, avec les fréquences phénotypiques, celui des génotypes, avec les fréquences génotypiques, celui des allèles du gène, avec les fréquences alléliques. La proportion d'un allèle peut varier au sein d'une population et dans les populations dérivantes. Le document 2 représente la distribution de la drépanocytose et du paludisme.

• La **drépanocytose** est une maladie génétique récessive. L'allèle à l'origine de cette maladie est l'allèle βs du gène codant pour la chaîne β de l'hémoglobine. La maladie se traduit par une déformation des globules rouges en faucille accompagnée d'une anémie* sévère.

Diverses infections et des occlusions vasculaires sont les complications les plus fréquentes : l'espérance de vie des malades est diminuée (beaucoup meurent jeunes).

Les personnes hétérozygotes ($\beta s//\beta A$) produisent à la fois de l'hémoglobine S et de l'hémoglobine A (normale), mais ne sont pas malades.

• Dans certains pays, la fréquence de l'allèle βs dépasse 15 %, la proportion d'hétérozygotes pouvant représenter plus de 25 % de la population (et même jusqu'à 40 % dans certaines régions d'Afrique).

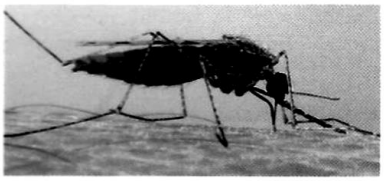


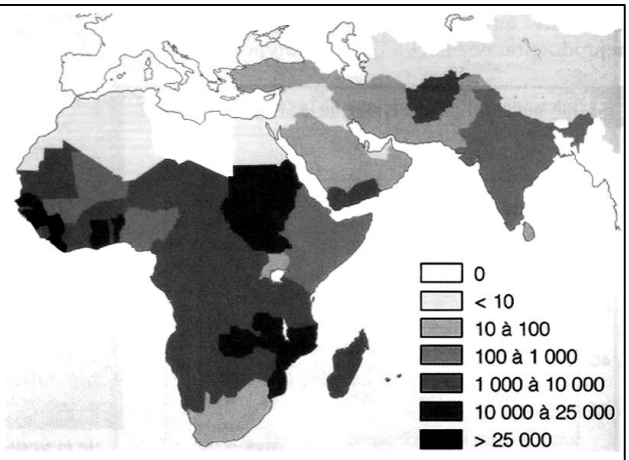
Fréquence de l'allèle βs.

A

Le **paludisme** est une maladie due à un parasite intracellulaire (le *Plasmodium*) qui se développe dans les globules rouges du sang. Ce parasite unicellulaire accomplit une partie de son cycle de vie dans certaines espèces de moustiques (les anophèles) qui vivent dans les régions intertropicales, chaudes et humides. C'est par une piqûre d'anophèle que le parasite peut être introduit dans le sang humain.

Le paludisme est l'un des principaux fléaux mondiaux, tuant chaque année entre 1,5 et 2,5 millions de personnes, dont un million d'enfants de moins de 5 ans.





Nombre de cas de paludisme pour 100 000 habitants (source : OMS).

B

Document 2

Consigne ;

1. Compare la carte de distribution de la drépanocytose à celle du paludisme ?
2. Quel est le continent le plus touché ?
3. Explique pourquoi la présence de l'allèle HbS est un avantage dans les régions où sévie le paludisme.

Synthèse partielle 2 :

1) La drépanocytose et le paludisme sont des maladies qui sévissent presque dans les mêmes régions : la zone intertropicale.

2) Le continent le plus touché est l'Afrique.

3) La présence de l'allèle HbS est un avantage car les sujets hétérozygotes résistent mieux au paludisme.

Activité 3 : Influence des migrations sur la variation des fréquences alléliques.

Les Hommes sont maintenant sous toutes les latitudes, sous tous les climats. Ils ont conquis aussi bien les régions humides et tropicales que les régions arides sèches ou même les régions polaires. Partout dans le monde, il s'est adapté aux rayonnements solaires et au climat. La couleur de la peau est l'un des éléments le plus visible de cette adaptation. La distinction entre trois grands groupes humains caractérisés principalement par des différences de pigmentation (« races » noire, jaune et blanche) est ancienne. Aucune de ces populations n'est strictement endogame et les échanges génétiques entre populations voisines ont généré de tout temps un véritable continuum. C'est pourquoi le terme de race n'est pas vraiment approprié à la situation génétique des populations humaines.

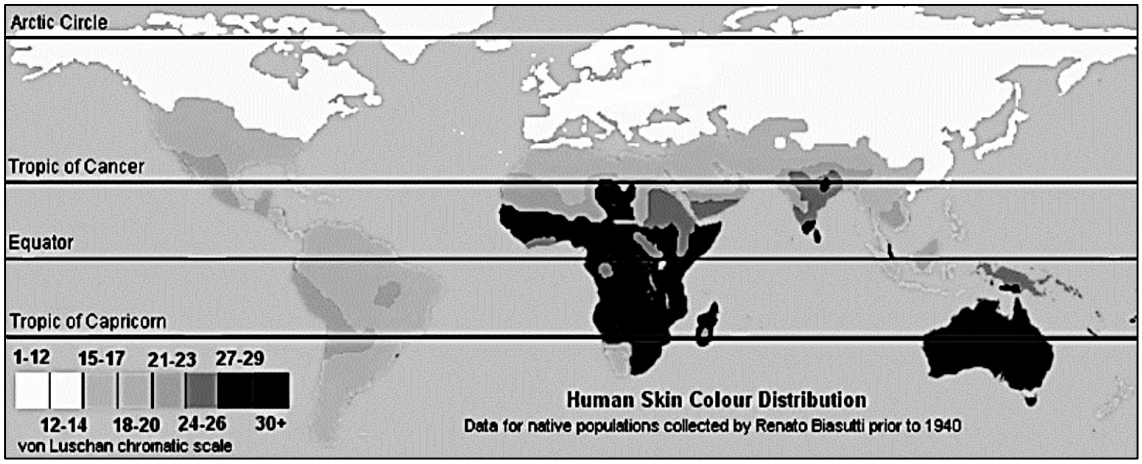
En effet, plus la quantité de rayonnement UV est élevée, plus la couleur de la peau de l'Homme est foncée et vice versa. Ainsi un africain a la peau plus ou moins foncée, un irlandais a une peau très claire, un européen du Sud est entre les deux, etc. (Document 3).

On peut distinguer :

Une zone centrale (tropicale) très fortement exposée aux rayonnements UV avec une population à la peau très foncée.

Une zone intermédiaire où les populations ont la peau de plus en plus claire et le plus fort potentiel pour s'assombrir (bronzer) et s'éclaircir suivant les saisons.

Une zone plus près des pôles avec une population à peau claire pour recevoir le maximum de soleil.



Doc.3

Consigne :

1. Etablis une relation entre la latitude et la variation de la couleur de la peau.
2. Qu'est ce qui est à l'origine de la variation de la couleur de la peau ?
3. Explique l'influence des migrations sur la variation des fréquences alléliques.

Synthèse partielle 3 :

1) Relation entre la latitude et la couleur de la peau :

Dans les zones de basses latitudes, la peau est plus foncée. Plus on s'éloigne de l'équateur, plus la peau s'éclaircis.

2) Explication :

La peau produit la mélanine (pigment foncé) pour lutter contre les rayonnements ultra-violets. Plus la quantité de rayonnements UV est intense, plus la peau devient foncée (par production de mélanine).

Dans les zones de basses latitudes les rayonnements UV sont intenses, les peaux sont plus foncées.

Dans les zones de hautes latitudes, les rayonnements UV sont moins intenses, les peaux sont plus claires.

3) L'influence des migrations sur la variation des fréquences alléliques

Les migrations permettent les échanges d'allèles entre les populations éloignées (à travers la reproduction sexuée). Ces échanges permettent de modifier la fréquence allélique dans les populations.

Synthèse générale :

Tous les individus appartenant à une même espèce possèdent le même nombre de chromosomes et les mêmes gènes, occupant la même position le long de l'ADN. Au cours de l'évolution, des mutations peuvent conduire à l'apparition de différentes versions des gènes : les allèles. Différents brassages au cours de la reproduction sexuée expliquent que chaque individu (hormis les jumeaux vrais) soit génétiquement unique.

1. Diversité génétique au sein d'une population.

Chez les individus à reproduction sexuée, le brassage génétique qui a lieu pendant la formation de gamètes et la fécondation aboutissent à la diversité génétique au sein des populations. Par conséquent le brassage génétique a pour finalité l'unicité génétique de l'individu.

La présence dans une population à reproduction sexuée, d'individus génétiquement identiques (vrai jumeaux) en est une exception. La variation de phénotype au sein d'une population ou la présence, au sein d'une population, de phénotypes différents est déterminée par la diversité génétique.

Le polymorphisme existe au niveau morphologique et biochimique. Les différents phénotypes sont dus à l'existence d'enzymes différents codés par des allèles différents de la même gêne.

2. Influence de la sélection naturelle sur la variation de la fréquence allélique :

La fréquence allélique ou la proportion d'un allèle dans une population est le rapport du nombre de de cet allèle, sur le nombre d'allèles de l'ensemble des individus de la population pour le gène considéré.

La sélection naturelle est l'avantage pris par certains génotype par diminution relative de la fécondité et ou de l'espérance de vie d'autres génotypes de la population sous l'influence des facteurs du milieu.

3. Influence des migrations sur la variation de fréquence allélique :

La migration entre population distincte crée un transfert plus ou moins important de gènes entre elles, ce qui modifie les fréquences alléliques et amoindri les différences allélique entre les pools de gènes.

En d'autres termes, on assiste à un mélange de pools de gènes qui a tendance à provoquer ou à entraîner leurs uniformisations. Cette uniformisation est d'autant plus importantes que les populations sont proches géographiquement.

Les migrations peuvent aussi être à l'origine de la création de nouvelles populations. En effet lors de la formation d'une nouvelle population par un petit nombre d'individus constituant la population fondatrice, la totalité des allèles se trouvant dans la population de départ n'est pas présente entièrement dans la population fondatrice. Il y a donc perte de polymorphisme, c'est l'effet fondateur où effet de fondation.

L'histoire de l'humanité nous révèle que des groupes d'individu, pour des raisons diverses (famines, conflits, catastrophe etc…) avaient été amenés à se séparer des populations plus vaste auquel elles appartenaient.

Ceci a marqué l'influence de ces migrations sur la formation génétique de la population. On considère une population de départ ou population mère noté P1, un petit groupe d'individus se sépare de cette population, migre vers un territoire isolé de cellule de P1 et forme une nouvelle population P2.

Le plus petit groupe est appelé groupe fondateur ou population fondatrice. Les allèles présents dans ce groupe, représentent ceux de la population P1. C'est-à-dire à partir du pool génétique de la population P1, deux populations filles P3 et P4 sont créés. A chaque génération, un échantillon d'allèle est transmis au hasard parmi la variation infinie des combinaisons possibles. Cette sélection des allèles au hasard d'une génération à la suivante est appelé « dérive génétique ».

Elle peut être encore définie comme une variation de la fréquence allélique et génotypique d'une génération à la suivante a une petite population. La dérive génétique et l'effet fondateur ne sont importants que si les populations séparées demeurent isolées les unes des autres.

Sous-concept 4 : Quelques aspects de la génétique humaine.

Pré-évaluation

Qu'est-ce qu'un arbre généalogique ?

Quelle est son importance ?

Situation problème :

Le très grand nombre de maladies héréditaires d'une part, la grande rareté de la plupart d'entre elles d'autre part, rendent impossible leur recherche systématique dans l'ensemble d'une population. En revanche, il est possible d'identifier des « familles à risque » qui peuvent alors bénéficier d'une recherche « cible ».

Les techniques modernes du génie génétique ont rendu possible le diagnostic prénatal des anomalies du caryotype ainsi que celui de certaines maladies héréditaires.

Quels sont les modes de transmission des maladies héréditaires ?

Comment réalise-t-on des tests diagnostic ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

A. Les mécanismes de transmission des gènes.

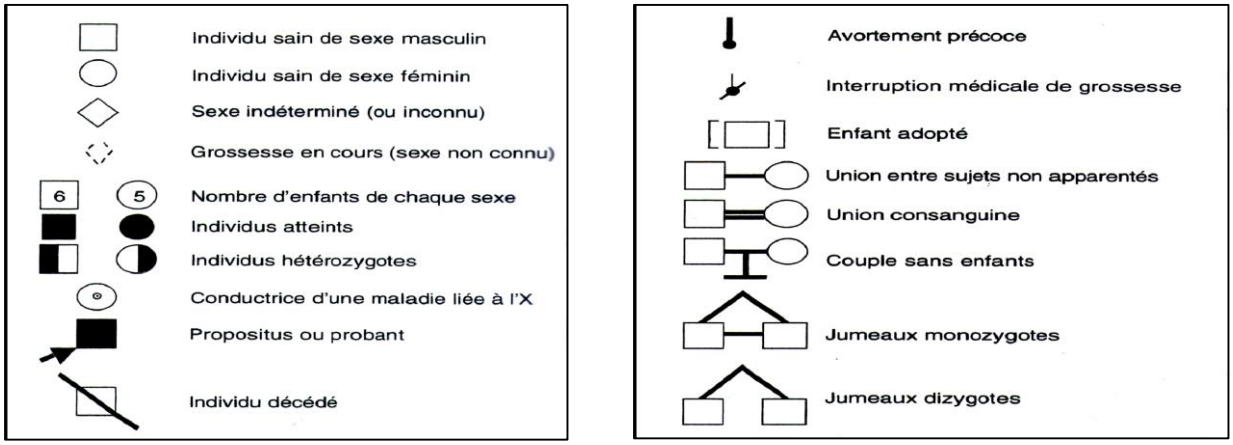
Activité 1 : Notion d'arbre généalogique.

La généalogie ou pedigree est l'histoire génétique d'une famille, et le premier membre de la famille qui attire l'attention sur une maladie génétique est appelé : Propositus, Probant, Indicateur ou cas index. L'établissement d'un arbre généalogique de maladie génétique ou à hérédité mendélienne est fondé sur la généalogie de la famille qui vient consulter. Lorsqu'il s'agit de cas familiaux, l'arbre généalogique permettra de définir le mode de transmission de la maladie. En généalogie humaine, les observations peuvent être retracées sur un seul schéma portant différents symboles (Doc. 1).

Chaque génération occupe une ligne horizontale. Les générations successives sont indiquées par les chiffres romains de I à IV ou V, en allant de haut en bas. La génération I représente les ancêtres les plus anciens.

A l'intérieur d'une génération Les individus sont numérotés en continu par des chiffres arabes en commençant par la gauche. Chaque individu est ainsi désigné par la combinaison du numéro de génération et de son propre numéro à l'intérieur de sa génération. Le Propositus est fléché.

L'établissement de l'arbre généalogique utilise les informations obtenues sur le Propositus et sa famille. Ces informations sont : Identité du Propositus, âge, sexe, état de santé, Les parents directs : fratrie, père, mère, Fratrie des grand- père et grand-mère paternels ; Fratrie des grand- père et grand-mère maternels ; Renseignements sur la descendance éventuelle de l'intéressé ; Déroulement de la grossesse concernant le Propositus ; Avortement et mort-nés ayant eu lieu chez la mère.



Doc.1

Consigne : à partir du texte et du document 1 :

Définis un arbre généalogique (ou pédigrée) et donne son importance.

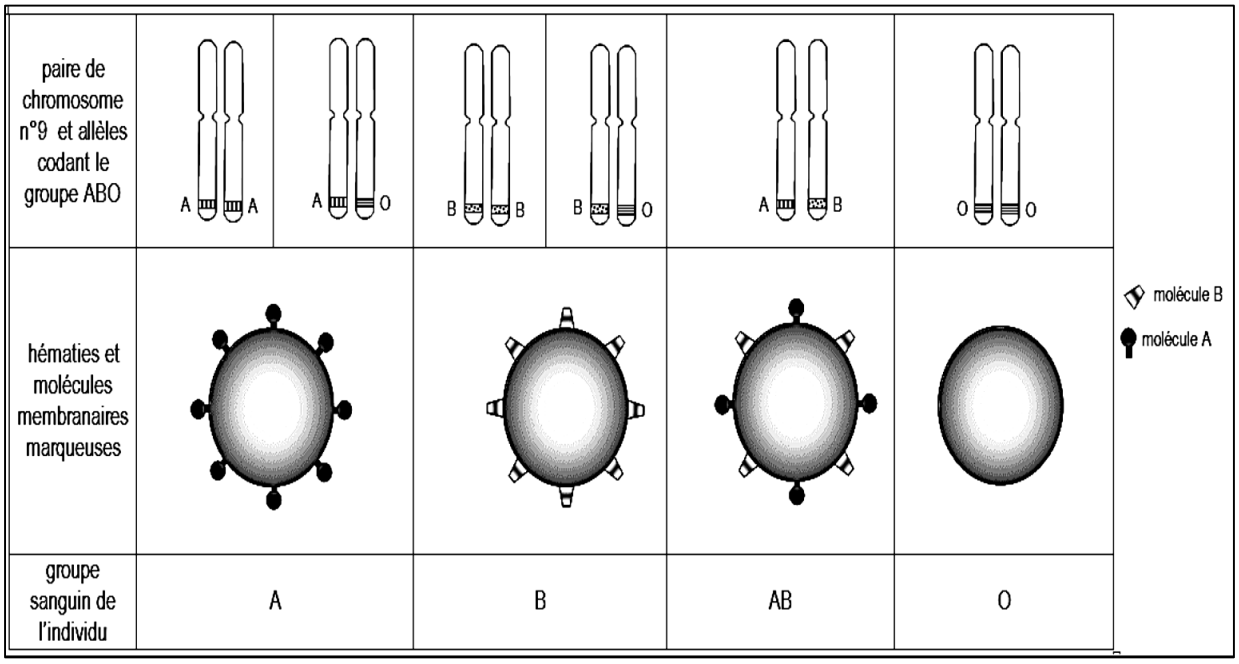
Synthèse partielle A1 :

Définition : un arbre généalogique est un schéma retrace l'histoire génétique d'une famille.

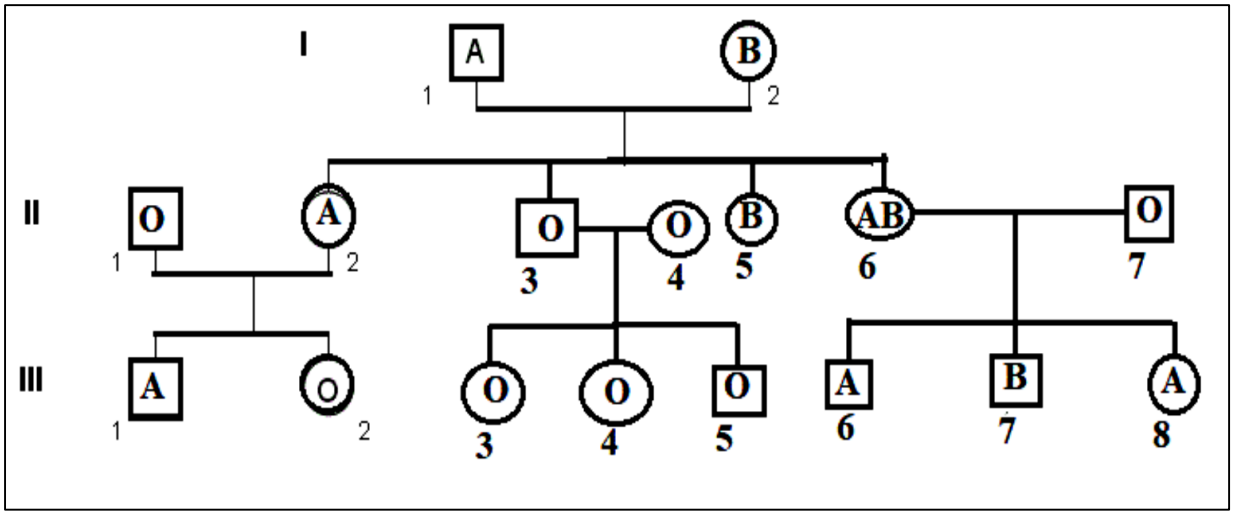
Un arbre généalogique permet de déterminer le mode de transmission d'une maladie héréditaire.

Activité 2 : La transmission par les autosomes : exemple du système ABO.

Le groupe sanguin est un phénotype d'individus humains correspondant à la présence de différents types de glycoprotéines marqueurs localisés sur la membrane des hématies (agglutinogènes). Dans la vingtaine de principaux groupes sanguins existant, nous allons nous intéresser à celui du système ABO. Dans ce système, il y a 3 allèles A, B et O, correspondant à un gène. Dans une population le brassage entre ces 3 allèles permet d'obtenir 4 phénotypes : [A], [B], [AB] et [O] (Doc.2A). Le document 2B représente la transmission du groupe sanguin dans une famille.



A



B

Document 2

Consigne : à partir du texte et du document 2 :

1. Caractérise le gène du système ABO.
2. Détermine les génotypes des individus I1, I2, II2, II5, II6, III1, III3, III5, III7 et III8.
3. Précise les résultats statistiques des descendants directs du couple I1 et I2.
4. Précise la probabilité pour que le couple II1 et II2 ait un enfant de groupe O.
5. Quels sont les caractéristiques de la transmission autosomale ?

Synthèse partielle A1 :

1) Caractéristiques du gène du système ABO.

Il est situé sur la paire de chromosome n°9.

Il possède trois allèles dont deux dominants (A et B) et un récessif (O).

Ces allèles codent pour la synthèse de protéines à la surface des hématies, responsable des groupes sanguins.

2) Les génotypes :

I1 : A//O ; I2 : B//O ; II2 : A//O ; II5 : B//O ; II6 : A//B ; III1 : A//O ; III3 : O//O ; III5 : O//O ; III7 : B//O ; III8 : A//O.

3) Les résultats statistiques des descendants directs du couple I1 et I2.

Parents : I1: Père × I2 : Mère

Génotypes: A//O B//O

Gamètes : A ; O B ; O

Echiquier:

♀ \ ♂	A	O
B	A//B [A//B]	B//O [B]
O	A//O [A]	O//O [O]

Proportions :
25% A//B [AB] ; 25% A//O [A] ; 25% B//O [B] ; 25% O//O [O]

4) La probabilité pour le couple II1 et II2 d'avoir un enfant de groupe O.

Parents : II1(Père)[O] × II2 (Mère) [A]

Génotypes : O//O A//O

Gamètes: O A ; O

Echiquier:

♂ \ ♀	A	O
O	A//O [A]	O//O [O]

Proportions: 50% A//O [A] ; 50% O//O [O]

La probabilité est de 50%.

5) Les caractéristiques de la transmission autosomale.

Une maladie autosomale récessive :

• est aussi fréquente chez les garçons que chez les filles.
• en général, elle n'apparaît pas à toutes les générations
• est déterminée par un gène qui ne s'exprime au niveau du phénotype atteint qu'à l'état homozygote.

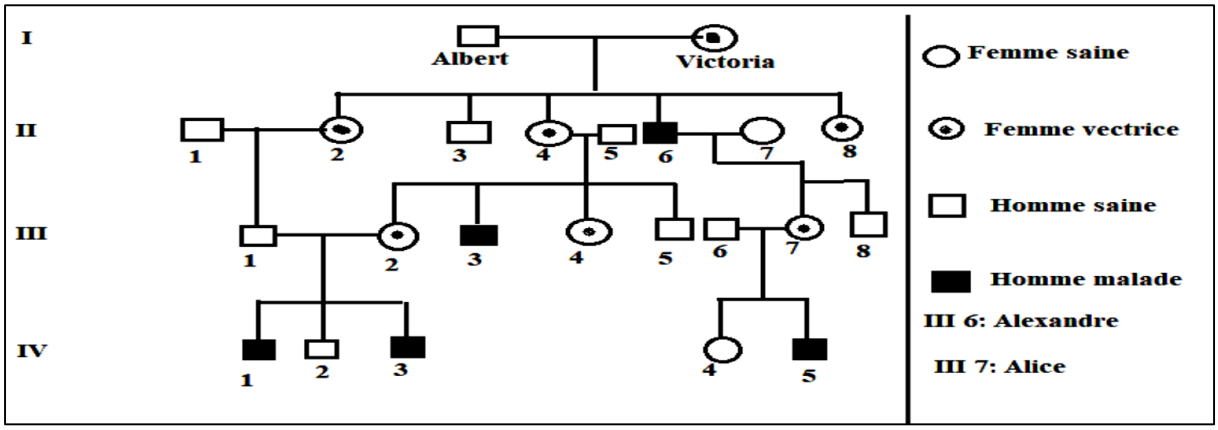
Une maladie autosomale dominante :

• tout sujet affecté a au moins l'un des parents malade.
• en général elle se manifeste dans toutes les générations.
• les sujets malades sont le plus souvent hétérozygotes.
• les sujets sains sont toujours homozygotes.

Activité 3 : La transmission par les gonosomes : exemple de l'hémophilie.

L'homophilie est une maladie héréditaire qui se traduit par un trouble de coagulation du sang. Il est déterminé par un allèle récessif porté par un chromosome X et se manifeste par des hémorragies qui s'arrêtent difficilement. Le document 3 représente la transmission de l'hémophilie dans la famille de la reine Victoria.





Doc.3.

Consigne : à partir du document 3 :

1. Explique le mode de transmission de cette maladie.
2. Trouve la probabilité pour que l'enfant d'Alice et d'Alexandre soit hémophile.
3. Donne les Caractéristiques de la transmission gonosomale.

Synthèse partielle A3 :

1) Le mode de transmission de cette maladie.

L'allèle responsable de la maladie est récessif : les parents sains ont des enfants malades.

Il est lié au sexe (gonosomale) : c'est seulement le sexe masculin qui est touché par la maladie.

Il est lié au chromosome X : la femme vectrice transmet la maladie à ses fils.

2) La probabilité pour que l'enfant d'Alice et d'Alexandre soit hémophile.

Parents :	Alexandre [+]	X	Alice [+]
Génotypes :	X_+ Y		X_+ X_h
Gamètes	X_+ ; Y		X_+ ; X_h
Echiquier:	♀ \ ♂	X_+	Y
	X_+	X_+X_+ [+]	X_+Y [+]
	X_h	X_+X_h [+]	X_hY [h]
Proportions	25% filles saines ; 25% filles porteuses 25% garçons saines; 25% garçons hémophiles		

La probabilité est de 25%.

3) Les Caractéristiques de la transmission gonosomale.

Une maladie dominante liée à X :

• Tout sujet atteint a au moins l'un des parents atteint.
• En général elle se manifeste dans toutes les générations.
• Les hommes affectés transmettent la maladie seulement à toutes leurs filles
• Les femmes atteintes hétérozygotes mariées à des hommes non affectés transmettent la maladie à la moitié de leurs fils et de leurs filles.
• Tout garçon atteint devrait avoir une mère atteinte.

Une maladie récessive portée par le chromosome sexuel X

• est plus fréquente chez les garçons que chez les filles.
• est déterminée par un gène dont l'allèle récessif s'exprime chez les garçons atteints.
• les garçons malades sont issus d'une mère vectrice.
• Toute fille atteinte devrait avoir un père atteint.

Hérédité liée au chromosome Y.

Le sexe féminin n'est pas concerné.
Un homme malade a tous ses garçons malades.

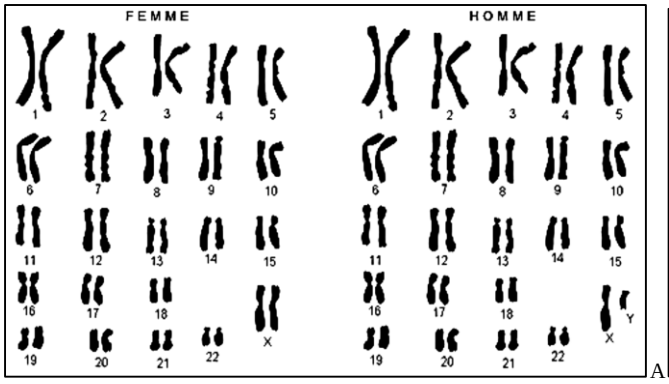
B. **Applications et implications des connaissances en génétique humaine.**

Activité 1 : Identification de caryotype d'un individu atteint d'une maladie chromosomique.

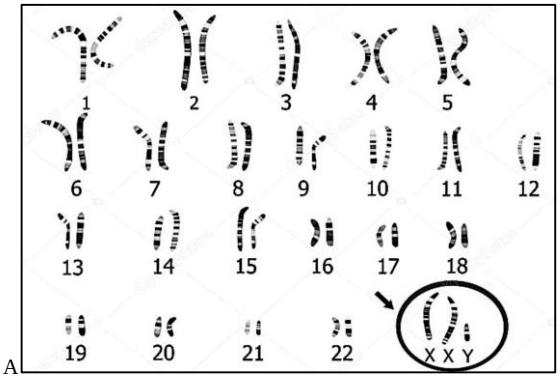
On admet qu'une anomalie chromosomique (plus ou moins importante) s'observe chez environ 1% des nouveau-nés vivants. Parmi ces anomalies, on peut citer : le syndrome de Down (doc. 3C et 3D) ; ***Le syndrome de Klinefelter*** (doc.3B) : qui affecte les Hommes et se manifeste par : atrophie des testicules (stérilité), retard mental parfois un développement anormal des seins.

Le syndrome de Turner : chez les femmes (un seul chromosome X), qui se manifeste par : une petite taille (1,5m), faible développement des caractères sexuels secondaires, atrophie des ovaires (stérilité).

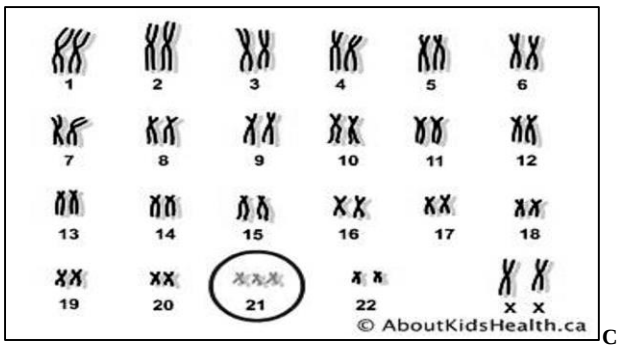
Le document 3 représente trois caryotypes humains et le document 4 explique l'obtention d'aberration chromosomique.



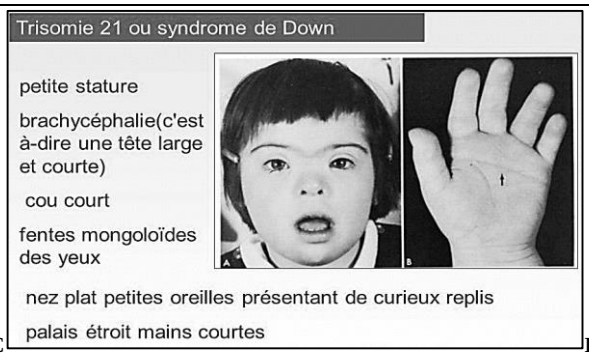
A



B

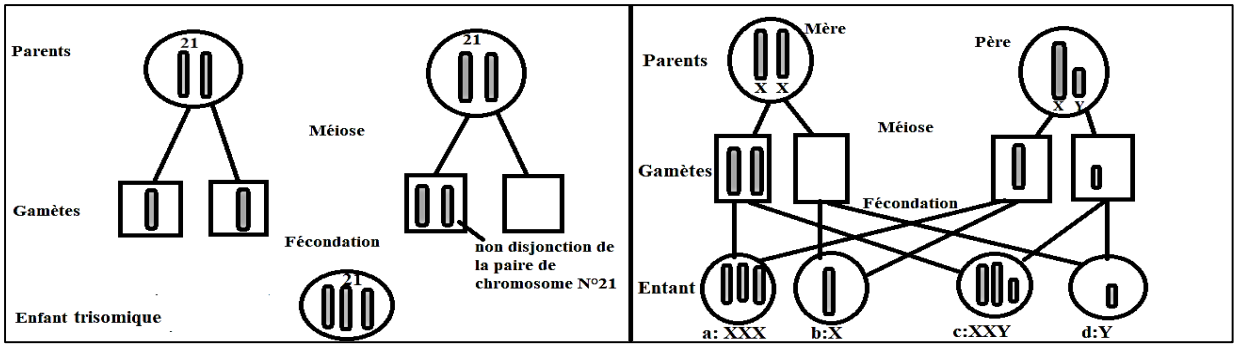


C



D

Document.3



Document 4

Consigne : à partir du texte et des documents 3 et 4 :

1. Compare les caryotypes A, B et C.
2. Précise les caryotypes anormaux et leurs conséquences.
3. Explique l'obtention de caryotypes anormaux.

Synthèse partielle B1 :

1) Comparaison :

Caryotypes A : homme : 2n = 44+ XY ; femme : 2n = 44 + XX.

Caryotype B : 2n = 44 + XXY. Homme atteint de ***syndrome de Klinefelter.***

Caryotype C : 2n = 45+ XX. Femme trisomique.

2) Les caryotypes anormaux et leurs conséquences :

Caryotype B (syndrome de Klinefelter) : atrophie des testicules (stérilité), retard mental parfois un développement anormal des seins.

Caryotype C (trisomie 21) : petite taille, brachycéphalie, nez plat et petite oreilles, mains courtes retard mental.

3) Les aberrations chromosomiques sont dues à une anomalie de disjonction des chromosomes homologues en anaphase I de la méiose.

Activité 2 : Diagnostic prénatal.

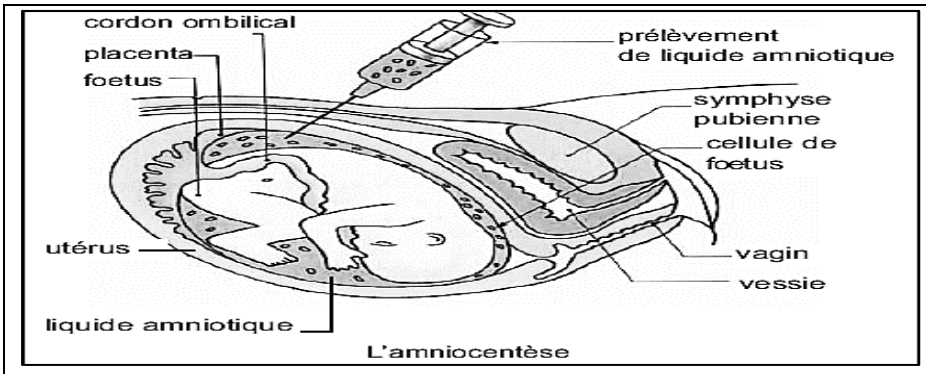
La recherche d'anomalie chromosomique représente la grande majorité des demandes d'examen prénatal en vue d'un diagnostic (90 à 95%).

La réalisation du caryotype d'un fœtus exige que l'on dispose de cellules fœtales. Celles-ci sont obtenues :

Soit par prélèvement de liquide amniotique (ou ***amniocentèse***) vers la 15ème semaine de grossesse, ce liquide contenant en suspension des cellules fœtales détachées de la peau ou des muqueuses. Cette technique est la plus fréquemment utilisée car elle présente moins de risques de déclencher un avortement. (Doc.5A)

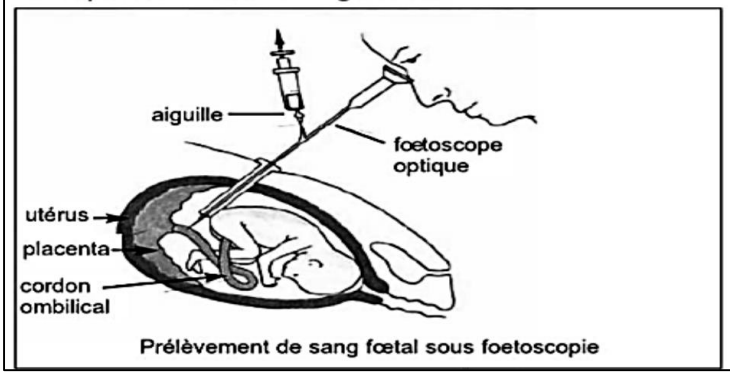
Soit par prélèvement de sang fœtal ou ***cordocentèse*** **(**Doc.5B).

Soit par prélèvement de villosités choriales ou ***choriocentèse*** dès la 8ème semaine de grossesse. Cette technique présente un intérêt évident car elle permet un diagnostic précoce. (Doc.5C).



5A : Amniocentèse

b- Le prélèvement du sang foetal :

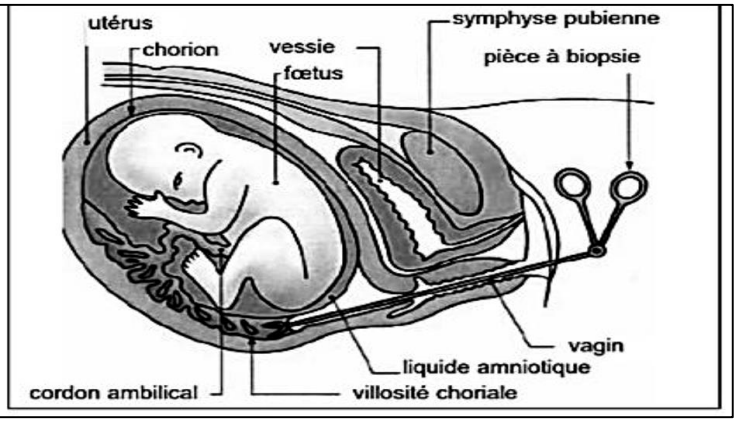


Il a lieu dans le cordon ombilical sous guidage échographique, vers 18 à 20 semaines de grossesse.

B

c- Le prélèvement des villosités choriales

Il consiste à prélever des cellules foetales à un stade encore plus précoce de la grossesse (de la huitième à la dixième semaine) au moyen d'un cathéter d'aspiration ou d'une pince qu'on introduit dans le col de l'utérus.



C

Document 5 : Diagnostic prénatal

Consigne : à partir du texte et du document 5 :

1. Cite et explique brièvement les techniques de diagnostic prénatal.
2. Explique comment ces techniques permettent de diagnostiquer des anomalies chromosomiques.
3. Quel est l'importance du diagnostic prénatal.

Synthèse partielle B2 :

1) Les techniques de diagnostic prénatal.

Amniocentèse : prélèvement et analyse de liquide amniotique.

Cordocentèse : prélèvement et analyse de sang fœtal.

Choriocentèse (ou biopsie du trophoblaste) : prélèvement et analyse de villosités choriales.

L'électrophorèse : analyse de l'ADN.

2) Grâce à ces prélèvements, on se procure de l'ADN fœtal et déceler la présence d'anomalie chromosomique.

3) Le diagnostic prénatal permet de déceler les anomalies chromosomiques avant la naissance et prendre les dispositions nécessaires.

Synthèse générale :

I. Etude de la transmission d'une tare héréditaire

Les unions humaines présentent cinq modes de transmission héréditaire qui se dégagent de l'étude des maladies rares par analyse généalogique. La maladie peut être autosomique récessive, autosomique dominante, récessive liée à X ou dominante liée à X. Elle peut être aussi liée à Y.

1) Une maladie autosomale récessive : Exemple : l'albinisme

• est aussi fréquente chez les garçons que chez les filles.
• en général, elle n'apparaît pas à toutes les générations
• est déterminée par un gène qui ne s'exprime au niveau du phénotype atteint qu'à l'état homozygote.

2) Une maladie autosomale dominante : Exemple : la brachydactylie (doigts courts)

• tout sujet affecté a au moins l'un des parents malade.
• en général elle se manifeste dans toutes les générations.
• les sujets malades sont le plus souvent hétérozygotes.
• les sujets sains sont toujours homozygotes.

3) Une maladie récessive portée par le chromosome sexuel X : Exemple : l'hémophilie, le daltonisme

• est plus fréquente chez les garçons que chez les filles.
• est déterminée par un gène dont l'allèle récessif s'exprime chez les garçons atteints.
• les garçons malades sont issus d'une mère conductrice.
• Toute fille atteinte devrait avoir un père atteint.

4) Une maladie dominante liée à X :

• Tout sujet atteint a au moins l'un des parents atteint.
• En général elle se manifeste dans toutes les générations.
• Les hommes affectés transmettent la maladie à toutes leurs filles mais à aucun de leurs fils.
• Les femmes atteintes hétérozygotes mariées à des hommes non affectés transmettent la maladie à la moitié de leurs fils et de leurs filles.
• Tout garçon atteint devrait avoir une mère atteinte.

5) Hérédité liée au chromosome Y :

Il s'agit de quelques curiosités dermatologiques assez exceptionnelles : Ichtyose grave, type « porc-épic », Hypertrichose des oreilles, Kératose palmo-plantaire.

Le mécanisme de transmission est facile à comprendre : toutes les filles naissant de l'union d'un homme atteint avec une femme normale sont normales car elles ne peuvent hériter que le X paternel. Par contre, tous les garçons, qui ont hérité de l'Y paternel, sont atteints.

6) Risques liés au mariage consanguin : Exemple : la surdi-mutité

Si dans une famille il existe une tare récessive :

• le mariage consanguin augmente considérablement le risque d'avoir des enfants atteints de cette tare car il la probabilité de rencontre des allèles récessifs.
• Le risque d'être porteur diminue de moitié à chaque génération.
• Un mariage entre cousins germains est déconseillé chaque fois qu'une tare récessive existe dans la famille ascendante ou chez les collatéraux.

II. Le diagnostic prénatal :

Le diagnostic prénatal a pour objectif de déterminer, chez une femme enceinte et ayant un risque de donner naissance à un enfant atteint d'une maladie héréditaire, si le fœtus en est atteint ou non.

Le diagnostic repose sur des analyses faites sur des tissus embryonnaires prélevés le plus tôt possible.

Le diagnostic permet la détection des aberrations chromosomiques et des maladies géniques.

1- Les aberrations chromosomiques : exemple la trisomie 21 :

La trisomie 21 est une anomalie qui consiste en une variation du nombre de chromosomes.

L'analyse du caryotype du malade révèle la présence du chromosome 21 en trois exemplaires.

La trisomie 21 résulte d'un accident survenu au cours de la méiose chez l'un des parents surtout chez la mère dont l'âge s'approche de la ménopause : Les 2 chromosomes de la même paire ne se séparent pas et passent ensemble dans la même cellule fille. Cela peut se produire lors de la division réductionnelle ou bien lors de la division équationnelle. Ainsi se forment des gamètes possédant 2 chromosomes 21. La fécondation d'un gamète anormal par un gamète normal entraîne la formation d'un œuf ayant 3 chromosomes 21.

2- Analyse de l'ADN :

La recherche du gène défectueux se fait selon les étapes suivantes :

1. Extraction et fragmentation de l'ADN par des enzymes de restriction.
2. Electrophorèse (séparation des fragments d'ADN selon leur taille).
3. Transfert sur une feuille de nitrocellulose.
4. Dissociation des brins d'ADN par chaleur ou NaOH et incubation avec la sonde moléculaire radioactive.
5. Autoradiographie et révélation du couple gène-sonde sur un film photographique. Cette recherche nécessite des outils :

La sonde moléculaire radioactive est une séquence de nucléotides marquée avec un isotope radioactif.

La sonde moléculaire est capable de s'hybrider spécifiquement et selon le principe de complémentarité avec la séquence d'ADN correspondant au gène recherché.

Concept général 4 : Les mécanismes de l'immunité.
Sous-concept 1 : Le soi et le non-soi.

Pré-évaluation

Qu'est-ce que le système immunitaire ?

Qu'est-ce que le non soi ?

Situation problème :

L'immunité fait référence aux mécanismes de défense d'un organisme vivant contre des agents étrangers, notamment infectieux, ou contre des agressions internes, notamment transformation tumorale, susceptibles de menacer son bon fonctionnement ou sa survie. Les barrières naturelles assurent les premières lignes de défense de l'organise contre les agents pathogènes. Lorsqu'ils traversent ces barrières, les agents pathogènes provoquent le déclanchement d'une réaction des agents de défenses de l'organisme (cellules immunitaires).

Comment les cellules immunitaires font la différence entre les agents pathogènes ; les cellules cancéreuses et les cellules normales de l'organisme.

Quels sont les différents types d'agents pathogènes ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Mise en évidence du soi et du non-soi

A) Les greffes

La greffe consiste à prélever un organe, un tissu ou une cellule (le greffon) sur un organisme donneur puis à l'implanter chez un organisme receveur. Le document 1 représente quelques expériences de greffe.

Caractéristiques du donneur et du receveur	Schéma de la transplantation	Résultat	Appellation de la greffe
A Même sujet		Acceptation de greffe	Autogreffe
B Espèces différentes		Rejet de greffe	Xénogreffe ou hétérogreffe
C Même espèce individus différents	1ère greffe : 	Rejet de greffe en 12 jours	Allogreffe
	2ème greffe : 	Rejet de greffe en 4 jours	
D Même souche ou lignée		Acceptation de greffe	Isogreffe ou homogreffe

expériences de greffe chez les animaux

Doc.1

Consigne :

1. Analyse et explique les résultats de ces greffes.
2. Qu'est ce qui est à l'origine du rejet de greffons ?
3. Indique comment doit-on choisir le receveur d'un greffon pour qu'il y ait succès.

Synthèse partielle 1A :

A) Les greffes

1. Analyses et explications

A- Autogreffe : il y succès. Le système immunitaire est le même.

B- Xénogreffe ou hétérogreffe : il y a rejet. Les systèmes immunitaires ne sont pas les mêmes.

C- Allogreffe : il y a rejet. Les systèmes immunitaires ne sont pas les mêmes. Le rejet est plus rapide la 2ème fois car le système immunitaire est déjà prêt (immunisation).

D- Isogreffe ou homogreffe : il y succès. Le système immunitaire est le même.

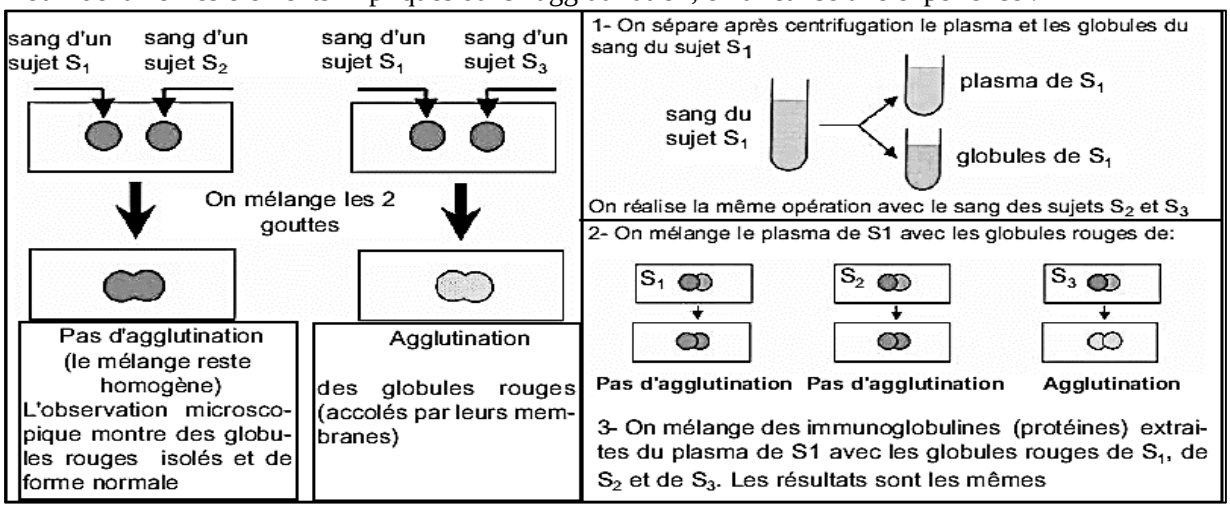
2. L'origine du rejet de greffons :

En cas d'incompatibilité, les cellules du greffon sont reconnues par le système immunitaire comme étrangères à l'organisme. Ainsi elles sont éliminées par les cellules immunitaires.

3. Pour qu'il y ait succès, le receveur doit avoir un système immunitaire compatible à celui du donneur.

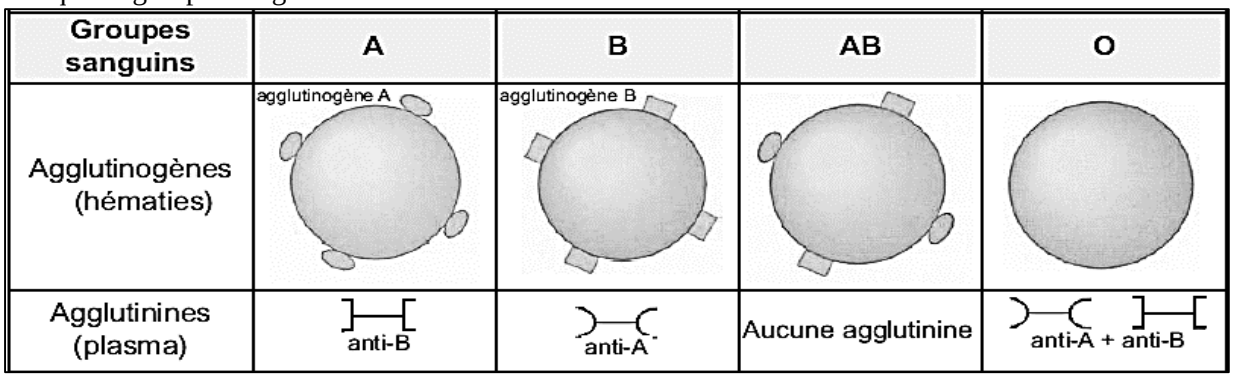
B) Agglutination des hématies.

Pour identifier les éléments impliqués dans l'agglutination, on a réalisé une expérience :



A

Les quatre groupes sanguins se caractérisent comme suit :



B

Doc.2

Consigne :

1. Analyse les résultats de cette expérience.
2. Que peut-on en déduire ?
3. Détermine les agglutinogènes et les agglutinines pour chaque groupe sanguin du système ABO.

Synthèse partielle 1B :

1) Analyse :

Les sujets S1 et S2 sont compatibles : il n'y a pas d'agglutination.

Les sujets S1 et S3 sont incompatibles : il y a agglutination.

Les immunoglobulines contenues dans le plasma sont à l'origine de l'agglutination des hématies en cas d'incompatibilité.

2) Déduction : la compatibilité entre les groupes sanguins est liée aux immunoglobulines produites par le receveur.

3) Les caractéristiques des groupes sanguins.

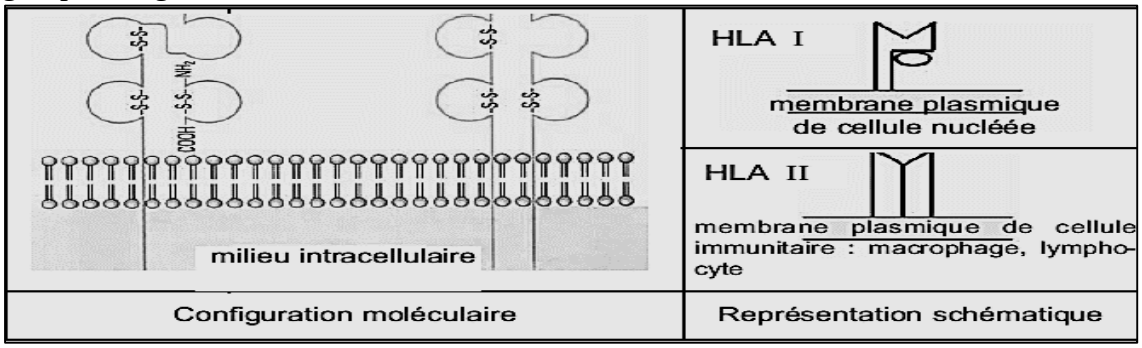
Groupes sanguins	**A**	**B**	**AB**	**O**
Agglutinogènes (récepteurs)	A	B	A et B	Néant
Agglutinines (anticorps)	Anti-B	Anti-A	Néant	Anti-A et Anti-B

Activité 2 : Le soi.

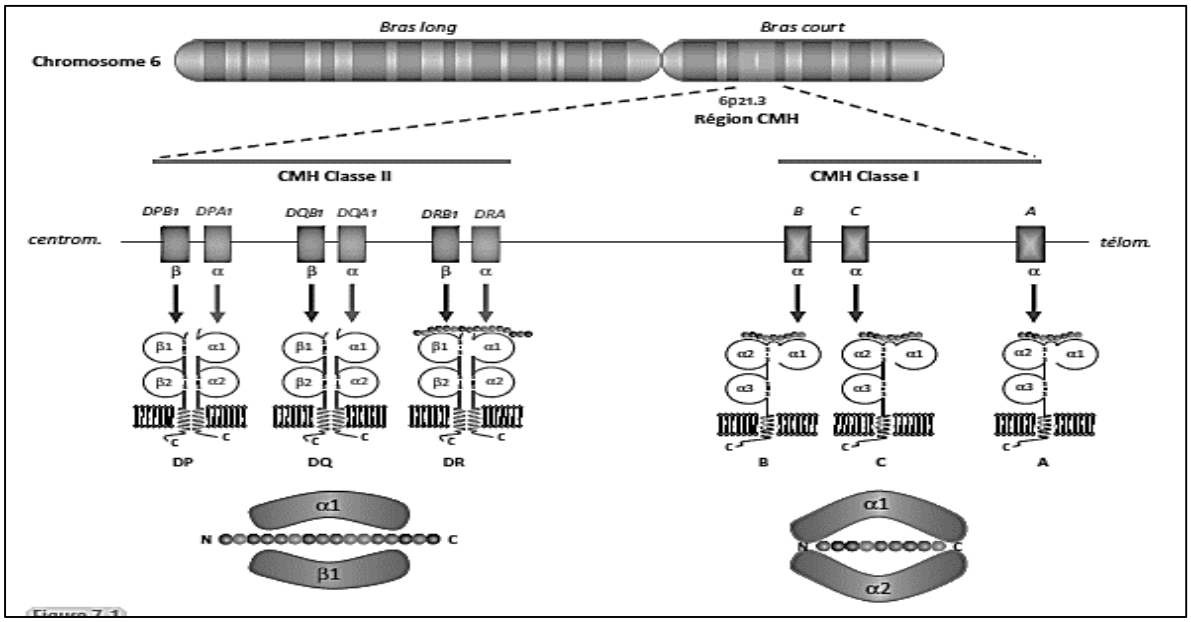
La reconnaissance du soi est due à la présence de molécules particulières appelées marqueurs du soi. Ces molécules sont des glycoprotéines présentes à la surface de toutes les cellules de l'organisme (Doc.3). Ces marqueurs sont regroupés en deux ensembles selon leur localisation cellulaires :

Les marqueurs majeurs d'histocompatibilité : situées sur les cellules nucléées, les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité CMH sont nommées human leucocyte antigen (HLA) chez l'homme. Le système HLA est formé d'une série de gènes étroitement liés qui codent pour des protéines membranaires (molécules HLA) qui fixent et présentent les peptides antigéniques aux récepteurs des lymphocytes T (TCR).

Les marqueurs mineurs d'histocompatibilité : situés sur les hématies, sont à l'origine des groupes sanguins.



Doc.3

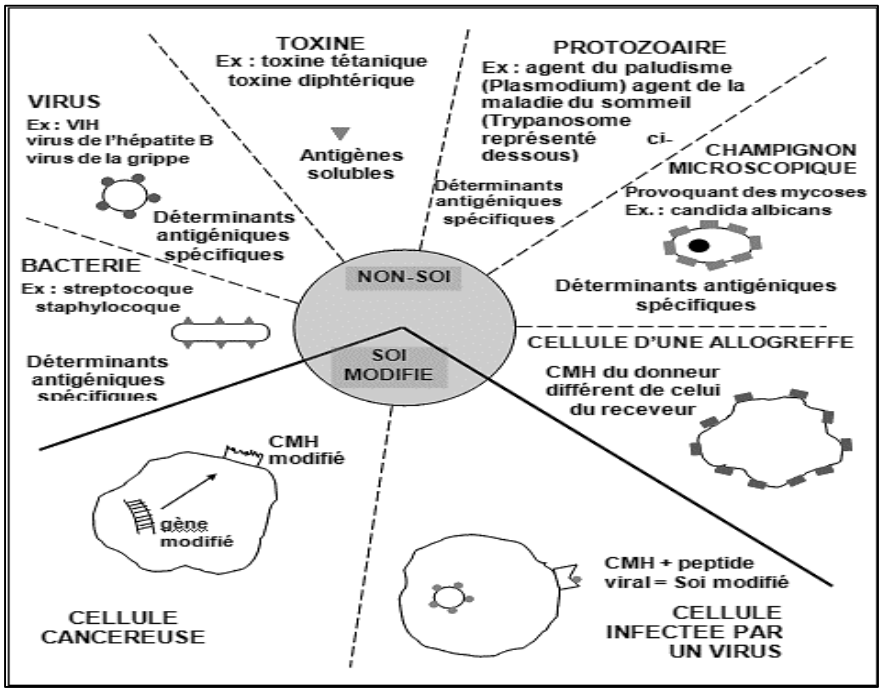


Doc.4

Consigne :

1. Définis le soi.
2. Cite et caractérise les de marqueurs du soi.
3. Pourquoi les molécules du CMH sont spécifiques à chaque individu ?
4. Cite et localise les gènes qui codent pour les molécules du CMH.

Activité 3 : Le non-soi.



Doc.5

La capacité de l'organisme à différencier le soi du non-soi est à la base des réactions immunitaires. Certaines cellules ou molécules sont reconnues comme du non-soi ou du soi modifié et peuvent être à l'origine d'une réaction immunitaire. On les appelle antigènes ou immunogènes. Le document 5 représente quelques exemples d'antigènes.

Consigne :

1. Définis : le non-soi ; un antigène.
2. Quelles les deux origines possibles des antigènes ?
3. Quelles sont les formes possibles des antigènes ?
4. Comment appelle-t-on les portions responsables de la reconnaissance d'un antigène ?

Synthèse partielle 2 :

1) **Définition :** le soi est l'ensemble des molécules résultant de l'expression du génotype de l'individu et propre à lui.

2) Les marqueurs du soi :

Les marqueurs majeurs d'histocompatibilité : situées sur les cellules nucléées. Ce sont les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité CMH (HLA chez l'Homme).

Les marqueurs mineurs d'histocompatibilité : situés sur les hématies, sont à l'origine des groupes sanguins.

3) Les molécules du CMH sont spécifiques à chaque individu car chaque individu a son propre génotype.
4) Les gènes du CMH sont situés sur le bras cours du chromosome n°6.

CMH classe I : gènes A, B et C.

CMH classe II : gènes de la famille D (DP, DQ, DR).

Synthèse partielle 3 :

1) Définitions :

Le non-soi : ensemble des molécules ne résultant pas de l'expression du génotype de l'individu.

Antigène : tout élément capable de déclencher une réaction immunitaire dans l'organisme.

2) Les antigènes peuvent avoir une origine interne (soi modifié) ou externe (agents pathogènes).

3) Les formes des antigènes :

Formes particulaires : bactéries, virus, protozoaires, champignons…

Formes solubles : toxines, venins…

4) Ce sont les déterminants antigéniques ou épitopes.

Synthèse générale.

L'immunité fait référence aux mécanismes de défense d'un organisme vivant contre des agents étrangers, notamment infectieux, ou contre des agressions internes, notamment transformation tumorale, susceptibles de menacer son bon fonctionnement ou sa survie. L'ensemble des organes et tissus, cellules et molécules qui concourent à opposer une résistance aux infections est appelé système immunitaire.

1. Le soi et le non soi.

L'immunité envers les maladies infectieuses se développe en réponse aux antigènes. Les antigènes peuvent se définir comme des molécules reconnues par le système immunitaire et induisant une réponse immunitaire. L'antigène stimule la production d'anticorps et/ou une réponse cellulaire dirigée spécifiquement contre cet antigène. On peut comparer la réaction entre l'antigène et l'anticorps à celle d'une clé dans une serrure. Elle est spécifique et les anticorps produits contre un antigène donné ne réagissent pas, ou peu, avec les autres antigènes.

L'antigène peut être une substance soluble produite par un microorganisme (par exemple une toxine ou sa forme détoxifiée, l'anatoxine) ou une substance présente à la surface d'une bactérie, d'un virus ou d'une cellule ou dans la paroi cellulaire. La plupart des antigènes sont des protéines, mais il existe des antigènes polysaccharidiques provenant des capsules bactériennes, et des antigènes glycolipidiques.

La partie de l'antigène à laquelle se lie l'anticorps s'appelle déterminant antigénique, site antigénique, ou épitope. Les antigènes contiennent généralement de nombreux déterminants antigéniques qui peuvent être différents les uns des autres ou composés de structures moléculaires répétitives.

Un microorganisme donné peut comporter de nombreux antigènes différents. Les protozoaires, les champignons et les bactéries possèdent plusieurs centaines à plusieurs milliers d'antigènes.

2. **Les marqueurs du soi.**

Les molécules de CMH ont été nommées: Complexe Majeur d'Histocompatibilité par Jean Dausset, en 1952. Historiquement, la découverte de ce système a permis de comprendre les mécanismes de rejet d'une greffe d'organe survenant de façon quasi inévitable entre deux individus non apparentés. Les molécules du complexe majeur d'histocompatibilité CMH sont nommées ***human leucocyte antigen*** (HLA) chez l'homme. Le système HLA est formé d'une série de gènes étroitement liés qui codent pour des protéines membranaires (molécules HLA) qui fixent et présentent les peptides antigéniques aux récepteurs des lymphocytes T (TCR). Les molécules HLA de classe I sont constituées de l'association non covalente de deux chaînes : une chaîne lourde transmembranaire α et d'une chaîne légère non glycosylée, la β2-microglobuline qui n'est pas implantée dans la membrane cellulaire. L'ensemble de la molécule s'inscrit dans un cylindre de 7 nm de long et 4 à 5 nm de diamètre.

Les molécules HLA de classe II sont des glycoprotéines transmembranaires. Elles ont une structure très proche de celle des molécules HLA de classe I. Elles sont formées de l'association non covalente d'une chaîne α d'un poids moléculaire de 34kD, et d'une chaîne légère β d'un poids moléculaire de 29kD. Contrairement aux molécules HLA de classe I, les chaînes α et β sont ici parfaitement homologues, composées, toutes les deux, d'une partie extra-membranaire N-terminale d'environ 190 acides aminés, d'une partie transmembranaire formée d'une vingtaine d'acides aminés, et d'une partie intra-cytoplasmique C-terminale formée de 4-5 acides aminés.

Sous concept 2 : Les bases de L'immunocompétence.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que le système immunitaire ?

De quoi est constitué le système immunitaire ?

Situation problème :

Le système immunitaire est constitué d'un ensemble complexe d'organes individualisés et de tissus entre lesquels circulent, de façon constante, des cellules immunocompétentes de l'immunité innée et de l'immunité adaptative. Le système immunitaire joue un rôle essentiel dans la protection de l'organisme contre les agents extérieurs.

Quelles sont les différentes cellules immunitaires ?

Quelle est l'origine des cellules immunitaires et comment sont-elles mise en place ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité1 : Les principales cellules immunitaires.

Le système immunitaire est constitué d'un ensemble complexe d'organes individualisés et de tissus entre lesquels circulent en permanence des cellules de l'immunité innée et de l'immunité adaptative.

Les leucocytes ou globules blanc sont les acteurs principaux des réactions immunitaires. Ils sont divisés en plusieurs groupes selon leurs rôles et leurs formes. On classe habituellement les cellules immunitaires en cellules de l'immunité innée et en cellules de l'immunité adaptative. Les cellules de l'immunité innée sont capables de s'activer rapidement, mais ne mettent pas en place de réponse mémoire. Au contraire, les cellules de l'immunité adaptative s'activent avec un délai plus long, suite à la reconnaissance de leurs antigènes spécifiques, mais sont capables de mettre en place une réponse mémoire. En plus des acteurs de type cellulaire, le système immunitaire comprend de nombreuses molécules solubles présentes dans la circulation, dans les espaces extracellulaires ou associées aux membranes. La figure 1 représente les différentes cellules immunitaires et leurs rôles.

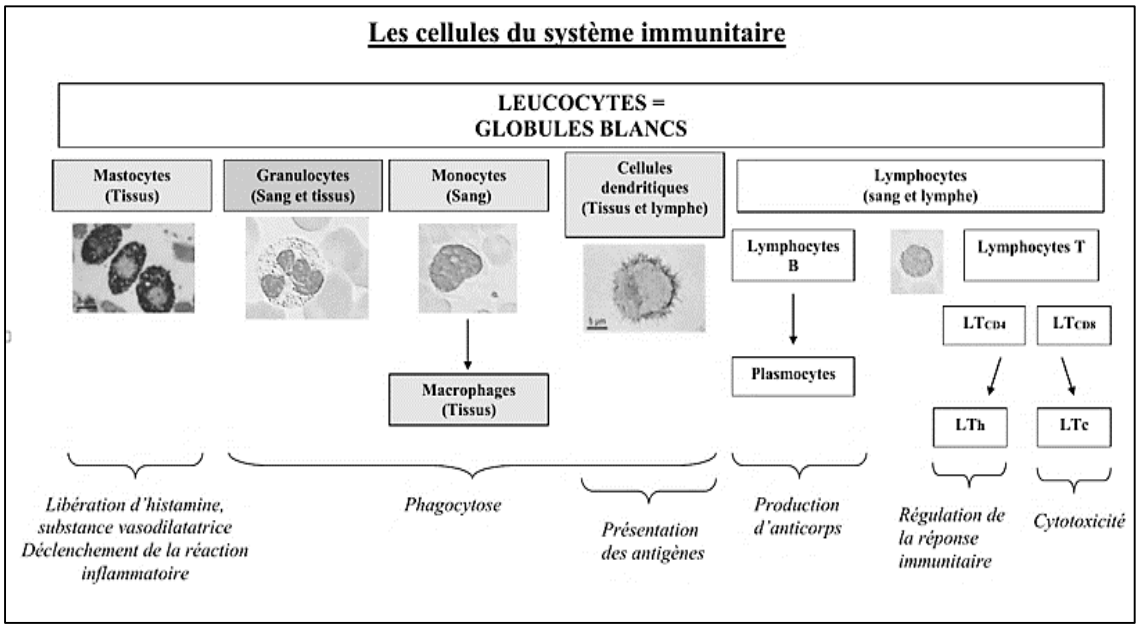


Fig.1A

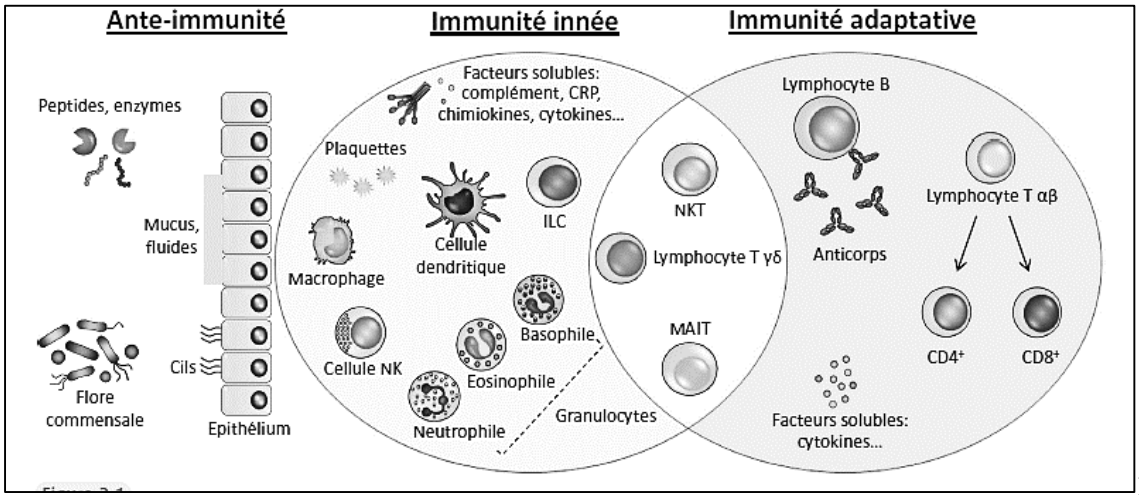


Fig.1B

Consigne :

1. Cite et caractérise les différentes cellules immunitaires et donne leurs rôles.
2. Quelles sont les molécules solubles du système immunitaire ?

Synthèse partielle 1 :

1) Les cellules immunitaires :

- **Les phagocytes :** Ce sont les cellules de l'immunité innée. Elles assurent la phagocytose. On distingue les granulocytes (Neutrophiles, Eosinophiles, Basophiles) les monocytes, les mastocytes, les macrophages, les cellules dendritiques et les cellules NK (Natural killer).

Les granulocytes neutrophiles sont les plus nombreux dans la circulation sanguine et sont reconnaissables par leur noyau polylobé. Ils jouent un rôle majeur dans la défense antimicrobienne et dans l'inflammation aiguë par leur fonction de cellules phagocytaires et le contenu de leurs granules cytoplasmiques (plus de 100 enzymes différentes).

Les granulocytes éosinophiles ont un noyau bilobé et des granulations colorées spécifiquement en rouge orangé par les techniques habituellement utilisées. Ceci est dû au caractère basique des composants cytotoxiques et pro-inflammatoires qu'elles contiennent. Ces cellules sont retrouvées principalement dans les tissus et possèdent un rôle capital dans les défenses antiparasitaires et certaines réactions d'hypersensibilité.

Les granulocytes basophiles ont un noyau bilobé peu visible du fait de l'abondance de leurs granulations métachromatiques contenant de l'histamine ainsi que des éléments très acides, cytotoxiques et pro-inflammatoires. Leur équivalent tissulaire est le mastocytes, présent en abondance dans les muqueuses, et ils ont un rôle anti-infectieux.

Les basophiles et les mastocytes ont aussi un rôle important dans les hypersensibilités immédiates.

Les monocytes et les macrophages :

Les monocytes ont également un cytoplasme granuleux contenant de nombreuses enzymes. Moins nombreux que les granulocytes, ils circulent dans le sang et adhèrent aux parois vasculaires avant de migrer dans les tissus en réponse à certains facteurs chimiotactiques, où ils s'y différencieront en macrophages. Ce sont des cellules essentiellement phagocytaires, capables de capter et de digérer des éléments de tailles diverses

Les cellules dendritiques :

Les cellules dendritiques sont localisées dans de nombreux tissus et organes dans un état immature ayant une importante capacité de capture d'antigènes. À l'inverse, lorsqu'elles quittent les tissus et migrent vers les tissus lymphoïdes, elles subissent un processus de maturation qui leur fait perdre cette capacité au profit de l'acquisition d'une propriété de présentation des antigènes aux lymphocytes T. Ce sont les Cellules présentatrices d'antigènes (CPA) les plus importantes car elles sont capables d'activer des lymphocytes T naïfs, et jouent ainsi un rôle majeur dans l'initiation de la réponse immunitaire adaptative.

- **Les lymphocytes :** Ce sont les cellules de l'immunité acquise. On distingue : LB, LT4, LT8.

Les lymphocytes NK :

Les lymphocytes NK ou cellules **Natural Killer** sont des cellules cytotoxiques localisées dans le sang et les organes lymphoïdes périphériques. Ils reconnaissent et détruisent les cellules infectées, endommagées ou ciblées par des anticorps de type IgG.

Les lymphocytes B et les lymphocytes T ont une morphologie similaire, avec un rapport nucléo-cytoplasmique élevé sans granulation. Ils sont capables de reconnaître spécifiquement des antigènes via leurs récepteurs de type BCR ou TCR. Le BCR se lie à l'antigène natif alors que le TCR se lie à des antigènes apprêtés et présentés sous forme de peptide associé aux molécules du CMH.

2) Les molécules solubles du système immunitaire : les anticorps (immunoglobulines), les cytokines, les chimiokines, les protéines du complément, CRP (protéines C créative).

Activité 2 : Origine des cellules immunitaires.

Les leucocytes naissent dans le foie chez le fœtus et dans la moelle osseuse chez l'adulte à partir des cellules souches pluripotentes (cellules souches de la moelle osseuse). Leur différenciation et leur maturation ont lieu dans les organes lymphoïdes centraux : la moelle osseuse et le thymus. Après leur maturation, lymphocytes et macrophages migrent vers les organes lymphoïdes périphériques : rate, ganglions lymphatiques, etc. Ces organes sont les lieux de rencontre avec les antigènes et points de départ des réactions immunitaires. (Voir figure 2)

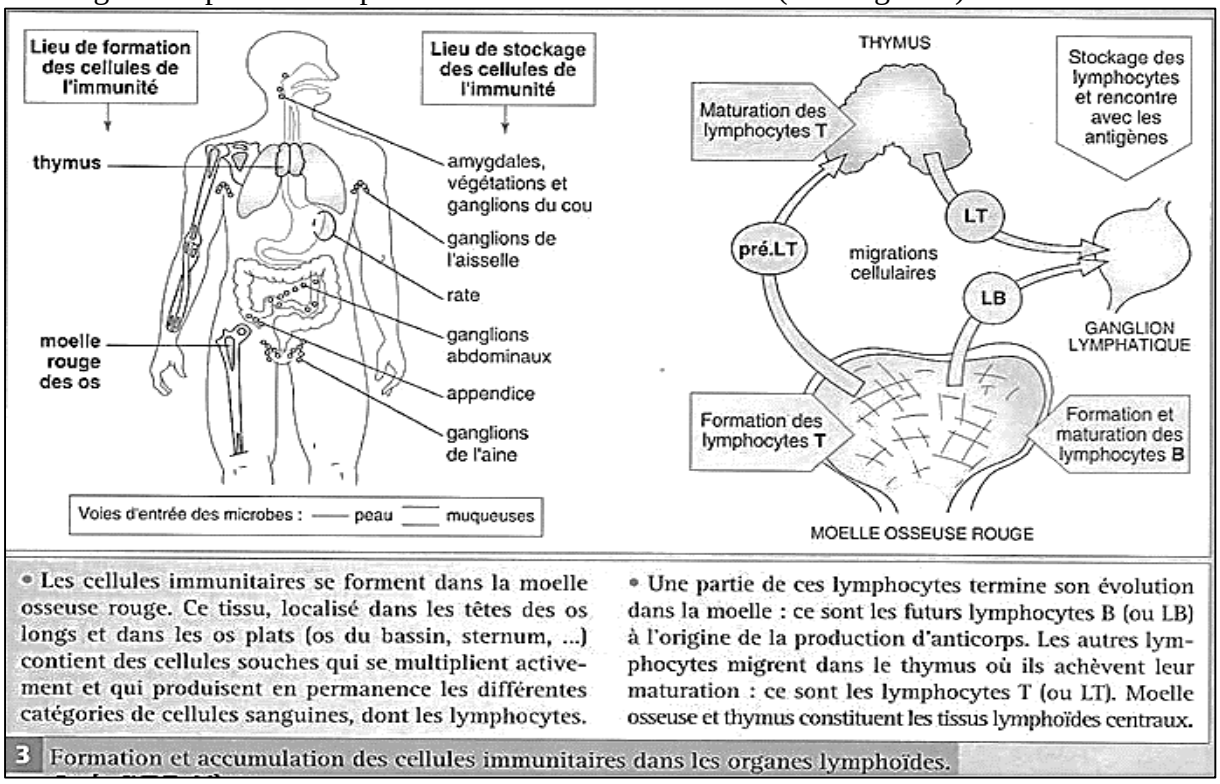


Fig.2

Consigne :

1. Détermine l'origine des cellules immunitaire.
2. Quelles sont les lieux de maturation des cellules immunitaires ?

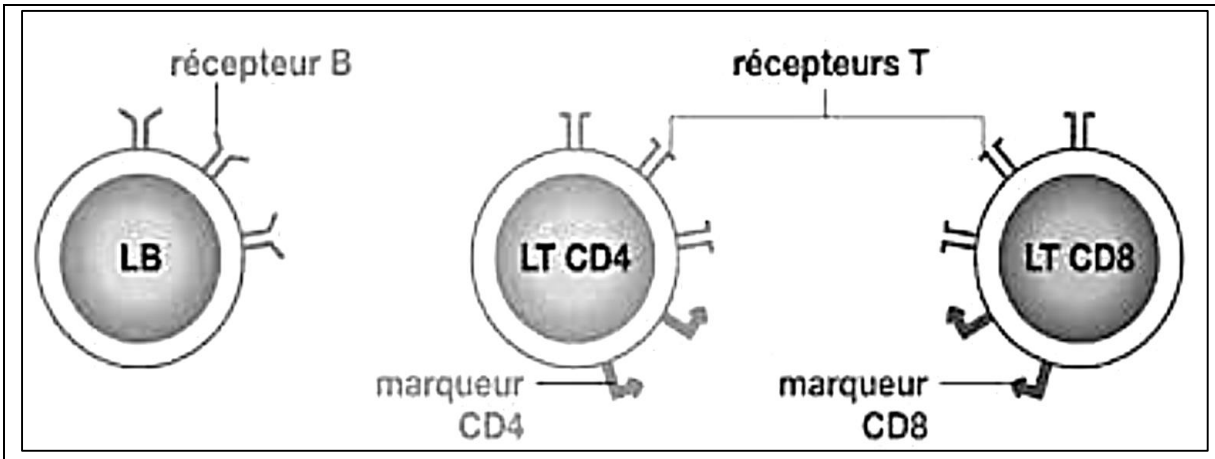
Activité 3 : Les structures de reconnaissance des lymphocytes.

Les lymphocytes acquièrent leur immunocompétence au cours de leur maturation. Ils expriment à la surface de leur membrane, des récepteurs spécifiques d'un déterminant antigénique donné. (Fig.3C)

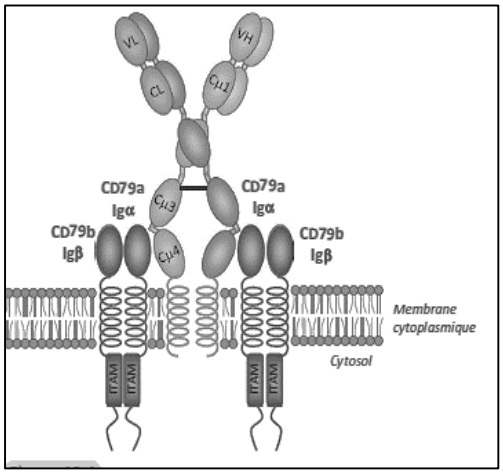
Les lymphocytes B représentent environ 5 à 15 % des lymphocytes circulants et sont définis par la présence d'immunoglobulines (Ig) de surface. Ces immunoglobulines, produites par la cellule elle-même, jouent le rôle de récepteur spécifique pour l'antigène (BCR). (Voir Fig.3B)

Chez les LT, la diversité des récepteurs T est aussi importante que celle des anticorps, car leur mécanisme de synthèse est identique.

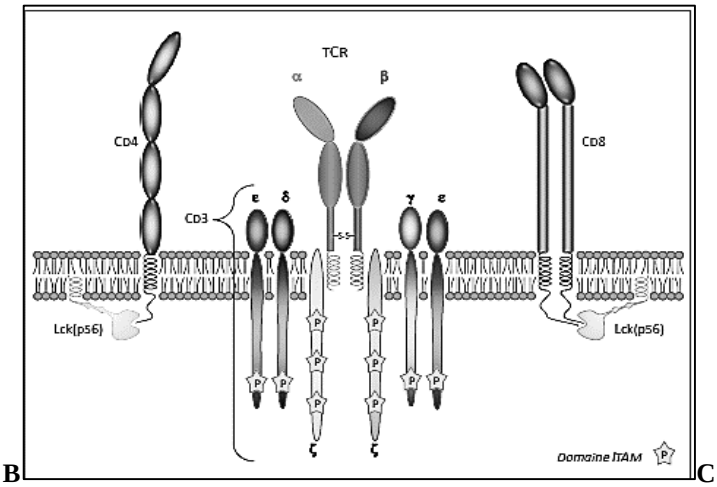
La partie variable possède une zone de reconnaissance d'un antigène et une zone de reconnaissance du système HLA. Une population de LT ou LB portant le même récepteur spécifique constitue un clone. L'ensemble des récepteurs spécifiques portés par les différents clones des LB et LT constituent le répertoire immunologique de l'individu.



A



B



C

Figure 3

Consigne :

1) Quelle est la nature des structures des reconnaissances des lymphocytes ?
2) Comment les appelle-t-on chez les LB et chez les LT ?

Synthèse partielle 2

1. **Origines des cellules immunitaires** : Foie, chez le fœtus ; moelle osseuse chez l'adulte.
2. **Lieux de maturation des cellules immunitaires :**

Moelle osseuse : granulocytes, monocytes, LB…

Thymus : LT4 et LT8

Synthèse partielle 3 :

1) Les structures de reconnaissance sont des protéines membranaires.
2) Chez les LB, on les appelle anticorps membranaires. Chez les LT, on les appelle récepteurs.

Synthèse générale :

Le système immunitaire est constitué d'un ensemble complexe d'organes individualisés et de tissus entre lesquels circulent en permanence des cellules de l'immunité innée et de l'immunité adaptative. Cette organisation en réseau de communication confère au système immunitaire trois propriétés essentielles :

● Une importante capacité d'échange d'informations, par contacts membranaires intercellulaires ou par libération de médiateurs solubles. Ces échanges ont lieu entre des acteurs du système immunitaire (par exemple des interactions entre les cellules de l'immunité innée et celles de l'immunité adaptative), mais également avec d'autres systèmes.

● Un bras effecteur performant capable de protéger l'intégrité de l'organisme ;

● Une forte régulation qui est cruciale pour préserver, à tout moment et à tout endroit, l'équilibre du système immunitaire ou homéostasie et garantir une réponse immunitaire adaptée.

La perturbation de l'un de ces systèmes est à l'origine de dérèglements pathologiques comme les déficits immunitaires, les maladies auto-immunes ou les états d'hypersensibilité.

1. Les cellules et autres acteurs du système immunitaire :

Les phagocytes : ce sont les granulocytes (Neutrophiles, Eosinophiles, Basophiles) les monocytes, les mastocytes, les macrophages, les cellules dendritiques et les cellules NK (Natural killer). Ce sont les cellules de l'immunité innée. Elles assurent la phagocytose.

Les lymphocytes : LB, LT4, LT8. Ce sont les cellules de l'immunité acquise.

Les granulocytes (ou polynucléaires) :

Les granulocytes se divisent en trois lignées distinctes : neutrophiles, éosinophiles et basophiles.

Les granulocytes neutrophiles sont les plus nombreux dans la circulation sanguine et sont reconnaissables par leur noyau polylobé. Ils jouent un rôle majeur dans la défense antimicrobienne et dans l'inflammation aiguë par leur fonction de cellules phagocytaires et le contenu de leurs granules cytoplasmiques (plus de 100 enzymes différentes).

Sous l'effet de facteurs chimiotactiques, les granulocytes neutrophiles sont les premières cellules de l'immunité innée à être recrutées dans les tissus en cas d'infection bactérienne, où elles y auront une durée de vie très brève.

Les granulocytes éosinophiles ont un noyau bilobé et des granulations colorées spécifiquement en rouge orangé par les techniques habituellement utilisées. Ceci est dû au caractère basique des composants cytotoxiques et pro-inflammatoires qu'elles contiennent. Ces cellules sont retrouvées principalement dans les tissus et possèdent un rôle capital dans les défenses antiparasitaires et certaines réactions d'hypersensibilité.

Les granulocytes basophiles ont un noyau bilobé peu visible du fait de l'abondance de leurs granulations métachromatiques contenant de l'histamine ainsi que des éléments très acides, cytotoxiques et pro-inflammatoires. Leur équivalent tissulaire est le mastocytes, présent en abondance dans les muqueuses, et ils ont un rôle anti-infectieux.

Les basophiles et les mastocytes ont aussi un rôle important dans les hypersensibilités immédiates.

Les monocytes et les macrophages :

Les monocytes ont également un cytoplasme granuleux contenant de nombreuses enzymes. Moins nombreux que les granulocytes, ils circulent dans le sang et adhèrent aux parois vasculaires avant de migrer dans les tissus en réponse à certains facteurs chimiotactiques, où ils s'y différencieront en macrophages.

Ce sont des cellules essentiellement phagocytaires, capables de capter des éléments de tailles diverses (antigènes particulaires, macromolécules, agents microbiens, cellules ou débris cellulaires) avant de les détruire puis de les présenter aux cellules de l'immunité adaptative. Ils produisent également de nombreuses cytokines importantes à toutes les étapes de la réponse immunitaire, y compris dans la phase de réparation tissulaire.

Les cellules dendritiques :

Les cellules dendritiques sont localisées dans de nombreux tissus et organes dans un état immature ayant une importante capacité de capture d'antigènes. À l'inverse, lorsqu'elles quittent les tissus et migrent vers les tissus lymphoïdes, elles subissent un processus de maturation qui leur fait perdre cette capacité au profit de l'acquisition d'une propriété de présentation des antigènes aux lymphocytes T. Ce sont les Cellules présentatrices d'antigènes (CPA) les plus importantes car elles sont capables d'activer des lymphocytes T naïfs, et jouent ainsi un rôle majeur dans l'initiation de la réponse immunitaire adaptative. Il existe plusieurs types de cellules dendritiques qui possèdent des propriétés différentes.

Les lymphocytes NK :

Les lymphocytes NK ou cellules Natural Killer sont des cellules cytotoxiques localisées dans le sang et les organes lymphoïdes périphériques. Ils reconnaissent et détruisent les cellules infectées, endommagées ou ciblées par des anticorps de type IgG. Ils ont également une grande capacité de sécrétion de cytokines comme l'IFN-γ.

Les lymphocytes :

Les lymphocytes B et les lymphocytes T ont une morphologie similaire, avec un rapport nucléo-cytoplasmique élevé sans granulation. Ils sont capables de reconnaître spécifiquement des antigènes via leurs récepteurs de type BCR ou TCR. Le BCR se lie à l'antigène natif alors que le TCR se lie à des antigènes apprêtés et présentés sous forme de peptide associé aux molécules du CMH.

2. Les organes du système immunitaire

Le système immunitaire est composé d'organes et de tissus dits lymphoïdes dévolus à la production de lymphocytes et aux fonctions immunitaires. Ils sont connectés par les vaisseaux sanguins et lymphatiques. Le foie fœtal est le premier organe de différentiation des cellules immunitaires, relayé à la naissance par la moelle osseuse. Les Cellules souches lymphoïdes poursuivent leur maturation en lymphocytes B ou T au sein des organes lymphoïdes primaires (ou centraux) où ils acquièrent, entre autres, un récepteur propre à chaque cellule : c'est la constitution des répertoires T et B. Les organes lymphoïdes primaires sont la moelle osseuse, dans laquelle sont par exemple générés les lymphocytes B et les cellules NK, et le thymus, dans lequel sont générés les lymphocytes T.

Les organes lymphoïdes secondaires (ou périphériques) sont peuplés des cellules issues des organes lymphoïdes primaires et sont le lieu des coopérations cellulaires aboutissant à la réponse immunitaire adaptative, c'est-à-dire la présentation et la reconnaissance des antigènes, l'activation, l'expansion clonale et la différentiation des lymphocytes en cellules effectrices. Ces organes sont le lieu de drainage et de concentration d'antigènes présents dans les tissus, la lymphe (ganglions lymphatiques), le sang (rate), ou les muqueuses (tissu lymphoïde associé aux muqueuses, MALT).

3. Les structures de reconnaissances des lymphocytes.

Le BCR et le TCR sont caractérisés par leur diversité, qui résulte de recombinaisons des segments de gènes codant les chaînes lourdes et légères qui les constituent. Le nombre élevé d'antigènes susceptibles d'être rencontrés par l'organisme implique que le génome permette la synthèse d'au moins plusieurs millions de molécules différentes. Cependant, les régions constantes des différentes chaînes lourdes et légères sont invariables. Alors que les régions variables sont différentes d'un récepteur à l'autre et spécifiques chacune d'un épitope antigénique. Plusieurs segments de gènes participent à la constitution des régions variables.

Sous-concept 3 : Le déroulement de la réponse immunitaire.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'une réaction immunitaire ?

Comment fonctionne le système immunitaire.

Situation problème :

L'organisme possède des mécanismes de défense complexes. Constamment agressé par les microbes présents dans l'environnement, il se défend contre les infections par divers mécanismes spécifiques et non spécifiques qui agissent ensemble ou de façon indépendante**.** Les réponses immunes mises en place après infection vont bien sûr être différentes et adaptées à la nature du pathogène, et en particulier à son caractère intracellulaire ou extracellulaire. De plus, la réponse immunitaire mise en jeu va être adaptée au niveau d'agression, à savoir le nombre et la virulence des pathogènes.

Comment le système immunitaire arrive à mettre en place une réponse adaptée à l'agression ?

Quels sont les différents mécanismes d'élimination des agents pathogènes ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Généralité

L'organisme dispose de deux systèmes de défense: l'immunité innée et l'immunité adaptative. L'immunité innée représente la première ligne de défense de l'organisme. Tandis que l'immunité acquise représente quant à elle la deuxième ligne de défense. Contrairement à l'immunité acquise, l'immunité innée se caractérise par sa rapidité et son non spécificité. L'immunité innée fournit une réponse immédiate en attendant que l'immunité acquise devienne opérationnelle.

Immunité innée : L'immunité naturelle, connue sous le nom de l'immunité innée, correspond à une réponse constitutive d'action immédiate, non spécifique de l'agent pathogène. En effet, Les cellules et les molécules solubles de l'immunité innée existent soit dans un état fonctionnel avant la rencontre avec les microbes, soit sont rapidement activées par les microbes. Elle repose sur une distinction globale du soi et du non-soi

Immunité adaptative : L'immunité adaptative ou acquise est une réponse spécifique de l'antigène du fait que les cellules de l'immunité adaptative, les lymphocytes, portent un seul type de récepteur capable de reconnaitre un seul déterminant antigénique/épitope antigénique. Les lymphocytes B peuvent reconnaitre les épitopes dans leur forme native alors que les lymphocytes T reconnaissent les épitopes sous forme de peptides et à condition qu'ils soient présentés par des molécules du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH). L'immunité adaptative améliore certains mécanismes antimicrobiens de l'immunité innée en les rendant plus puissants.

Tableau 1 : caractéristiques de l'immunité innée et l'immunité acquise

		Immunité innée	Immunité acquise
• Chronologie	Primo-infection	Réponse rapide: Première barrière contre les pathogènes	Deuxième ligne de défense: Temps de latence (env 7 jrs)
	Infections répétées	Identique à la réponse primaire	Mémoire immunitaire ; Temps de latence quasi nul
• Spécificité		Réponse non spécifique	Réponse spécifique (Ig et TCR)
• Motifs moléculaires reconnus		Invariables et communs à de nombreux pathogènes	Propres à l'agent infectieux
• Effecteurs cellulaires et moléculaires		• Complément; • Cellules phagocytaires ; • Certaines cytokines	CTL (L cytotoxiques) et plasmocytes producteurs d'Ac, avec l'aide des effecteurs innés

Consigne : à partir du texte et du tableau 1 :

1. Cite les types de réponse immunitaires et caractérise-les.
2. Quels sont les effecteurs de chaque type d'immunité ?

Synthèse partielle 1 :

1) Les types de réponse immunitaire :

Immunité innée (ou naturelle) : elle est rapide, non spécifique et moins efficace.

Immunité adaptative (ou acquise) : elle est plus lente, spécifique, plus efficace et s'accompagne par la mise en place de la mémoire immunitaire.

2) Les effecteurs de l'immunité :

L'immunité innée : les phagocytes, les mastocytes, le complément, les cytokines.

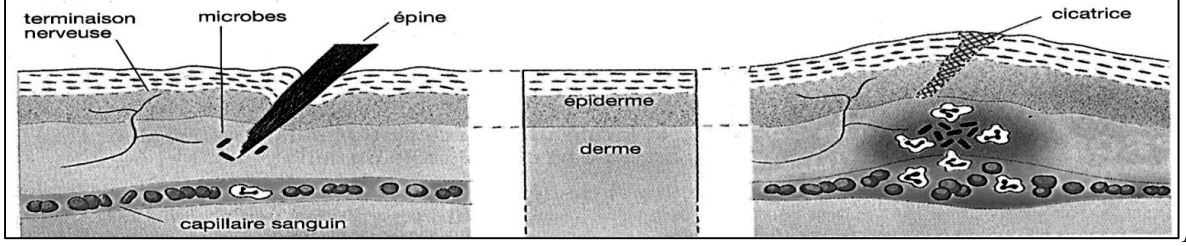
L'immunité adaptative : CPA, LT4, LB, LT8, Ig.

Activité 2 : L'immunité innée (ou non spécifique)

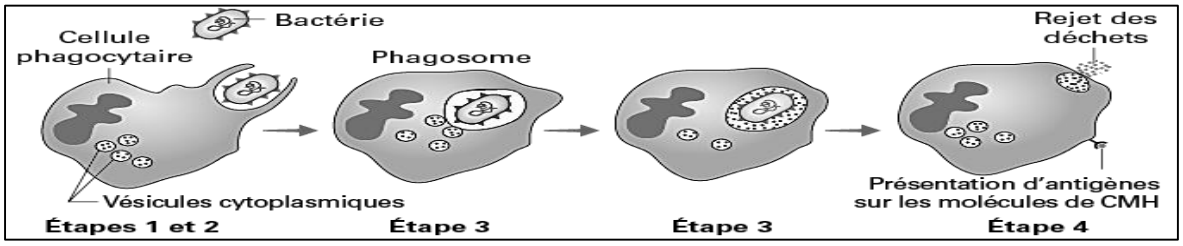
Tous les individus normaux possèdent des mécanismes de défense non spécifiques. Ces mécanismes sont fonctionnels dès la naissance, sans nécessiter d'exposition préalable au microorganisme ou à ses antigènes. L'immunité innée repose sur des mécanismes humoraux et cellulaires. La réponse humorale de l'immunité innée est assurée par le complément, les cytokines et les protéines de la phase aiguë de l'inflammation. Alors que la réponse cellulaire de l'immunité naturelle est assurée par les cellules à fonction phagocytaire ou lytique, telles que les polynucléaires, les macrophages et les cellules tueuses naturelles (NK). L'activation de ces cellules constitue une étape très importante lors de la réponse inflammatoire.

La réaction inflammatoire :

Au niveau d'une plaie, les bactéries trouvent des conditions favorables à leur multiplication. En réponse à la présence des microbes, une réaction inflammatoire locale se déclenche. Elle est caractérisée par quatre signes principaux : rougeur, chaleur, gonflement et douleur ; en outre, du pus suinte parfois de la plaie. Que s'est-il passé ?
Les cellules blessées lors de l'agression libèrent des substances chimiques qui provoquent la dilatation des capillaires sanguins, d'où la **rougeur** et la **chaleur**. Ces capillaires dilatés laissent échapper du plasma qui s'infiltre dans les tissus, d'où le **gonflement** de la région enflammée. Enfin, l'irritation des terminaisons nerveuses est à l'origine des **sensations douloureuses**.
A travers la paroi distendue des capillaires sortent également de nombreux leucocytes* ; attirés par des substances chimiques libérées dans la zone blessée, ils viennent se rassembler au contact des microbes.
Cette réaction inflammatoire locale, rapide, stoppe généralement la prolifération microbienne et assure la guérison.



A



B

Figure 2

Consigne :

1. Quelles sont les étapes de la réaction inflammatoire ?
2. Quelle est l'importance de la réaction inflammatoire ?
3. Cite les étapes de la phagocytose.
4. Pourquoi les qualifie-t-on de réponses immunitaires non spécifiques.

Synthèse partielle 2 :

1) Les étapes de la réaction inflammatoire :

La réaction vaso-exsudative : dilatation des vaisseaux sanguins, et afflue plasma.

La diapédèse leucocytaire : les cellules immunitaires affluent la zone blessée.

La phase d'élimination : les phagocytes réalisent la phagocytose, les mastocytes sécrètent les cytokines, l'histamine, les protéines du complément.

L'évacuation des débris et la réparation tissulaire.

2) Importance de la réaction inflammatoire :

Elle permet d'éliminer les agents pathogènes et la mise en place de l'immunité adaptative.

3) Les étapes de la phagocytose :

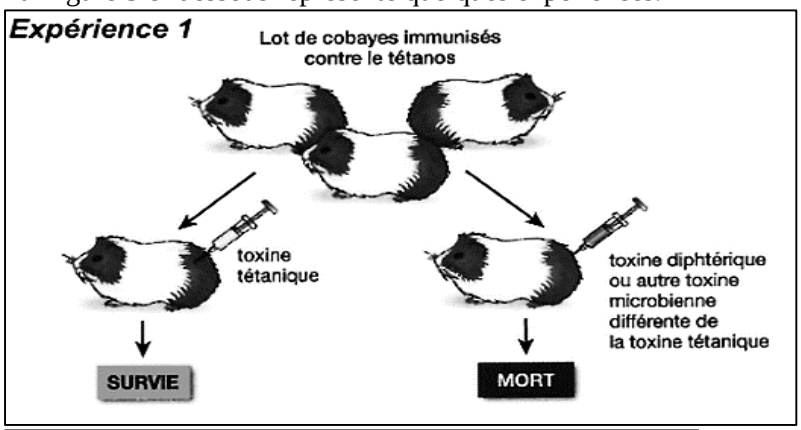
La phase d'adhésion, la phase d'absorption, la phase de digestion et la phase de rejet.

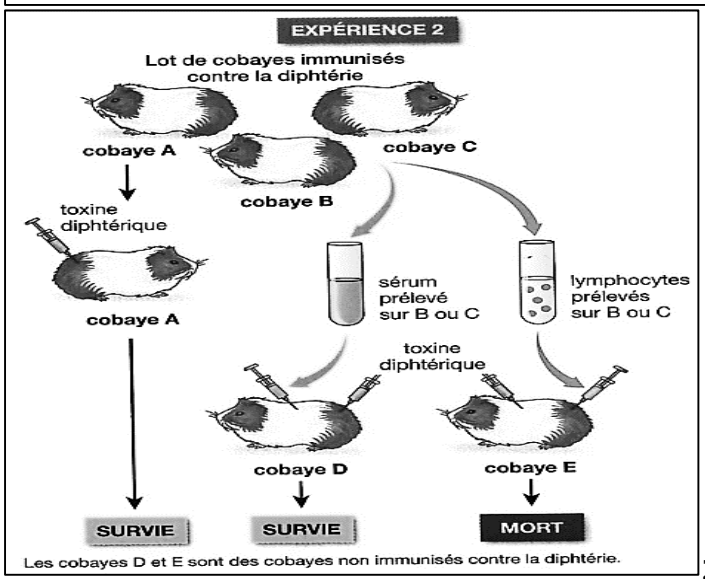
4) L'immunité innée est qualifiée de non spécifique car elle n'est pas dirigée contre un antigène spécifique. Chaque effecteur s'attaque à plusieurs antigènes.

Activité 3 : Immunité adaptative ou spécifique.

A) Support de la réponse immunitaire.

La figure 3 ci-dessous représente quelques expériences.





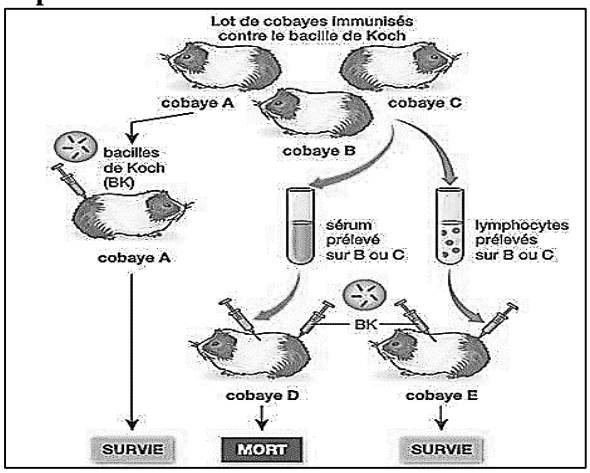
2.1

2.2 : l'étude du sérum montre que la protection est due à la présence de protéines : les anticorps ou immunoglobulines.

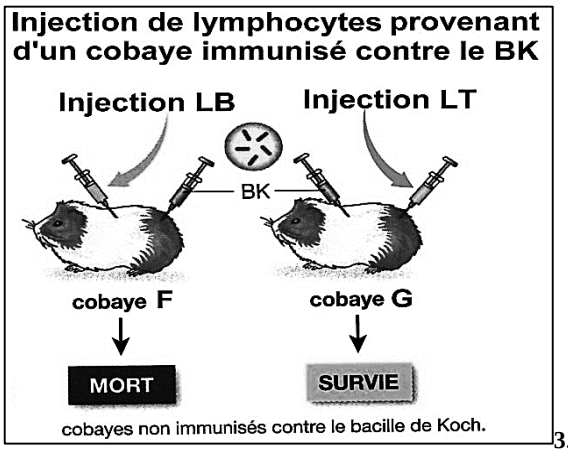
2.3 : la maladie de Bruton se caractérise par une défense immunitaire très affaiblie et de nombreuses infections bactériennes. Les individus atteints ne fabriquent pas d'anticorps.

Une analyse sanguine montre que la répartition des lymphocytes entre les différentes catégories n'est pas conforme à la normalité : il possède un fort déficit en LB.

Expérience 3



3. A



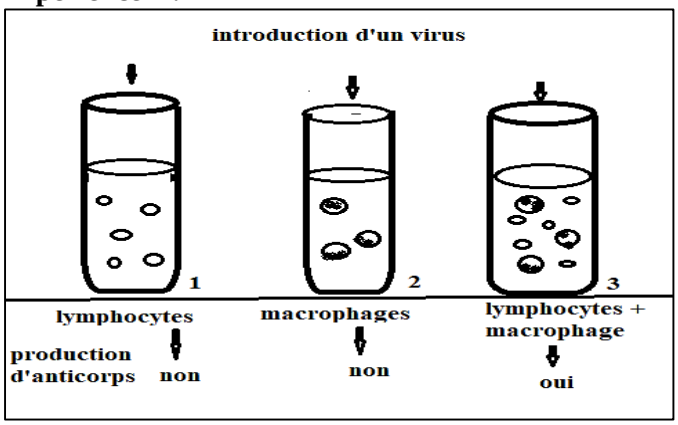
3.B

Consigne :

1. Analyse l'expérience 1.
2. Explique pourquoi l'immunité adaptative est dite spécifique.
3. A partir de l'analyse des expériences 2 et 3 ; explique le support de l'immunité adaptative.

B) Coopération entre les cellules immunitaires.

Expérience 1 :



Des cellules de rat en suspension sont mises en contact avec un virus (Ag). La figure 4 représente les résultats de l'expérience après quelques jours.

Fig.4

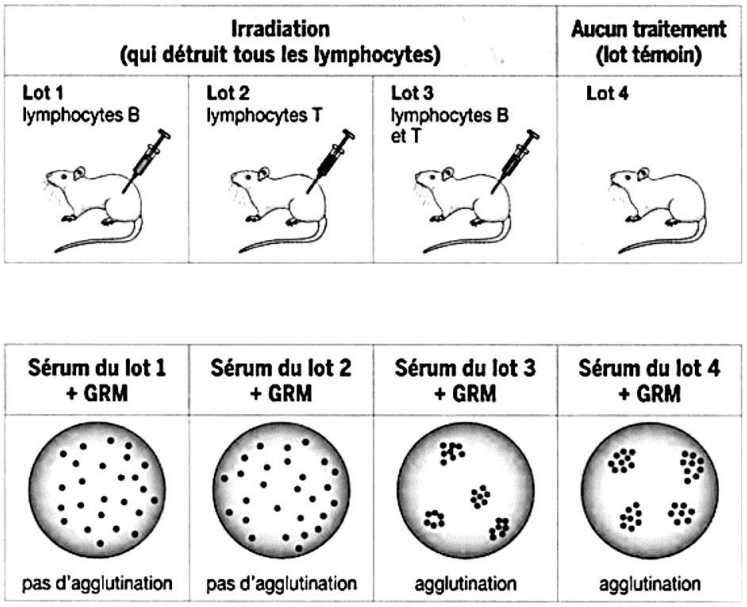
Expérience 2 : Expérience de Claman

■ PRÉPARATION DES ANIMAUX

1. Des lymphocytes, prélevés chez des souris normales, sont placés dans un milieu de culture afin d'être maintenus en vie.
2. Chez d'autres souris, appartenant à la même souche que les précédentes, on détruit à la naissance tous les lymphocytes par irradiation.
3. Ces souris sont alors réparties en trois lots et reçoivent des injections de cellules immunitaires en culture.

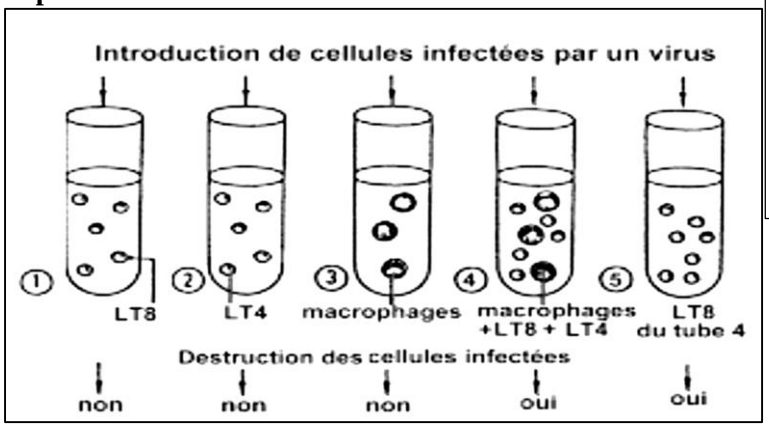
■ CONTRÔLE D'IMMUNISATION

1. Les trois lots de souris, ainsi qu'un lot témoin, reçoivent une injection de globules rouges de mouton (GRM) qui jouent ici le rôle d'antigènes.
2. Une semaine plus tard, on prélève du sérum chez des souris de chacun des lots et on recherche la présence d'anticorps anti-GRM, donc capables d'agglutiner les GRM.



Doc. 1 **L'expérience de Claman (1966) révèle une condition nécessaire à la production d'anticorps.**

Expérience 3 :



On cherche à préciser les LT responsables de la réponse immunitaire à médiation cellulaire et les cellules impliquée. **(Fig.6)**

Consigne :

1. Analyse et interprète les résultats de chaque expérience.
2. En déduis les cellules intervenant dans la réponse immunitaire à médiation cellulaire et celles intervenant dans la réponse immunitaire à médiation humorale.

C) Localisation des lymphocytes.

Les organes et les tissus lymphoïdes correspondent au lieu de résidence des lymphocytes et d'autres cellules du système immunitaire telles que les macrophages et les cellules dendritiques. Ils se distinguent en deux groupes: les organes lymphoïdes centraux et les organes lymphoïdes périphériques. (Figure 7)

Les organes lymphoïdes centraux : Ils sont constitués par la moelle osseuse et le thymus chez tous les vertébrés, la bourse de Fabricius chez les oiseaux seulement. Ce sont le lieu d'ontogénèse, de prolifération et de maturation des lymphocytes.

La moelle osseuse constitue le lieu d'ontogénèse et de maturation des lymphocytes B et des autres cellules myéloïdes (granulocytes, polynucléaires, monocytes…), d'ontogénèse uniquement des lymphocytes T. Le thymus est un organe lympho-épithélial situé dans la partie antéro-supérieure du médiastin (cavité thoracique). Il joue un rôle primordial dans la maturation des lymphocytes T.

Les organes lymphoïdes périphériques : Ces organes représentent le lieu de concentration des lymphocytes, au niveau desquels s'effectue l'activation de la réponse immunitaire adaptative. Cette activation se traduit par la différenciation des lymphocytes activés en cellules effectrices et cellules mémoire. Parmi les organes lymphoïdes périphériques, on cite les ganglions lymphatiques, la rate et les tissus lymphoïdes associés aux muqueuses (MALT).

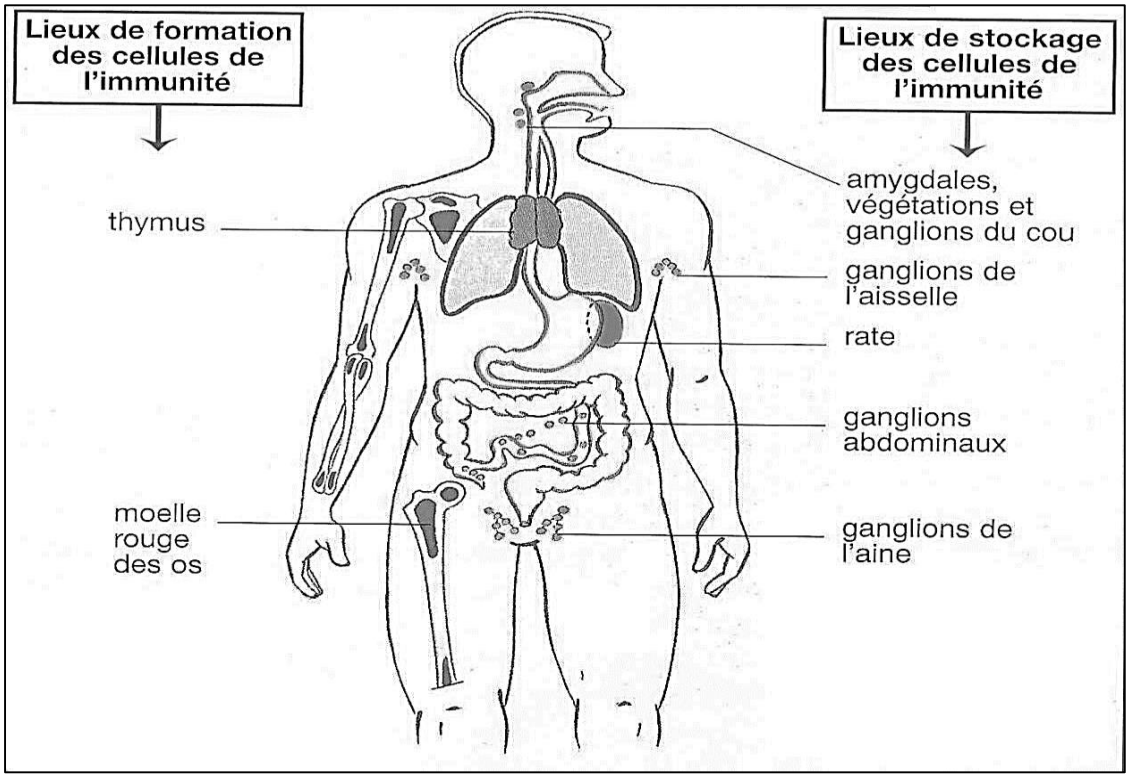


Fig.7

Consigne :

1. Identifie et localise les organes lymphoïdes.
2. Détermine les rôles des organes lymphoïdes.

D) **Déclanchement de la réponse immunitaire**

La réponse immunitaire, qui se déroule dans les organes lymphoïdes secondaires, est le résultat de la première rencontre entre les lymphocytes naïfs et l'antigène.

Après avoir capturé des antigènes, les cellules dendritiques migrent dans les ganglions lymphatiques pour achever leur maturation, car seules les cellules dendritiques matures présentent efficacement les antigènes aux lymphocytes T. La maturation et la migration des cellules dendritiques sont deux processus qui ont lieu le plus souvent simultanément. Les agents pathogènes envahissent les tissus périphériques alors que les lymphocytes sont concentrés dans les organes lymphoïdes secondaires. Les cellules dendritiques, grâce à leur propriété de migration au cours de la maturation, font le lien entre la périphérie et les organes lymphoïdes secondaires. (Figure 8)

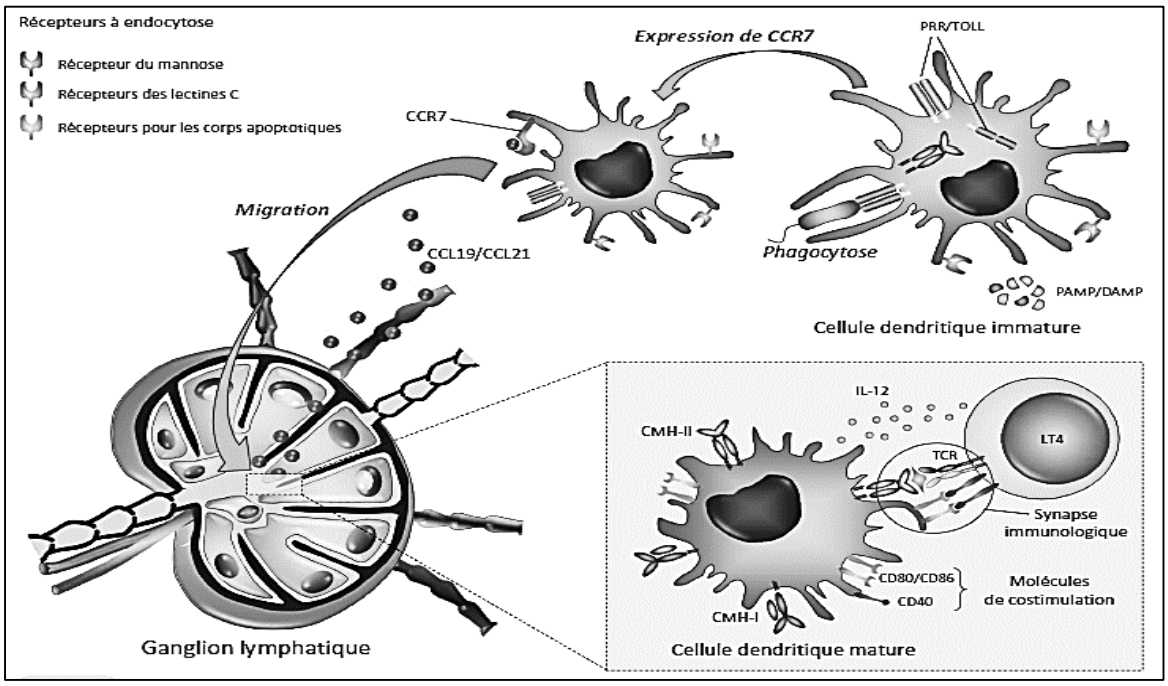


Fig.8

E) **Expérience sur le rôle des LT4**

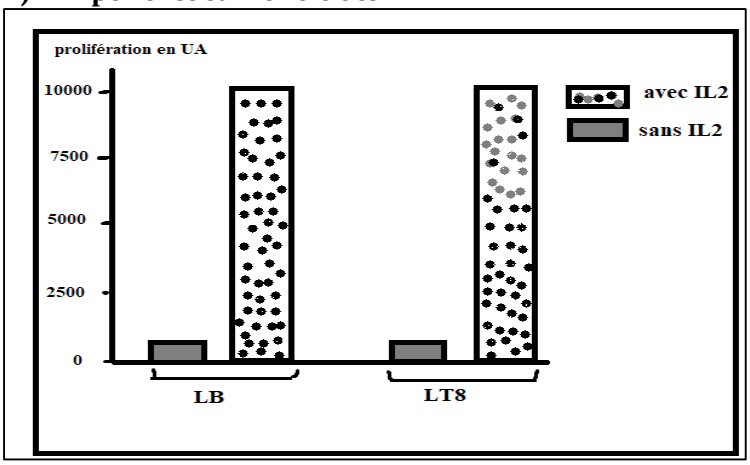


Fig.9

Les LT4 sélectionnés par la CPA sont activés. Ils se différencient en LT4 auxiliaires ou LT helpers (LTH) qui sécrètent des messagers chimiques : des interleukines IL2.

On met en culture des LB et LT en présence ou en absence d'IL2. Au bout de trois jours, on évalue la prolifération des lymphocytes dans chacun des milieux de cultures. (Fig.9)

Consigne :

1. Précise le mécanisme responsable du déclanchement de l'immunité adaptative.
2. Quelle relation existe entre l'immunité innée et l'immunité adaptative.
3. Précise à l'aide de l'analyse de la figure 9 le rôle de l'interleukine 2.

Synthèse partielle 3 :

A) Support de la réponse immunitaire.

1) Analyse :

L'immunisation contre le tétanos est spécifique : Elle permet de lutter uniquement contre le tétanos.

2) L'immunité adaptative est dite spécifique car elle permet de lutter contre un antigène spécifique.

3) Le support de l'immunité spécifique :

Expérience 2 : Le transfert de l'immunité contre la diphtérie se fait par des molécules (anticorps) contenues dans le sérum : c'est une immunité adaptative à médiation humorale. Elle est assurée par les LB qui produisent les anticorps.

Expérience 3 : Le transfert de l'immunité contre la tuberculose se fait par des cellules (lymphocytes). C'est une immunité adaptative à médiation cellulaire. Elle est assurée par les LT.

B) Coopération entre les cellules immunitaires.

1) Analyse et interprétation :

Expérience 1 : Les lymphocytes ne produisent les anticorps qu'en présence de phagocytes (macrophages). Les macrophages aident à la production d'anticorps.

Expérience 2 (Expérience de Claman) : Seules les souris du lot 3 et du lot témoin produisent les anticorps. La production d'anticorps nécessite la présence de LT et de LB.

Expérience 3 : Il y a destruction des cellules infectées dans les tubes 4 et 5. Les LT8 sont responsables de la destruction des cellules infectée. Ils sont aidés par les phagocytes et les LT4.

2) Les cellules intervenantes dans l'immunité adaptative :

Immunité adaptative à médiation humorale : phagocytes (CPA), LT4, LB.

Immunité adaptative à médiation cellulaire : phagocytes (CPA), LT4, LT8.

C) Localisation des lymphocytes.

1) Identification et localisation :

Les organes lymphoïdes centraux : la moelle osseuse, le thymus.

Les organes lymphoïdes périphériques : l'amygdale, les végétations, les ganglions lymphatiques, la rate et les tissus lymphoïdes associés aux muqueuses (MALT).

2) Les rôles des organes lymphoïdes :

Les organes lymphoïdes centraux : lieux de formation et de maturation des cellules immunitaires.

La moelle osseuse : lieu de formation des cellules immunitaires ; lieu de maturation des LB et des phagocytes.

Le thymus : lieu de maturation des LT.

Les organes lymphoïdes périphériques : lieux de concentration des lymphocytes, au niveau desquels s'effectue l'activation de la réponse immunitaire adaptative.

D) Déclanchement de la réponse immunitaire.

1) L'immunité adaptative est déclenchée par la présentation de l'antigène aux lymphocytes naïfs.

2) Relations entre l'immunité innée et l'immunité adaptative.

L'immunité adaptative est la poursuite de l'immunité innée.

Après la phagocytose, les cellules dendritiques présentent l'antigène sur leurs membranes. Elles passent dans les ganglions et deviennent des cellules présentatrices d'antigènes (CPA). La CPA sélectionne et active les lymphocytes spécifiques (en les présentant l'antigène) et l'immunité adaptative est ainsi déclenchée.

3) Rôle de l'interleukine 2 :

Analyse : Les LT4 et LT8 prolifèrent en présence de l'interleukine 2.

Les LT4 auxiliaires produisent l'IL2 qui active et permet la prolifération des LB et LT8.

Activité 4 : Etapes de la réponse immunitaire adaptative.

A) Réponse immunitaire adaptative à médiation cellulaire.

Le terme d'immunité à médiation cellulaire est un terme générique pour désigner les réponses immunitaires qui peuvent être transférées à un receveur non immunisé par les cellules lymphoïdes, et non pas par les anticorps. Les fonctions suppressives et cytotoxiques sont assurées essentiellement par les cellules T exprimant l'antigène de surface CD8. Ces cellules circulent dans le sang et dans les vaisseaux lymphatiques et migrent également dans l'espace extracellulaire. (Figure10)

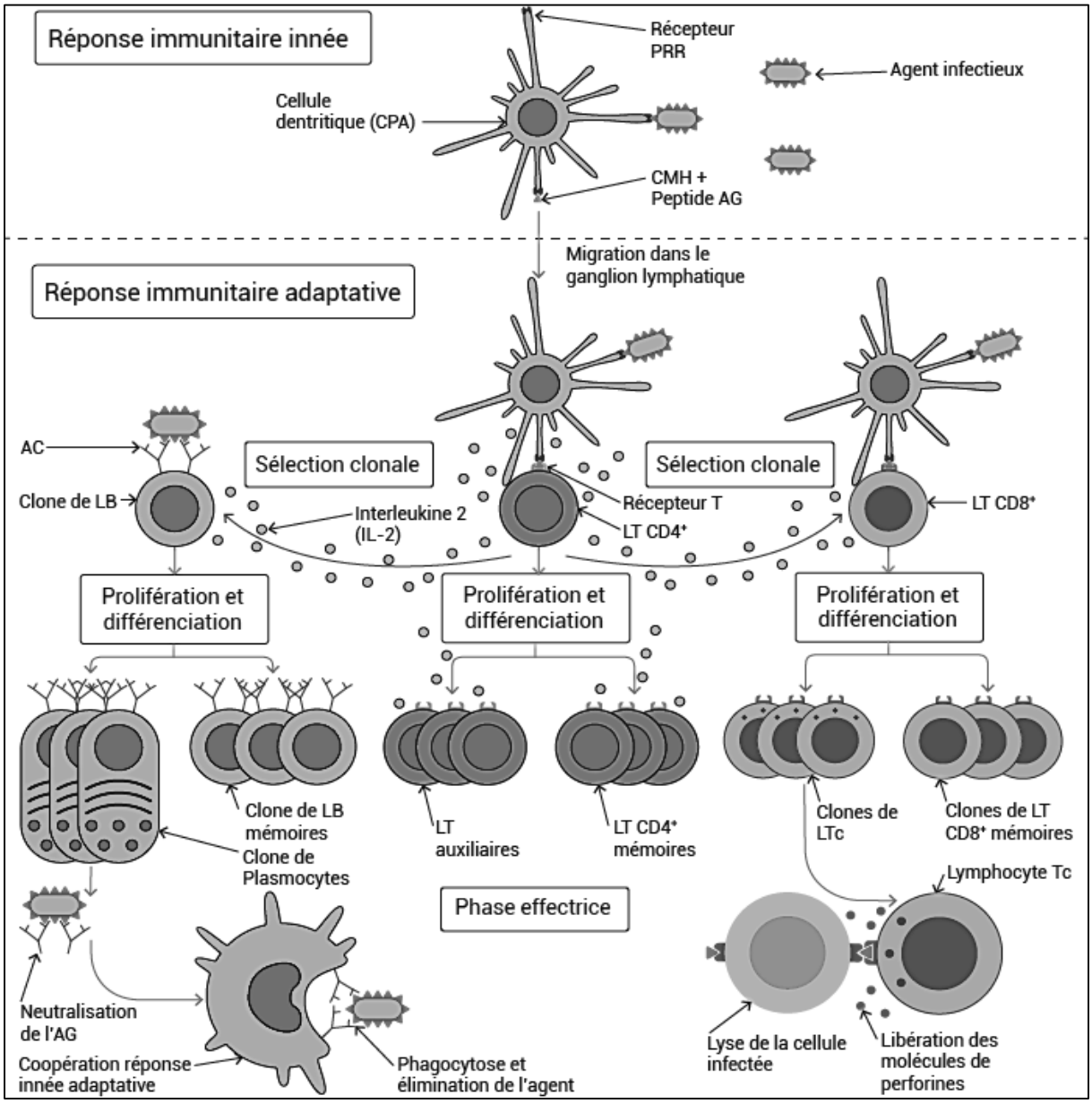


Fig.10

Consigne : à partir du texte et de la figure 10 :

1. Cite et caractérise les étapes de la réponse immunitaire à médiation cellulaire.
2. Quels sont les effecteurs de cette immunité et leur mode d'action.

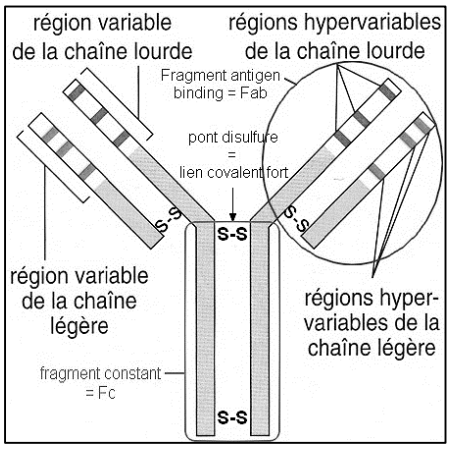
B) Réponse immunitaire à médiation humorale

L'immunité à médiation humorale est liée aux lymphocytes B (ou cellules B) et aux cellules qui en dérivent directement, les plasmocytes. Les plasmocytes produisent les immunoglobulines (anticorps).

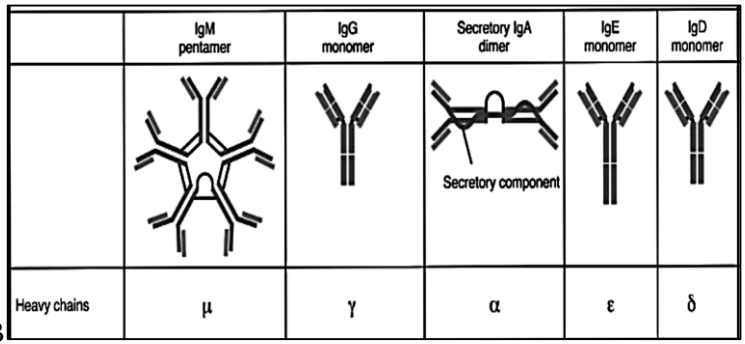
La figure 11 représente les différents types d'immunoglobulines et les rôles.

	IgG	IgM	IgA	IgD	IgE
PM	150 000	900 000	160-400 000	170 000	190 000
Ch lourde	γ	μ	α	δ	ε
Ch légère	κ ou λ	κ ou λ	κ ou λ	κ ou λ	κ ou λ
Ss classes	γ1-2-3-4	μ 1-2	α 1-2	-	-
Taux sérique (g/l)	8-12	0,5-2	1,5-4	0,03-0,4	0,0001
½ vie (jours)	21	5	7	3	2
Valence	2	10	2-4	2	2
Fixation complément	+	+	-	-	-
Caractères particuliers	Support principal des Ac	Support des immunisations initiales	Ig des liquides de sécrétion	Propres à la surface des cellules B	Réactions allergiques

A



B



C

Fig.11

Consigne : à partir du texte et des figures 10 et 11 :

1. Cite et explique les étapes de la réponse immunitaire adaptative à médiation humorale.
2. Quels sont les effecteurs de cette immunité ?
3. Cite et décris les immunoglobulines (Ig).

Synthèse partielle 4A :

A) Réponse immunitaire adaptative à médiation cellulaire.

1) Les étapes de la réponse immunitaire à médiation cellulaire.

La phase d'induction :

Sélection des LT4 et LT8 spécifiques par la CPA grâce à leurs récepteurs membranaires.
Production d'IL2 par les LT4 sélectionnés.

La phase d'amplification :

Multiplication et différentiation des LT4 en LT auxiliaire (LTh), en LT4 suppresseurs (LTS) et en LT4 mémoires (à durée de vie longue).
Multiplication et différentiation des LT8 en LT cytotoxique (LTC) ; et en LT8 mémoires à durée de vie longue.

La phase effectrice : Les LTC passent dans les tissus et éliminent les cellules infectées.

2) Les effecteurs de cette immunité sont les lymphocytes T cytotoxique (LTC).

Mode d'action :

Le LTC reconnait spécifiquement les cellules infectées grâce au complexe CMH-épitope.
Il se lie à la cellule cible et libère des protéines toxiques (perforine) qui perfore la membrane cytoplasmique et lyse la cellule. L'immunité à médiation cellulaire permet d'éliminer les antigènes intracellulaires.

Synthèse partielle 4B :

B) Réponse immunitaire à médiation humorale.

1) Les étapes de la réponse immunitaire adaptative à médiation humorale.

La phase d'induction :

Sélection des LB spécifiques grâce à leur anticorps membranaires (sans l'intervention de CPA).
Sélection des LT4 spécifiques par la CPA. Ils sont activés et produisent l'IL2.

La phase d'amplification :

Multiplication des LT4 et LB par mitose sous l'action de l'IL2.
Différentiation des LT4 en LT auxiliaires en LTS et en LT4 mémoires.
Différentiation des LB en plasmocytes (produisant les anticorps) et en LB mémoires.

La phase effectrice :

Production d'anticorps dans le sang par les plasmocytes et passage des Ig dans les tissus.
Liaison des Ig aux antigènes extracellulaires spécifiques et formation de complexe immun (neutralisation).
Elimination du complexe immun par les macrophages (par phagocytose).

2) Les effecteurs de l'immunité à médiation humorale sont les anticorps (immunoglobulines).

3) Les types d'immunoglobulines : Une molécule d'anticorps possède une structure de base formée de 4 chaines semblables deux à deux : 2 chaînes lourdes et deux chaînes légères. Chaque chaîne possède une région constante et une région variable.

On distingue cinq classes d'anticorps.

Les IgG : Monomères. Majoritaire dans le sérum, ce sont les principaux agents des réactions immunitaires, et de l'immunité du fœtus.

Les IgA : Monomères dans le plasma et dimères dans les sécrétions (lait, salive…). Protègent les muqueuses.

Les IgM : Pentamères, elles sont souvent liées à la surface des LB. Ce sont les premières Ig libérées lors de la réaction primaire.

Les IgD : Monomères. Présentes à la surface des LB, elles participent à leur sélection.

Les IgE : Monomères. Participent aux réactions inflammatoires ; allergiques et à la lutte contre les parasites.

Synthèse générale.

L'organisme possède des mécanismes de défense complexes. Constamment agressé par les microbes présents dans l'environnement, il se défend contre les infections par divers mécanismes spécifiques et non spécifiques qui agissent ensemble ou de façon indépendante**.**

1. L'immunité innée ou non spécifique.

La réponse immunitaire innée est la première réponse mise en place par l'organisme suite à une agression (invasion microbienne, lésion tissulaire, brûlure physique ou chimique…). Elle permet une réponse rapide et efficace sur un grand nombre de pathogènes. De plus, elle joue un rôle majeur dans la mise en place des réponses immunitaires adaptatives et les processus de réparation tissulaire/cicatrisation.

Cette réponse innée prend place immédiatement au lieu de l'agression aussi bien dans les tissus que dans le sang pour une efficacité optimale. Contrairement à l'immunité adaptative, la réponse innée n'est pas spécifique d'un antigène précis, et n'est pas douée de mémoire.

La majorité des cellules de l'immunité innée sont d'origine myéloïde. Il s'agit des polynucléaires ou granulocytes des cellules d'origine lymphoïde comme les cellules Natural Killer (NK), et des phagocytes mononuclées (monocytes, macrophages, et cellules dendritiques).

2. L'immunité spécifique ou adaptative.

A la différence des mécanismes de défense non spécifiques, les systèmes de défense spécifiques ne sont pas entièrement fonctionnels à la naissance et il leur faut du temps pour se développer après exposition à l'agent infectieux ou à ses antigènes. L'immunité spécifique peut s'acquérir naturellement par l'infection ou artificiellement par la vaccination. Il se divise en deux composantes : l'une faisant intervenir les anticorps (immunité à médiation humorale) et l'autre des cellules (immunité à médiation cellulaire).

a) Immunité adaptative à médiation humorale.

Les Lymphocytes B sont localisés dans les follicules primaires des organes lymphoïdes secondaires. Ils n'ont pas accès direct aux antigènes. Ces derniers leur parviennent soit par la lymphe issue du tissu infecté soit par les cellules dendritiques. En effet, les cellules dendritiques provenant du lieu de l'infection pour présenter l'antigène aux lymphocytes T, sont chargées à leur surface de nombreux Ag natifs issus des micro-organismes. L'activation des lymphocytes B peut se faire de différentes manières suivant l'implication des lymphocytes T.

En effet le clone de LT4 sélectionnés par la CPA est activé et se multiplie activement par mitose. Certaines de ces cellules deviennent des LT4 mémoires qui ont une durée de vie longue. D'autres se différentient en LT4 auxiliaires (LTh : LT helpers) qui sécrètent de l'interleukine 2.

Parallèlement aux LT4, les LB sélectionnés (spécifique de l'antigène en question), sous l'effet de l'IL2 sécrétée par les LTh se multiplient activement par mitose. Certains de ces cellules deviennent des LB mémoire à durée de vie longue. Les autres se différentient en plasmocytes, cellules effectrices qui sécrètent les anticorps spécifiques de l'antigène. Ces anticorps libérés dans le sang neutralisent les antigènes en se liant à ces derniers pour former un complexe immun. Ce complexe se fixe sur les phagocytes qui assurent leurs phagocytoses. Ainsi les antigènes extracellulaires sont éliminés.

b) L'immunité à médiation cellulaire.

Lors de la réaction inflammatoire aiguë, caractéristique de l'immunité innée, des cellules présentatrices de l'antigène, comme les cellules dendritiques, phagocytent des molécules du virus et présentent des antigènes viraux au sein de leur CMH (complexe majeur d'histocompatibilité).

Ces cellules présentatrices de l'antigène migrent des tissus où elles ont rencontré le virus vers les organes lymphoïdes, où se trouvent les lymphocytes T CD8+ (ou LT CD8+). Les différents clones de LT CD8+ présentent un même récepteur membranaire CD8 et des récepteurs membranaires T (ou TCR), variables selon les clones. Chaque récepteur T n'est capable de reconnaître qu'un seul antigène et un très grand nombre de récepteurs T différents existent. L'ensemble des récepteurs T est capable de reconnaître l'ensemble des antigènes existant. Ainsi, lorsqu'un virus est présent dans l'organisme, les peptides antigéniques viraux présentés par les cellules présentatrices de l'antigène sont reconnus par un récepteur T spécifique. Cette étape de sélection clonale consiste en l'activation d'un clone de LT CD8+ dont le récepteur T est spécifique de l'antigène viral. Les LT CD8+ ainsi activés se multiplient puis se différencient en cellules effectrices : les LT cytotoxiques. Comme celle des plasmocytes, la formation des LT cytotoxiques spécifiques d'un virus donné nécessite la présence des LT auxiliaires.

La présentation de l'antigène viral par les cellules présentatrices de l'antigène permet la sélection des LT CD4+ spécifiques de l'antigène. Les LT CD4+ ainsi activés se multiplient puis se différencient en LT auxiliaires. Les LT CD4+ activés sécrètent de l'interleukine 2, une molécule capable de stimuler la multiplication et la différenciation de ces mêmes LT CD4+. L'interleukine 2 est également capable d'activer la multiplication des LT CD8+ et la différenciation de ces LT CD8+ en LT cytotoxiques, à condition que ces LT CD8+ et les LT CD4+ sécrétant l'interleukine 2 présentent la même spécificité pour l'antigène, c'est-à-dire qu'ils possèdent le même récepteur T activé par le même antigène viral. Les LT cytotoxiques ainsi formés sont capables de reconnaître spécifiquement les cellules de l'organisme infectées par le virus et de sécréter des molécules entraînant la destruction de ces cellules infectées, éliminant ainsi le virus de l'organisme.

Sous-concept 4 : Le dysfonctionnement et les déficiences du système immunitaire.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que l'immunodéficience ?

Donner un exemple de maladie immunodéficiente.

Situation problème :

L'organisme détecte en permanence la présence d'antigène grâce à son système immunitaire. Des immunodéficiences innées ou acquises peuvent affecter le système immunitaire : production déficiente des cellules immunitaires par les cellules de la moelle osseuse, infections des lymphocytes T par le SIDA. Le système immunitaire peut être objet de dérèglements difficiles à soigner et dont les conséquences peuvent être une allergie, une maladie auto-immune, etc.

Quel est le mécanisme de chacune des formes de dérèglement du système immunitaire ?

Comment le VIH entraine-t-il l'affaiblissement du système immunitaire ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

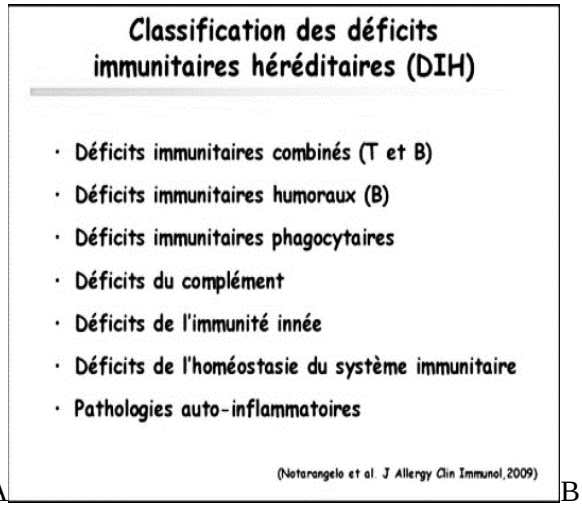
Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Les déficits immunitaires primitifs ou congénitaux

Une des fonctions les plus importantes du système immunitaire est de protéger l'organisme en créant des obstacles contre une infection. Si ce système fait défaut, on parle de déficit immunitaire. Lorsque le déficit immunitaire est provoqué par un défaut de cellules immunitaire, le déficit est dit primitif (DIP). Il existe un grand nombre de DIP, regroupés en 5 grandes catégories en fonction de l'atteinte qui prédomine (Doc.1).

Déficit immunitaire primitif inné	
Complément	Déficits en C2, C4, C3, complexe d'attaque membranaire (C5b-9)
Phagocytes (macrophages, polynucléaires neutrophiles)	Granulomatose septique chronique
	Neutropénies congénitales sévères
Déficit immunitaire primitif adaptatif	
B (déficits humoraux)	Agammaglobulinémies
	Syndromes hyper-IgM
	Déficit isolé en IgA
	Déficit immunitaire commun variable
T (déficits combinés)	Déficits immunitaires combinés sévères
	Déficits immunitaires combinés (dont syndrome hyper-IgM à l'X)
	Syndrome de Wiskott-Aldrich
	Ataxie-télangiectasie

A



B

Document.1

Consigne :

1. Explique la conséquence de chacun de ces déficits.
2. Quelle est l'origine des DIP ?
3. Quel est l'âge susceptible d'apparition des DIP ?

Synthèse partielle 1 :

1) Les conséquences des déficits immunitaires :

Déficits humoraux : défaut de réponse humorale.

DIP combiné (T) : défaut de réponse spécifique.

DIP combiné (T et B) : défaut de réponse spécifique.

Déficit de la phagocytose : défaut de réponse non spécifique.

Déficit du complément (C1 et C2) : défaut de l'élimination du complexe immun.

2) Les DIP sont d'origines héréditaires (généralement congénitales).

3) Les DIP apparaissent depuis l'enfance (depuis la naissance).

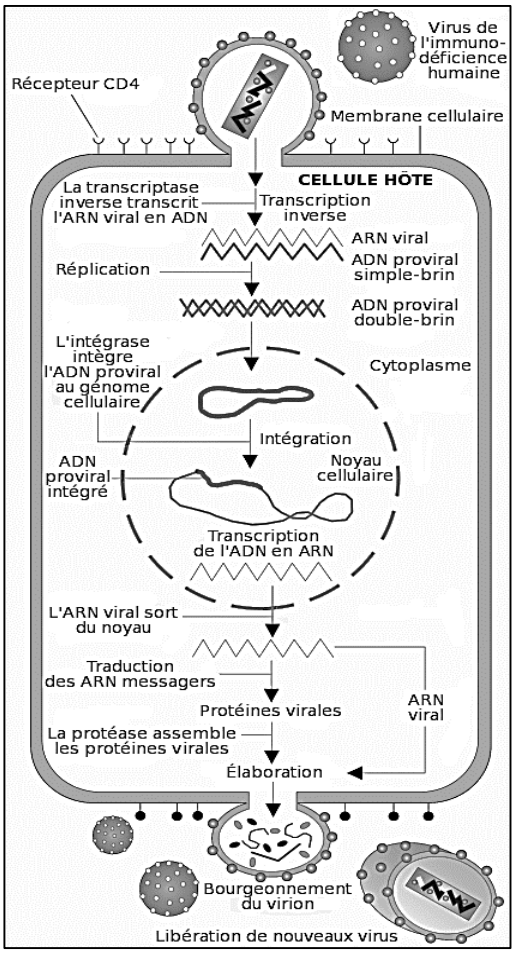
Activité 2 : Les déficits immunitaires secondaires ou acquises : le SIDA

Le SIDA est une maladie qui touche le système immunitaire.

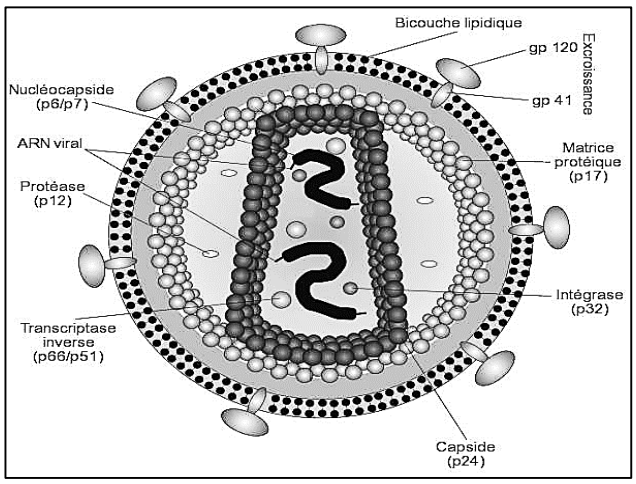
Le VIH agent pathogène du SIDA est un rétrovirus qui a été isolé le 20Mai 1983 à l'institut Pasteur. Il s'agit d'un virus à ARN enveloppé, qui appartient à la famille des lentivirus. (Doc.2).

Le virus VIH infecte principalement les lymphocytes T CD4 +. Il peut aussi infecter d'autres cellules exprimant la molécule CD4 à une moindre intensité : les cellules de la lignée monocytaire (monocytes mais surtout macrophages…), et dans une moindre mesure les cellules dendritiques, et certains thymocytes. De la contamination au SIDA déclaré, on distingue trois phases marquées par l'évolution des paramètres immunitaires, taux d'anticorps et de lymphocytes (Doc.3). Lors des deux premières, les symptômes sont discrets, voire absents. Le syndrome d'immunodéficience apparaît au cours de la troisième.

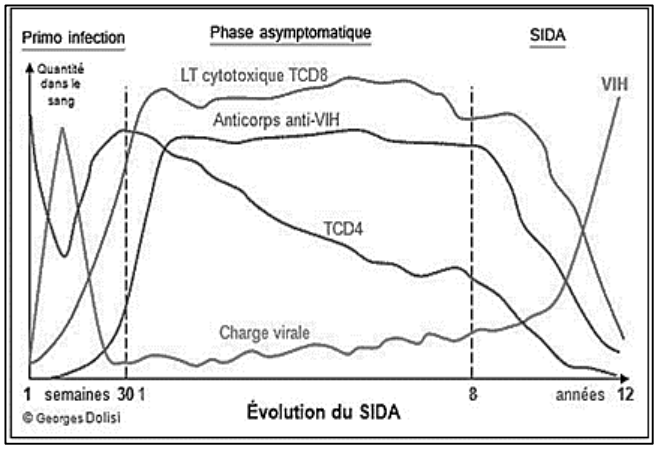
Le document 4 représente les étapes de la contamination d'une cellule par le VIH (cycle viral).



Doc.4



Doc.2



Consigne : à partir de l'analyse du texte et des documents :

1. Explique la contamination de l'organisme par le VIH.
2. Pourquoi le VIH ne parasite que les LT4 et les macrophages ?
3. Comment le VIH arrive-t-il à affaiblir le système immunitaire ?

Activité 3 : Les mécanismes de l'hypersensibilité.

L'hypersensibilité est une réponse immunitaire excessive et indésirable vis-à-vis d'un antigène qui ne s'accompagne d'aucune manifestation chez des sujets normaux. L'allergie est une réponse immunitaire spécifique anormale et excessive vis-à-vis d'un antigène de l'environnement appelé allergène.

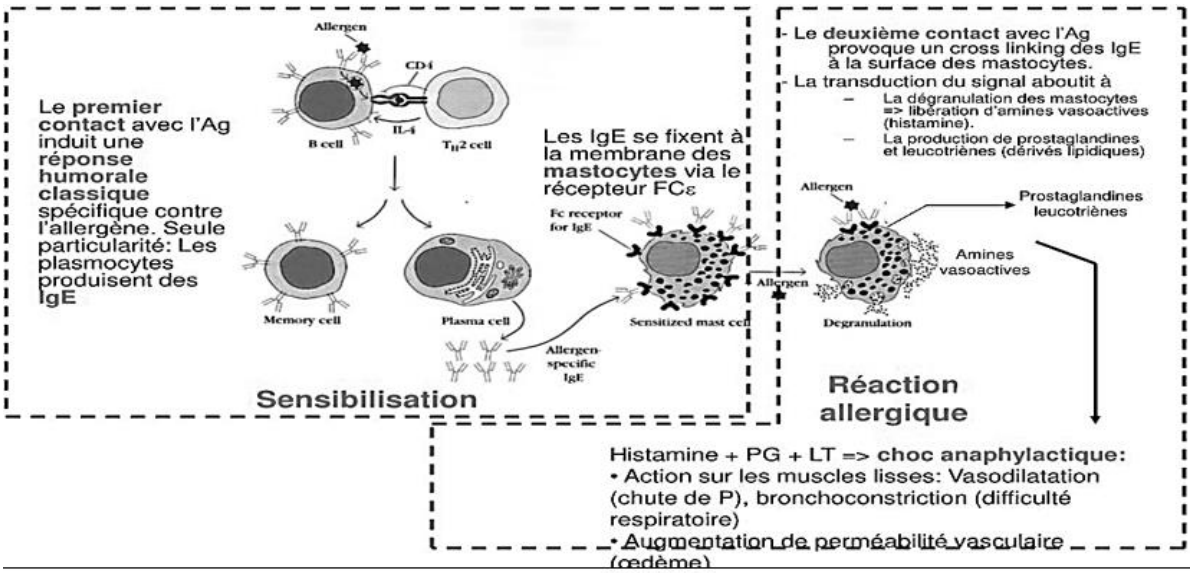
L'allergie se déclare en présence d'un allergène. L'allergène est bien toléré par la plupart des gens, mais il peut provoquer une réaction allergique chez une personne dite sensibilisée. Les allergènes tels que les poussières, le pollen et autres particules sont véhiculées par l'air. Les symptômes se situent dans les zones corporelles exposées à l'air (yeux, muqueuses du nez, peau…). En plus des allergènes ambiants, les réactions peuvent également résulter des aliments, des médicaments, des venins d'insectes, etc.

Le venin injecté sous la peau et certains médicaments peuvent produire une réaction allergique systématique appelée choc anaphylactique, réaction allergique extrême, brutale pouvant conduire à la mort. Parmi les cinq classes d'Ig, on note un excès d'IgE chez les personnes atteintes d'allergie.

Comme dans toutes les réponses d'hypersensibilité immunologique allergique, il est classiquement décrit deux phases immunologiques successives dans l'hypersensibilité allergique immédiate.

Une première phase, dite de sensibilisation, intervient après contact avec la source allergénique. Elle correspond à une réaction immunitaire classique. Les IgE sécrétés par les plasmocytes se fixent sur les mastocytes et les granulocytes basophiles. Ce premier contact n'entraine pas de de signes cliniques.

La deuxième phase, dite effectrice, correspond au stade immunologique où les cellules effectrices intervenant dans l'allergie sont activables rapidement par l'allergène. Elle intervient lorsque l'allergène, à l'occasion d'une nouvelle exposition, se lie aux IgE spécifiques préalablement synthétisées à la surface des mastocytes ou basophiles. Cette liaison entraîne une cascade d'activation intracellulaire ayant comme premier effet la libération très rapide (« immédiate » en l'espace de quelques minutes) du contenu des granules sécrétoires des mastocytes ou des basophiles (histamine, sérotonine, prostaglandine, etc.) qui est à l'origine de la réaction allergique. (Voire document 5).



Doc.5

Consigne :

1. Quel est l'agent responsable d'une allergie ?
2. Cite et caractérise les étapes de la réaction allergique immédiate.
3. Quels sont les cellules et les anticorps intervenant dans la réaction allergique immédiate ?

Activité 4 : Quelques maladies auto-immunes.

L'auto-immunité résulte de la rupture de tolérance aux antigènes du soi. Le développement de l'auto-immunité dépend de gènes de susceptibilité comme le suggère l'existence de maladies auto-immunes familiales. La majorité des maladies auto-immunes sont polygéniques et associées à de multiples loci de susceptibilité, qui individuellement ne confèrent qu'un très faible risque d'auto-immunité. La combinaison des différents facteurs de susceptibilité, dans un environnement particulier, pourra en revanche, conduire au développement de pathologies auto-immunes patentes.

Les réactions auto-immunes apparaissent chez des sujets prédisposés génétiquement exposés à divers facteurs environnementaux dont certaines infections. Différents mécanismes des réponses immunitaires classiques sont impliqués dans les phénomènes d'induction de l'auto-immunité, ainsi que dans la production d'effecteurs qui mènent aux lésions cellulaires ou tissulaires. Les mécanismes physiopathologiques impliqués sont étudiés et expliqués par de nombreux modèles expérimentaux, et leur meilleure connaissance est à la base des traitements actuels visant à diminuer l'activation immunitaire.

Les explorations de l'auto-immunité dites « de routine » sont basées essentiellement sur la recherche d'auto-anticorps circulants et sur l'étude, dans les biopsies tissulaires accessibles (peau, rein, foie), de l'infiltrat cellulaire, des dépôts d'immunoglobulines et des dépôts de complément. Le tableau 1 représente quelques maladies auto-immunes.

Maladie	Prédisposition/ déclenchement	Atteinte tissulaire	Mécanismes primaires	Mécanismes secondaires	Antigènes cibles/ auto-anticorps les plus fréquents
Lupus érythémateux systémique	Maladie génétique multifactorielle	Systémique	Auto-anticorps, augmentation Interférons de type I	Formation et dépôts de complexes immuns, activation du complément	Constituants des noyaux, dont l'ADN double brin
Polyarthrite rhumatoïde	Maladie génétique multifactorielle HLA DR1/DR4	Prédominant aux articulations, possiblement systémique	Médiation cellulaire, formation de granulomes	Inflammation systémique	Antigènes non connus (collagène II ?) Auto-anticorps : facteur rhumatoïde (FR), anticorps protéines citrullinées
Thyroïdite auto-immune : maladie d'Hashimoto	Maladie génétique multifactorielle DR3	Microsomes thyroïdiens, hypothyroïdie	Production d'auto-anticorps	Infiltration lymphocytaire T	Thyropéroxydase, thyroglobuline
Hyperthyroïdie auto-immune Maladie de Graves Basedow		Récepteur de la TSH, hyperthyroïdie	Production d'auto-anticorps		Auto-anticorps antirécepteur de la TSH stimulants Thyropéroxydase (thyroglobuline)
Diabète de type 1	Maladie génétique multifactorielle (HLA DR3/DR4) Infections virales (entérovirus, *Coxsackie*)	Cellules β des îlots de Langerhans	Médiation cellulaire	Production d'auto-anticorps	Cellules β des îlots de Langerhans : pro-insuline, insuline, antigènes GAD, IA-2, ZnT8
Maladie cœliaque	HLA DQ2 DQ8 Ingestion de gluten	Villosités intestinales	Prolifération intravillositaire de lymphocytes T	Production d'auto-anticorps	Peptides désamidés de la gliadine/anticorps antitransglutaminase tissulaire (IgA ± IgG) (anticorps anti-endomysium)
Myasthénie	Maladie génétique multifactorielle Association à un thymome	Synapses neuromusculaires	Production d'auto-anticorps	Activation du complément Rôle des lymphocytes T ?	IgG antirécepteur de l'acéthylcholine Anticorps anti-MusK, anti-titine

Tableau 1.

Consigne :

1) Pourquoi ces maladies sont-elles appelées auto-immunes ?

2) Quelles sont les causes de ces maladies ?

3) Parmi ces maladies, cite celles qui sont caractérisées par une réaction à médiation cellulaires et celles à médiation humorale.

Synthèse partielle 2 :

1) La contamination de l'organisme par le VIH.

Fixation : le VIH se fixe au recteur CD4 (du LT4).

Pénétration : le virus pénètre dans le LT4.

Décapsidation : libération de l'ARN viral.

Transcription inverse : Transcription de l'ARN en ADN grâce à la transcriptase inverse.

L'intégration : l'ADN viral est intégré dans le génome de la cellule (LT4) grâce à l'intégrase. Le génome viral s'exprime en synthétisant les ARNm viraux.

Traduction : synthèse de particules (protéines) virales.

Assemblage : rassemblement des particules viraux et formation de nouveau virus.

Bourgeonnement : libération des nouveaux virus.

2) Le VIH parasite les LT4 à cause des récepteurs CD4.

3) L'immunodéficience :

Les LT4 infectés sont éliminés par les LTC. La diminution considérable du taux de LT4 provoque un défaut de réponse spécifique car les LT4 constituent le pivot de l'immunité spécifique.

Synthèse partielle 3 : Les mécanismes de l'hypersensibilité.

1) L'agent responsable d'une réaction allergique est appelé allergène (pollen, poussière...)

2) Les étapes de la réaction allergique immédiate.

- **Sensibilisation :** Intervient après le premier contact avec l'allergène. Elle se déroule comme suit :

Déclanchement d'une réaction immunitaire classique.

Sécrétion d'IgE par les plasmocytes.

Fixation des IgE sur la membrane des mastocytes et des granulocytes basophiles.

- **La réaction allergique (ou phase effectrice) :** Elle intervient lors d'un contact répété avec l'allergène. Elle se déroule comme suit :

Fixation de l'allergène sur les IgE à la surface des mastocytes et des basophiles.

Dégranulation des mastocytes et des basophiles : libération de sérotonine, histamine, prostaglandines…

Réaction : vasodilatation, gonflement, œdèmes…

3) Les cellules et les anticorps intervenant dans la réaction allergique immédiate :

Cellules : plasmocytes, mastocytes, polynucléaires basophiles.

Anticorps : IgE.

Synthèse partielle 4 : Quelques maladies auto-immunes.

1) Ces maladies sont appelées auto-immunes car le système immunitaire est dirigé contre le soi.
2) Les de ces maladies sont : génétiques et environnementales.
3) Les maladies auto-immunes :

A médiation humorale : Lupus érythémateux, thyroïdite auto-immune, myasthénie, hyperthyroïdie auto-immune, diabète de type1, maladie cœliaque.

A médiation cellulaire : polyarthrite rhumatoïde, diabète de type1, maladie cœliaque.

Synthèse générale :

1. SIDA et déficit immunitaire.

La transmission du virus VIH se fait par voie sexuelle, sanguine et de la mère à l'enfant, proportionnellement à la charge virale du liquide contaminant.

Le virus cible les cellules exprimant la molécule CD4 en utilisant cette molécule comme porte d'entrée. La lymphopénie T CD4 + aboutit à un état d'immunodépression cellulaire et humorale. Il existe une réponse lymphocytaire B contre le VIH qui conduit à la production d'anticorps utiles pour le diagnostic mais peu efficaces contre l'infection car peu neutralisants.

La pression de sélection imposée par les lymphocytes T CD8 + cytotoxiques conduit à l'apparition de virus mutants qui échappent aux réponses spécifiques T et B. La perte de lymphocytes T CD4 + au niveau intestinal joue un rôle majeur dans la pathogénèse de l'infection. Les capacités de production thymique diminuent progressivement au cours de l'infection naturelle. Les tentatives de vaccination sont pour l'instant inefficaces.

2. Les maladies auto-immunes.

L'auto-immunité résulte de défauts dans la mise en place ou le maintien de la tolérance au soi du système immunitaire. Chez les autres animaux et chez l'Homme, la rupture de tolérance au soi conduit à l'activation de lymphocytes T et B auto-réactifs, entraînant la production de cellules effectrices ou d'auto-anticorps reconnaissant des constituants de l'hôte et responsables de lésions cellulaires et tissulaires qui dans certains cas peuvent aboutir à une symptomatologie clinique responsable de maladies auto-immunes. Les maladies auto-immunes sont fréquentes (prévalence, toutes confondues : 5 %) et représentent une cause importante de mortalité dans les pays développés. Elles sont très hétérogènes et sont classées en deux groupes :

Les maladies spécifiques d'organes dans lesquelles les anticorps ou les lymphocytes T sont dirigés contre des antigènes restreints à une distribution tissulaire ou à un organe (diabète de type 1, thyroïdite de Hashimoto).

Les maladies non spécifiques d'organe, dites maladies auto-immunes systémiques, où la distribution des autoantigènes cibles est ubiquitaire et où la formation de complexes immuns circulants, notamment contribue au développement d'une maladie systémique avec des atteintes diffuses et polymorphes de différents organes au cours du temps (exemple : le lupus érythémateux systémique). Ce sont des maladies multifactorielles (terrain génétique prédisposant, facteurs environnementaux, facteurs hormonaux) mais d'étiologie inconnue dans la majorité des cas.

3. L'hypersensibilité

On utilise le terme d'hypersensibilité quand la réponse immunitaire revêt une forme exagérée ou inappropriée entraînant des lésions tissulaires.

L'hypersensibilité immédiate, dite de type I dans la classification de Gell et Coombs, correspond aux réactions aux allergènes (allergies) dépendantes des IgE.

La phase de sensibilisation correspond à la synthèse d'IgE spécifiques et est cliniquement muette.

La cellule effectrice principale est le mastocyte, portant des FcεRI fixant les IgE par leur fragment Fc.

Au cours de la phase effectrice, lors d'un nouveau contact avec l'allergène, les IgE reconnaissent et lient les épitopes correspondants par leurs Fab, s'agrègent (pontage) et induisent un signal transmis et amplifié par les sous-unités du FcεRI. La dégranulation mastocytaire est à l'origine de symptômes immédiats potentiellement sévères (anaphylaxie). Cette dégranulation est suivie par la libération de médiateurs lipidiques et par une néo synthèse protéique responsable de l'induction des phases tardives de l'hypersensibilité, de l'inflammation chronique et du remodelage tissulaire. L'allergie fait suite à une anomalie ou une rupture de la tolérance naturelle vis-à-vis d'un antigène exogène. Les modifications récentes de l'exposome et son impact sur le microbiote sont les principaux facteurs intervenant dans l'augmentation des maladies allergiques ces dernières années.

Sous-concept 5 : Les aides à la réponse immunitaire.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'un vaccin ?

Quelle est l'importance de la vaccination ?

Situation problème :

Depuis l'Antiquité, on a remarqué que les survivants d'une épidémie pouvaient être protégés contre l'épidémie suivante de la même maladie. Guérir d'une maladie permet donc d'être protégé contre celle-ci des années durant. En effet, la réaction immunitaire primaire s'accompagne de la formation de cellules immunitaires mémoires à longue durée de vie : il s'agit des lymphocytes T et B mémoires. Le développement des vaccins contre des infections a été l'un des grands succès de l'immunologie. Il a permis l'éradication à l'échelle mondiale de la variole grâce à un programme mondial de vaccination.

Comment fonctionnent les vaccins ?

Quels sont les principaux moyens d'aides à réponse immunitaire ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : L'asepsie et l'antisepsie.

L'asepsie et l'antisepsie, termes souvent confondus se complètent efficacement lors de soins.

L'asepsie : (étymologie grecque : sepsis, "envahissement microbien" et a privatif, "absence de") consiste à accomplir une tâche donnée sans apporter de micro-organismes (bactéries, virus, champignons) au patient (ou à l'objet de sa tâche). Elle repose sur l'utilisation de matériel stérile, de tenue stérile, de couvre-chef étanche, de gants stériles, de masque anti-projection, de micro-filtres à air (filtres à très haute efficacité ou THE) et de système de renouvellement de l'air, sans oublier les règles comportementales.

Les procédés employés sont appelés des techniques aseptiques.

L'antisepsie : c'est l'utilisation d'un produit (antiseptique) choisi judicieusement pour neutraliser les micro-organismes présents sur une zone de peau ou de muqueuse, qu'elle soit saine ou lésée.

Son effet est temporaire, son emploi plus préventif que curatif.

Les antiseptiques sont destinés aux tissus vivants (peau, muqueuse).

Ces produits agissent de façon momentanée, ils ne protègent pas contre une nouvelle contamination ni la prolifération naturelle (mitose, réplication). Ils doivent donc être réappliqués régulièrement.

Consigne :

1. Quelle différence fais-tu entre ces deux techniques ?
2. Laquelle des deux techniques est utilisée pour soigner les plaies ?

Activité 2 : La vaccination

A. Découverte de la vaccination.

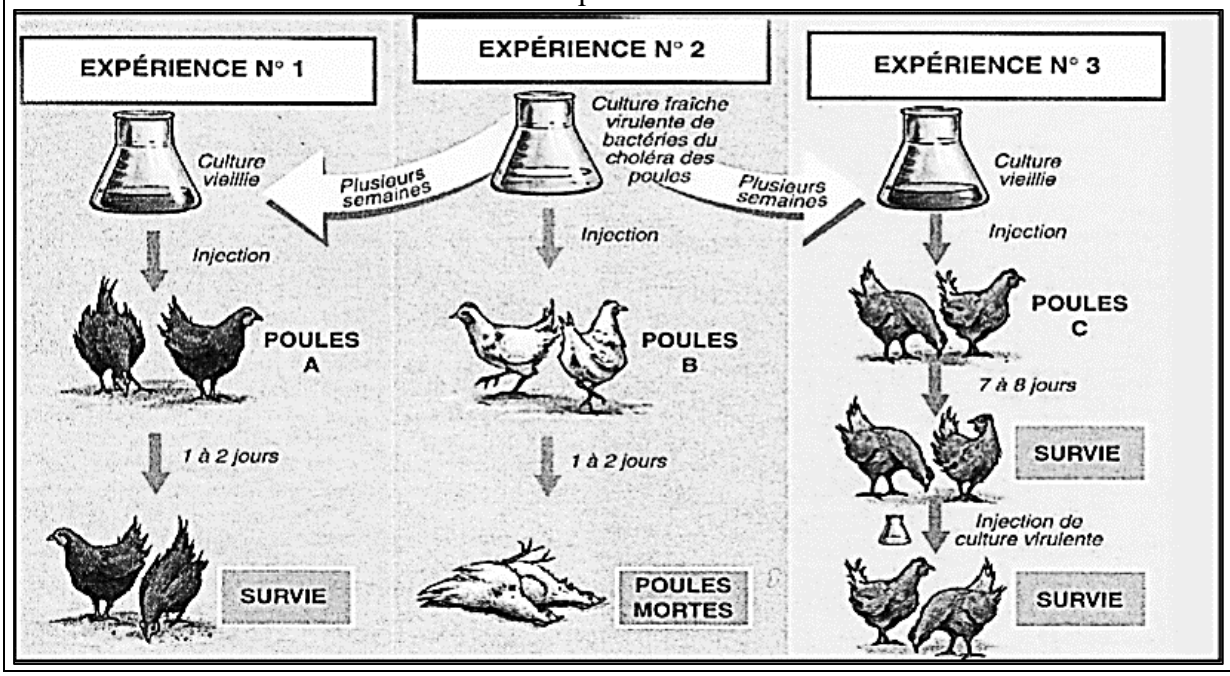
Document 1A : Tavaux de Jenner.

En 1796, Edward Jenner, médecin anglais, fut le pionnier en termes de vaccination.

Partant du constat que les agriculteurs ayant contracté la vaccine (variole de la vache) ne développaient jamais la variole, il inocula à un enfant le liquide d'une pustule de vaccine de vache infectée puis trois mois plus tard du pus varioleux. Ces pratiques protégèrent l'enfant de la maladie. Le terme vaccination, dérivé du mot vaccine, fut adopté.

Document 1B : Travaux de pasteur :

En 1879, Pasteur étudie une maladie mortelle des poules : le choléra. Cette maladie est due à une bactérie. Au cours de ses expériences, il parvient à atténuer la virulence de cette bactérie et à l'utiliser comme vaccin en l'inoculant à des poules saines.



Document 1C : Les différents types de vaccin.

Vaccins entiers	Bactériens	Vivants (atténués)	BCG
		Tués (inactivés)	Coqueluche (vaccin à germes entiers)
	Viraux	Vivants (atténués)	Rougeole, Oreillons, Rubéole, Fièvre jaune
		Tués (inactivés)	Polio injectable, Grippe, Hépatite A, Rage
Vaccins sous-unités	Anatoxines		Diphtérique, Tétanique
	Polysaccharides capsulaires		Haemophilus influenzae b, Pneumocoque, Méningocoque, Typhoïde,
	Recombinants		Hépatite B
	Antigènes divers		Coqueluche (vaccin acellulaire)

Consigne : à partir de l'exploitation du document 1 :

1. Explique le but de la vaccination.
2. Cite et caractérise les différents types de vaccins.

Synthèse partielle 1 :

1) Comparaison : l'asepsie empêche la contamination et l'antisepsie élimine les microbes présents sur le corps.

2) C'est l'antisepsie qui est utilisée pour soigner les plaies.

Synthèse partielle 2A

1) Analyse :

Travaux de Jenner : La contraction de la vaccine permet l'immunisation contre la variole.

Travaux de Pasteur :

Expérience 1 : Les poules A survivent à la suite de l'injection de la culture de bactéries vieillie : cette culture de bactéries est devenu atténuée (non virulente).

Expérience 2 : Les poules B meurent à la suite de l'injection de culture de bactéries récente : ces bactéries sont virulente (mortelles).

Expérience 3 : Les poules C survivent à la suite de l'injection des bactéries virulentes : les poules ont été immunisées contre le choléra par la culture vieillie.

Conclusion : La culture vieillie de bactérie du choléra atténuée (non virulente) représente un vaccin contre le choléra.

Le but de la vaccination est de stimuler le premier contact avec l'antigène (sans infection) en vue de mettre en place une immunisation durable contre la forme pathogène.

2) Les différents types de vaccin :

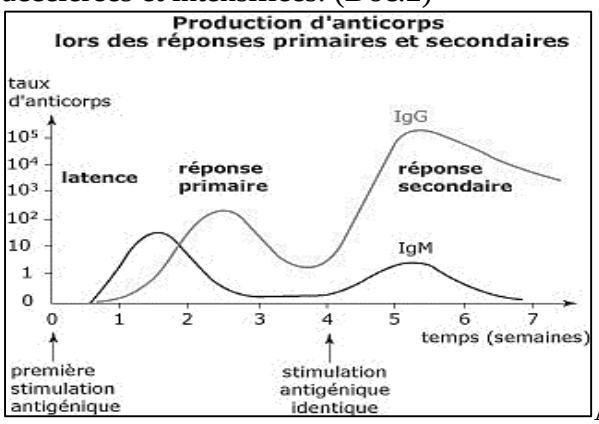
Vaccins atténués : contient le microorganisme vivant, mais ayant perdu sa capacité pathogène. Exemple : le BCG, rougeole, fièvre jaune…

Les vaccins inactivés : contient le microorganisme tué. Ex : coqueluche, hépatite A, rage...

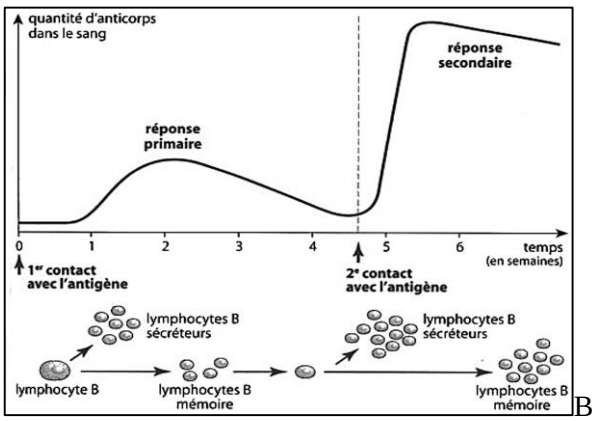
Les vaccins synthétiques : vaccins à base d'anatoxine (Ex : diphtérique, tétanique…), vaccins recombinants (hépatite B), vaccins à bases d'antigènes (pneumocoques, méningocoque…).

B. Principe de la vaccination.

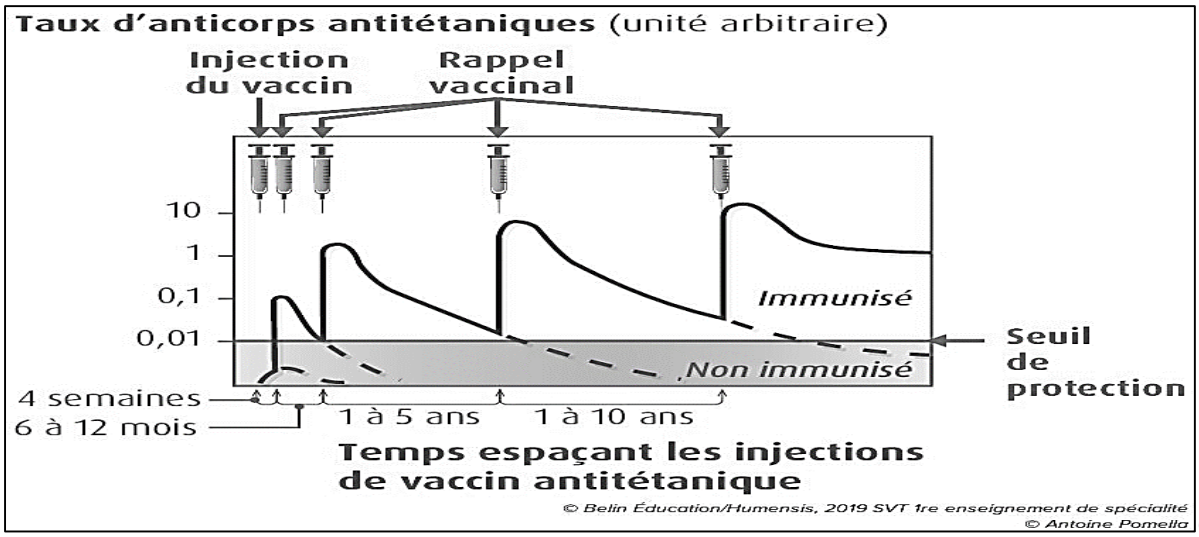
Lors de la première exposition à un antigène vaccinal, la réponse immunitaire est lente, peu spécifique, s'exprimant initialement par la production d'IgM. Lors de nouveaux contacts avec l'antigène, comme dans le cadre des rappels vaccinaux, le délai de réponse se raccourcit et les anticorps atteignent des titres beaucoup plus élevés. Il s'agit alors essentiellement d'anticorps IgG dont la spécificité est beaucoup plus grande. Parallèlement, les réactions cellulaires sont accélérées et intensifiées. (Doc.2)



A



B



C

Document 2

Consigne : à partir de l'exploitation du document 2 :

Explique le principe de la vaccination à partir de l'analyse de document 2.

Synthèse partielle 2B :

Analyse :

Schéma A : à la suite d'infections répétées par un même agent pathogène, la réponse primaire est plus lente et moins efficace tandis que la réponse secondaire est plus rapide et plus efficace.

Schéma B : le premier contact antigénique permet la mise en place d'une mémoire immunitaire qui réagit de façon rapide et efficace lors d'infections répétées.

Schéma C : le premier vaccin met en place une immunité adaptative moins efficace. Les rappels vaccinaux permettent d'amplifier cette immunité et assurer l'immunisation de l'organisme.

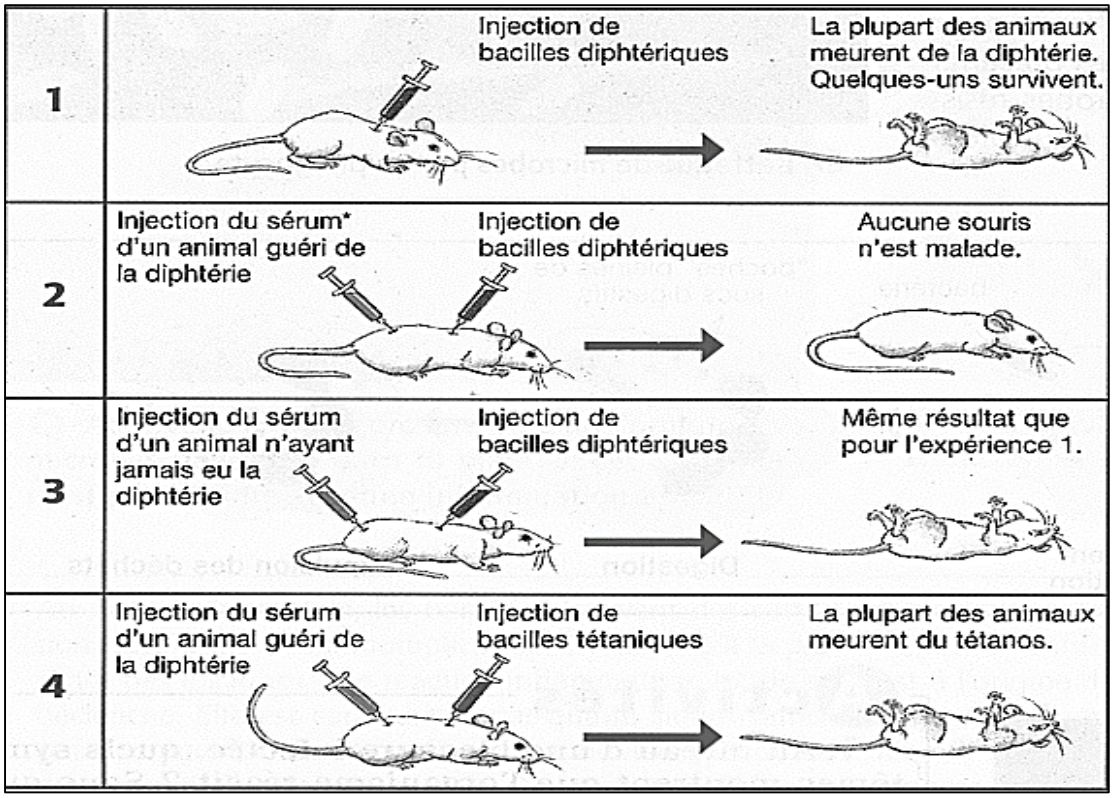
Conclusion : Le principe de base de la vaccination est de stimuler la première réaction (sans infection) en vue d'activer la mémoire immunitaire (qui réalise une réponse efficace lors d'infections répétées). C'est une immunisation active.

Activité 3 : La sérothérapie.

A) Principe

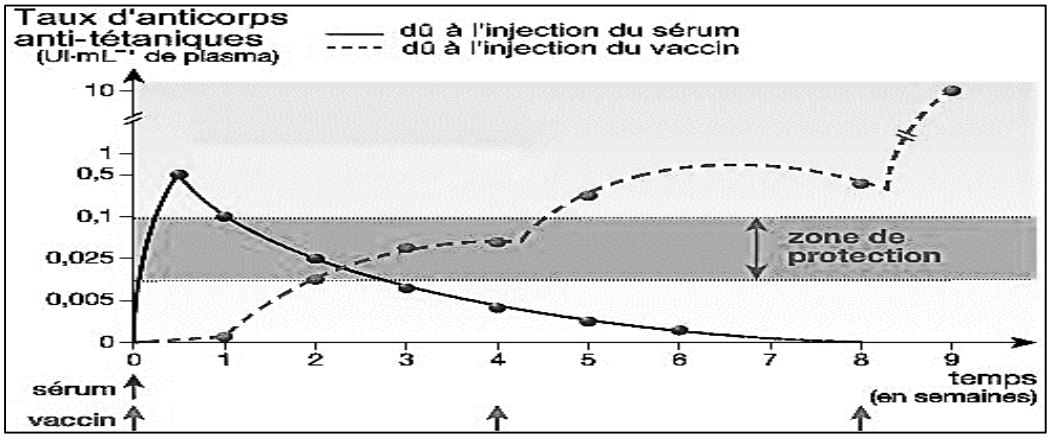
L'immunisation passive ou sérothérapie est l'administration d'anticorps préformés (en général Ig G) par voie intraveineuse ou voie intramusculaire. Ces anticorps peuvent provenir d'individus ayant une en anticorps élevée contre des agents pathogènes particuliers et ils sont utilisés pour apporter une protection rapide dans certaines maladies telles que la diphtérie ou le tétanos ou dans le cas d'une exposition accidentelle à certains agents pathogènes comme le virus de l'hépatite B.

On réalise des expériences sur quatre lots de souris comme le montre le document 3A



Doc.3A

B) La sérovaccination est l'association de la sérothérapie et de la vaccination. (Document 3B)



Document 3B

Consigne : à partir de l'exploitation du document 3 :

1. Explique le principe de base de la sérothérapie ?
2. Compare la vaccination et la sérothérapie.
3. Pourquoi dans le cas de la sérovaccination on associe sérothérapie et vaccination ?

Synthèse partielle 3 :

1) Le principe de base de la sérothérapie :

Analyse :

Expérience 1 : sans traitement préalable, l'injection de bacille diphtérique provoque la mort des souris : elles ne sont pas immunisées contre la diphtérie.

Expérience 2 : suite à l'injection de sérum d'animal guérie de la diphtérie, les souris résistent aux bacilles diphtériques : le sérum d'un animal guéri de la diphtérie permet l'immunisation contre la diphtérie.

Expérience 3 : suite à l'injection du sérum d'un animal non immunisé, les souris ne sont pas immunisées contre la diphtérie : le sérum d'un animal non immunisé ne permet pas l'immunisation contre la diphtérie.

Expérience 4 : malgré l'injection de sérum d'animal immunisé contre la diphtérie, les souris ne sont pas immunisées contre le tétanos : l'immunisation par le sérum est spécifique.

Conclusion : la sérothérapie est un transfert d'immunité d'un individu immunisé vers un individu infecté (ou sain) grâce aux anticorps circulants dans le sérum.

C'est une immunisation passive car elle n'active pas le système immunitaire de l'individu.

2) Comparaison :

	Vaccination	**Sérothérapie**
Nature	Microbe ou toxine atténué	Anticorps
Principe	Immunisation active	Immunisation passive
Action	Provoquer une réponse secondaire efficace.	Neutraliser l'antigène.
Utilisation	Préventive	Curative
Efficacité	Forte	Relativement faible
Délais d'action	Lente	Immédiate
Durabilité	Durable	Non durable

3) La sérovaccination :

Analyse : l'immunisation par le sérum est immédiate et non durable.

Quant à la vaccination, l'immunisation est lente mais durable et plus efficace.

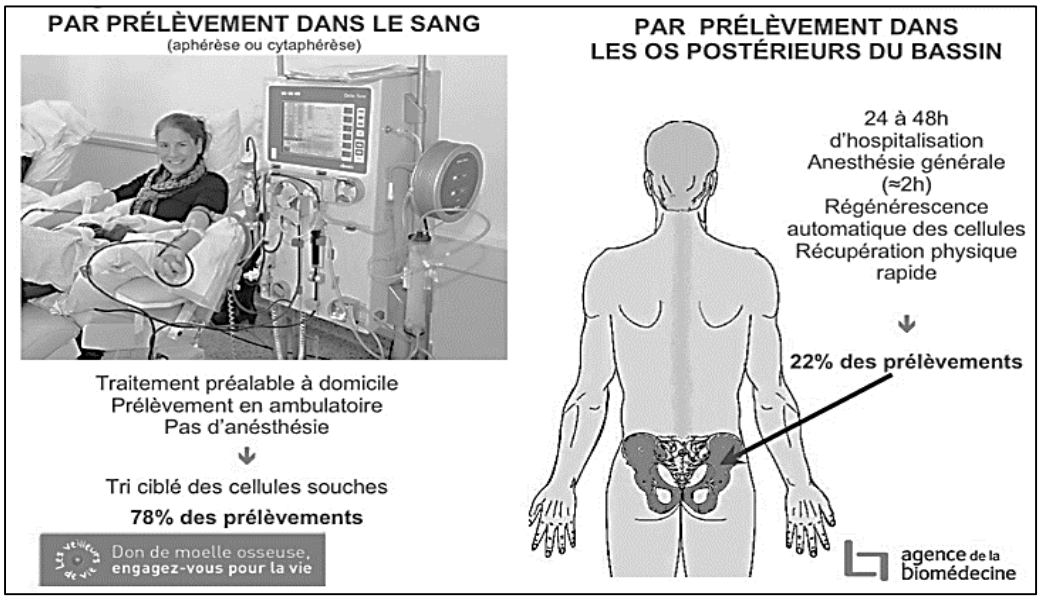
Conclusion : on associe sérothérapie et vaccination car le sérum installe une immunisation immédiate, de courte durée, relayée par une immunisation durable provoquée par la vaccination.

Activité 4 : D'autres techniques.

A) La greffe de moelle osseuse.

La transplantation de moelle osseuse est une greffe consistant à transférer la moelle osseuse d'un individu à un autre souffrant d'une pathologie de sa moelle. Elle est parfois la seule voie de guérison. Si le traitement par une transplantation de moelle osseuse est choisi, il faut trouver un donneur compatible avec le malade.

Comme pour toutes les allogreffes, la compatibilité entre le donneur et le receveur est un problème important à résoudre : afin d'augmenter au maximum les chances de succès de la greffe. (fig.3)



Document 4.

B) La radiothérapie.

C'est un traitement locorégional des cancers. Elle consiste à utiliser des rayonnements pour détruire les cellules cancéreuses en bloquant leur capacité à se multiplier. L'irradiation a pour but de détruire les cellules cancéreuses tout en préservant le mieux possible les tissus sains et les organes avoisinants.

C) La chimiothérapie.

La chimiothérapie désigne l'utilisation d'agents chimiques (toxiques) pour traiter des maladies cancéreuses. C'est un traitement toxique pour les cellules tumorales mais aussi pour les cellules saines avoisinantes, ce qui peut engendrer des effets secondaires (nausées, vomissements, diarrhées, etc.).

L'antibiothérapie est un traitement par antibiotiques. Les antibiotiques sont des substances chimiques élaborées par des microorganismes capables d'inhiber la multiplication (action bactériostatique) ou de tuer (action bactéricide) d'autres microorganismes.

Consigne :

1. Pourquoi prescrit-on aux « enfants bulles » un traitement de greffe de moelle osseuse ?

2. Précise les avantages et les inconvénients de la radiothérapie et l'antibiothérapie.

Synthèse partielle 4 :

1) On prescrit un traitement de greffe de moelle osseuse aux « enfants bulles » parce que ces enfants n'ont pas de système immunitaire.
2) La radiothérapie et l'antibiothérapie.

	Radiothérapie	Antibiothérapie
Avantages	Contrecarrer l'immunodéficience	Eliminer spécifiquement les bactéries pathogènes.
Inconvénients	Sans beaucoup de précautions elle détruit les cellules et tissus avoisinants.	Action spécifique

Synthèse générale.

1. La vaccination.

La première rencontre du système immunitaire avec un agent pathogène déclenche une réponse immunitaire dite « primaire » qui consiste en la mise en place de cellules effectrices (plasmocytes sécréteurs d'anticorps, lymphocytes T auxiliaires, lymphocytes T cytotoxiques) spécifiques de cet agent. Lors d'un contact ultérieur avec le même agent infectieux, la réponse immunitaire dite « secondaire » est plus rapide et quantitativement plus importante. En effet, la réaction immunitaire primaire s'accompagne de la formation de cellules immunitaires mémoires à longue durée de vie : il s'agit des lymphocytes T et B mémoires et des plasmocytes mémoires. Les études ont montré que certaines cellules immunitaires, dont certains lymphocytes B et T, peuvent vivre très longtemps, au moins une dizaine d'années, dans l'organisme. Ainsi, lors d'un contact ultérieur avec l'agent infectieux, les LT et LB mémoires réagissent beaucoup plus vite à l'agent infectieux en proliférant et en se différenciant beaucoup plus rapidement que les LT et LB naïfs, qui n'ont jamais été activés par l'agent infectieux. L'existence de cette réaction secondaire intense et rapide nécessite que les LT et LB mémoires réagissent à des antigènes proches de ceux les ayant activés la première fois.

Le principe du vaccin utilise cette mémoire immunitaire : le patient est exposé à un pathogène modifié et non dangereux (pathogène tué, inactivé ou morceau de pathogène) mais immunogène, c'est-à-dire entraînant une réaction immunitaire suffisante pour former des LB et des LT mémoires.

Il est souvent nécessaire d'effectuer des rappels de vaccination pour entretenir cette mémoire immunitaire. Ainsi, par la vaccination, le patient qui n'a pas développé la maladie causée par l'agent infectieux possède un phénotype immunitaire qui lui permet lors d'un contact ultérieur avec l'agent infectieux de déclencher une réponse immunitaire secondaire, suffisamment rapide et intense, pour lui éviter de tomber malade.

2. La sérothérapie.

La sérothérapie est une technique de transfert passif de l'immunité humorale, visant à conférer une protection immédiate, mais transitoire, en attente de la mise en place d'une immunité acquise d'origine vaccinale. Les préparations utilisées pour la sérothérapie sont enrichies en anticorps dirigés contre un agent pathogène particulier. Elles sont obtenues à partir de sérum provenant d'animaux ou d'individus hyperimmunisés contre le pathogène en question (inoculation de préparation bactérienne ou de toxines inactivées). Ces préparations diffèrent donc des Ig polyvalentes préparées à partir de plasma humain provenant de donneurs non hyperimmunisés. Dans les deux cas, ces préparations sont dites poly clonales car elles sont constituées d'un mélange d'anticorps différents.

La sérothérapie par anticorps d'origine animale peut de manière exceptionnelle provoquer des accidents de type anaphylactique. L'utilisation d'anticorps purifiés (et non de sérum) a permis d'améliorer la tolérance à ces préparations. Les immunoglobulines équines anti-venin de vipère sont ainsi toujours utilisées.

L'utilisation d'immunoglobulines spécifiques purifiées d'origine humaine a réduit considérablement la fréquence des accidents allergiques provoqués par les immunoglobulines d'origine animale. On dispose ainsi d'immunoglobulines spécifiques humaines anti-VHB, anti rage et anti-tétanos pour ces dernières). Les immunoglobulines spécifiques sont généralement administrées par voie intramusculaire.

3. Greffe de la moelle osseuse :

Cette technique est basée sur la transplantation des cellules de la moelle osseuse du donneur sain à une personne immunodéficiente parce sa production de cellule immunitaire est très insuffisante. Cette greffe est une reconstitution immunologique. Il est important que le receveur et le donneur appartienne au même groupe tissulaire pour éviter le rejet du greffon. Cette greffe se fait généralement entre frère et sœur histocompatible (même CMH). La greffe de la moelle osseuse est recommandée chez les malades atteints de leucémie.

Concept général 5 : Relations de l'organisme avec le milieu extérieur
Sous-concept 1 : Le fonctionnement des neurones

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'un nerf ?

Comment est organiser un nerf et comment fonctionne-t-il ?

Situation problème :

Le système nerveux est organisé en système nerveux central ou névraxe (l'encéphale et la moelle épinière) et le système nerveux périphérique (les nerfs).

Le névraxe reçoit un message afférent, traite l'information et envoie un message efférent par les nerfs.

Quelle est la nature du message nerveux ?

Comment est-il conduit ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Nerf et neurone

Les schémas A et B de la figure 1 représente la structure d'un nerf et d'une cellule nerveuse (neurone).

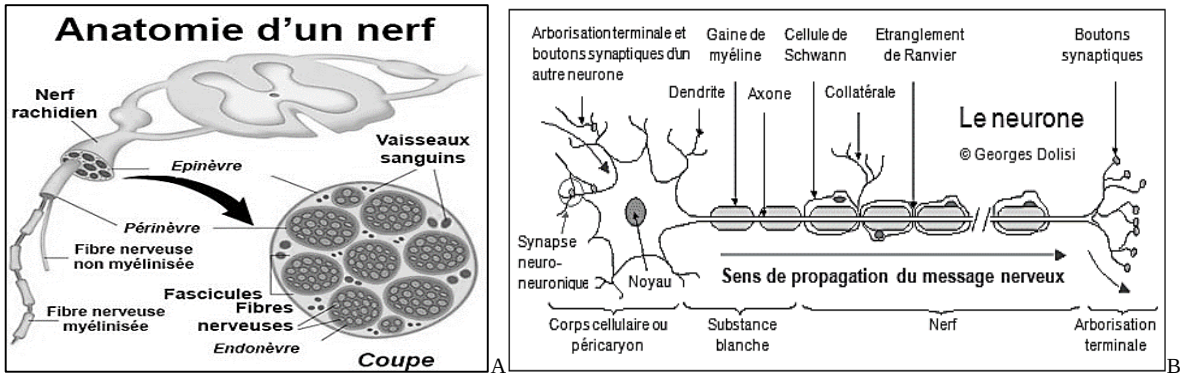


Figure 1

Consigne :

1. Quelles sont les différentes parties d'un neurone ?
2. Décris un nerf.

Synthèse partielle 1 :

1) Les parties d'un neurone :

Corps cellulaire : traitement de l'information.

Axone : conduction de l'information.

Arborisation terminale : transmission de l'information

2) Description du nerf :

Un nerf est composé de plusieurs faisceaux de fibres et des vaisseaux sanguins, protégé par une membrane appelée épinèvre.

Chaque faisceau constitué de plusieurs fibres nerveuses est protégé par le périnèvre. Les fibres nerveuses qui correspondent à des axones ou des dendrites sont protégées par l'endonèvre.

Activité 2 : Le potentiel de repos.

A) Mise en évidence

Expérience 1 : on utilise pour ce dispositif une fibre nerveuse de calmar (axone) dont le diamètre permet de placer les électrodes réceptrices de part et d'autre de la membrane plasmique de la fibre nerveuse et sa robustesse la rend apte à l'étude in vitro. En l'absence de stimulation, il existe une différence de potentiel ou **ddp** entre les deux faces de la membrane plasmique. La face interne est négative par rapport à la face externe. Cette tension électrique est appelée potentiel membranaire ou potentiel de repos.

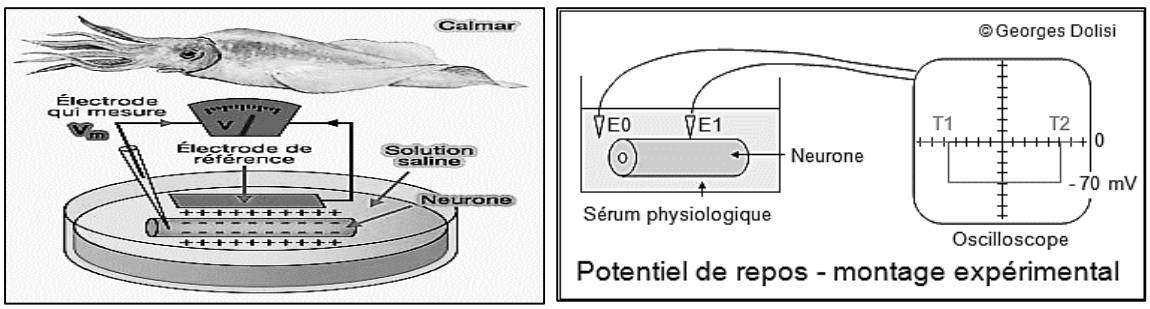


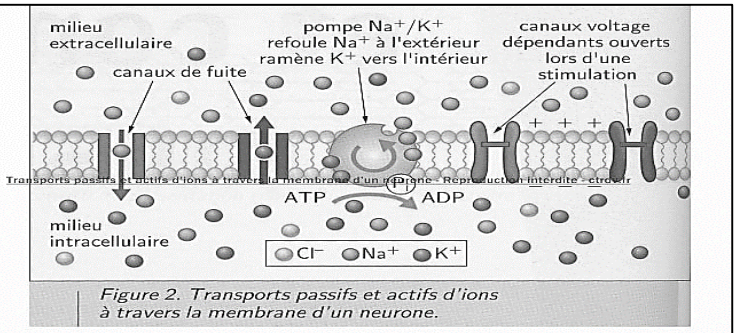
Fig. 2

Consigne :

1) Détermine la différence de charge entre l'intérieur et l'extérieur de la fibre nerveuse au repos.
2) Quelle serait la valeur de la ddp si l'intérieur et l'extérieur de la fibre avaient la même charge ?

B) Origine du potentiel de repos.

Comme toutes les cellules de l'organisme, le neurone possède une composition chimique intracellulaire différente de celle du milieu extracellulaire. Cette répartition inégale des ions s'explique par le fonctionnement des canaux protéiques membranaires (canaux à Na^+ ; K^+ et pompe à NA^+/K^+).



Transports passifs et actifs d'ions à travers la membrane d'un neurone

ions	Concentration en ions (millimoles par litre)	
	LEC	LIC
[Na+]	150	15
[K+]	5	150
[Cl-]	120	10
[A-]	02	100
(A - : gros anions)		

Figure 3

Consigne :

1) Détermine pour chaque ion, le milieu où il est concentré.
2) Explique cette différence de concentration à travers la membrane plasmique du neurone.

Synthèse partielle 2 :

A) Mise en évidence.

1) La différence de charge :

L'intérieur de la fibre est chargé négativement et l'extérieur est chargé positivement.

2) La ddp serait nul si les deux milieux avaient la même charge.

B) Origine du potentiel de repos.

1) Milieux de concentration des ions :

Le Na^+ et le Cl^- sont plus concentrés dans le milieu extracellulaire.

Le K^+ et les gros anions sont plus concentrés dans le milieu intracellulaire.

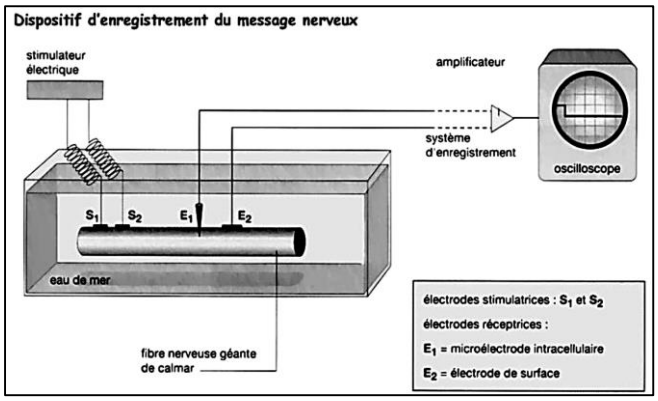
2) Origine : La membrane est plus perméable au K+ qu'au Na+.

La pompe membranaire fait sortir plus de Na+ et fait entrer peu de K+.

Activité 3 : Le potentiel d'action (PA)

A) Origine du potentiel d'action

Le document ci-dessous représente le dispositif d'enregistrement du PA et son résultat.



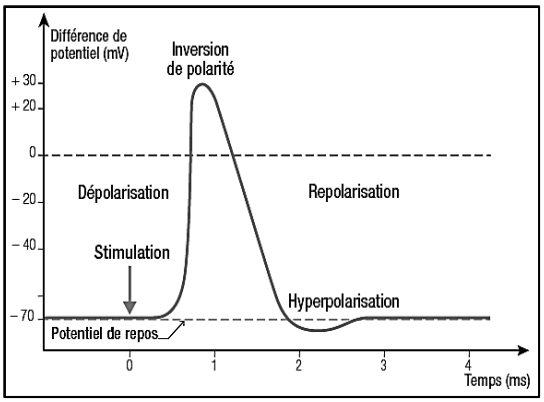


Figure 4

Consigne :

1) Quel constat fais-tu entre ce dispositif et celui du potentiel de repos ?
2) Quels sont les différentes phases de la courbe représentant le PA ?
3) Que deviennent les charges électriques en un point donné du PA ?

B) Mécanismes ioniques à l'origine du PA

Le message nerveux se propage sous forme de potentiel d'action. En effet une stimulation efficace au niveau de la membrane entraine l'ouverture des canaux Na+ voltages dépendants. L'entrée massive des ions Na+ provoque une dépolarisation. La figure 5 représente les mécanismes ioniques à l'origine du PA.

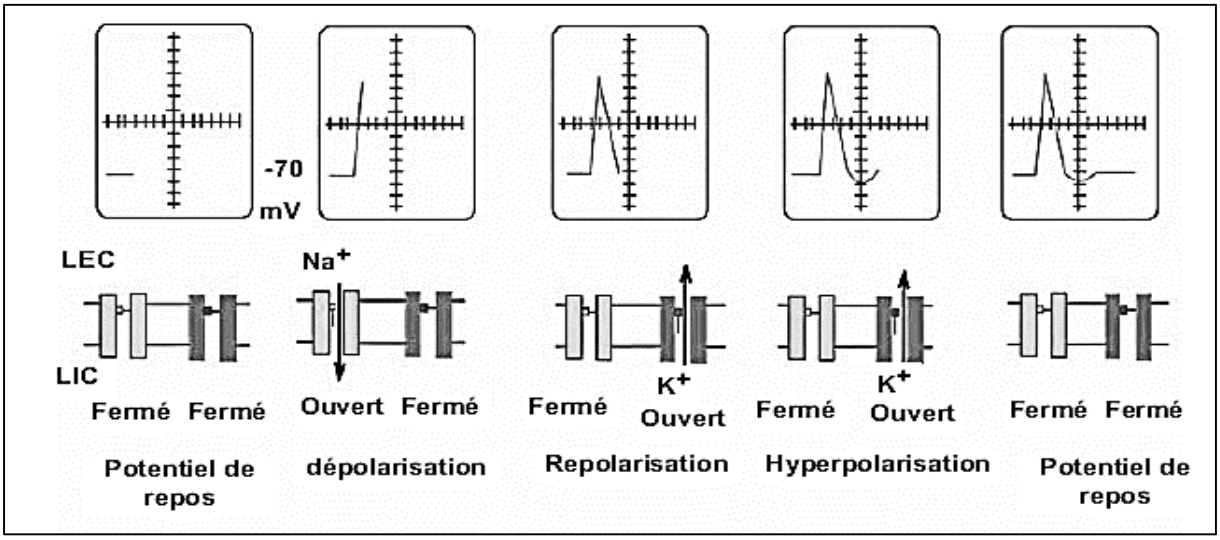


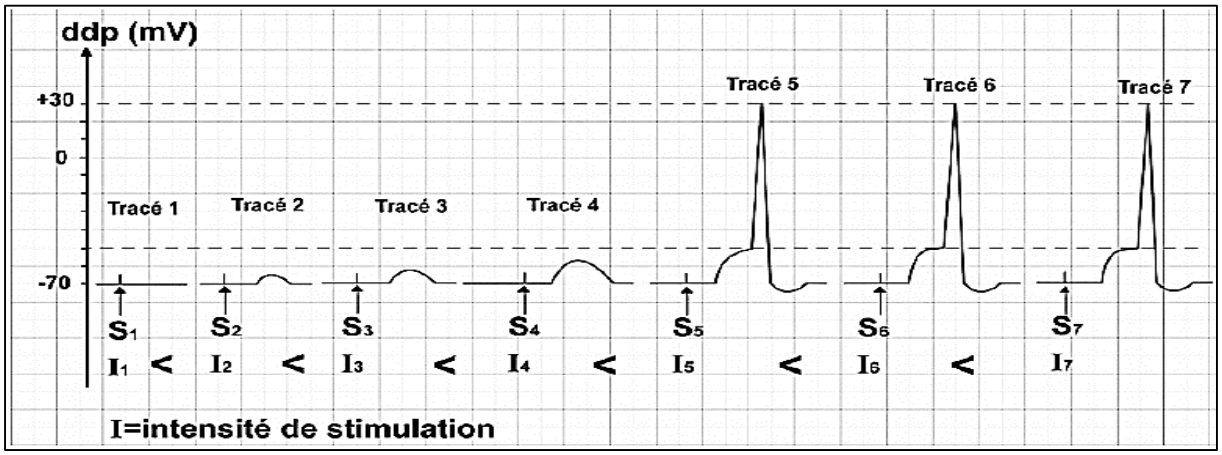
Figure 5

Consigne :

1) Comment fonctionne les pompes ioniques NA+/K+ d'une fibre au repos et pendant la génération d'un potentiel d'action.
2) Explique les mouvements d'ions pendant les différentes phases du PA.

C) Les conditions de la genèse d'un potentiel d'action

Le document 6 traduit la réponse d'une fibre nerveuse à des stimulations isolées d'intensités croissantes.



Doc.6

Le potentiel électrique (PE) est une légère dépolarisation de la fibre en réponse à la stimulation électrique. Ce potentiel est proportionnel à l'intensité du stimulus.

Consigne : à partir de l'analyse du document 6 :

1) Explique la génération d'un potentiel d'action.
2) Identifie la stimulation minimale capable d'engendrer un PA et nommez-le.
3) Quelle loi concernant la propagation du PA se dégage de l'étude de ce graphe ? Explique.

Synthèse partielle 3 :

A) Origine du potentiel d'action.

1) Dans ce dispositif, il y a un stimulateur.
2) Les différentes phases du PA : la dépolarisation, la repolarisation et l'hyperpolarisation.
3) En un point du PA, l'intérieur se charge positivement et l'extérieur se charge négativement.

B) Mécanismes ioniques à l'origine du PA.

1) Fonctionnement de la pompe NA^+/K^+ :

Au repos, la pompe fait entrer le K+ et fait sortir le Na+ (avec consommation d'ATP).
Pendant la génération d'un PA, la pompe se ferme.

2) Les mouvements d'ions :

Repos : Pompe ouverte, canaux de fuites ouverts, canaux voltages dépendants fermés.

Dépolarisation : Pompe et canaux K+ voltages dépendants fermés, canaux Na+ voltage dépendants ouverts (entrée massive de Na+).

Repolarisation : Pompe et canaux Na+ voltages dépendants fermés, canaux K+ voltage dépendants ouverts (sortie massive de K+).

Hyperpolarisation : Pompe et canaux Na+ voltages dépendants fermés, canaux K+ voltage dépendants ouverts (sortie de K+).

C) Les conditions de la genèse d'un potentiel d'action.

1) Génération du PA :

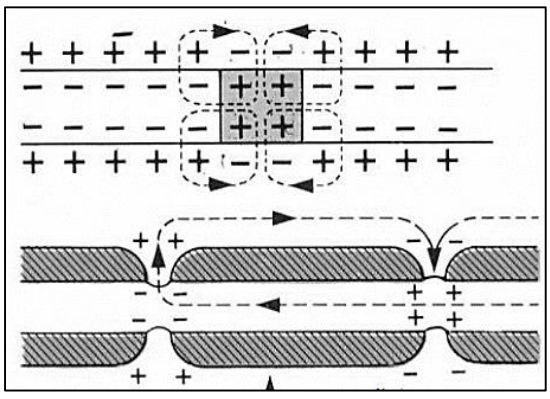
Si l'intensité du stimulus est faible (< au seuil d'excitabilité), il y a génération d'un PE qui s'amortie.
Si l'intensité du stimulus est élevée (> au seuil), il y a génération d'un PA d'amplitude maximale.

2) C'est la stimulation S5. C'est une stimulation efficace.

3) C'est la loi du « tout ou rien » : pour une stimulation d'intensité <au seuil, il n'y a pas génération de PA ; une fois le seuil atteint, il y a génération d'un PA d'amplitude maximale.

Activité 4 : La propagation du message nerveux sur une fibre isolée.

La vitesse de propagation du PA est variable d'une fibre nerveuse à une autre en fonction du diamètre ou selon que la fibre soit myélinisée ou non. (Voir Doc 7).



nature des fibres	exemples	diamètre (en microns)	vitesse (en m/s)
fibres nerveuses myélinisées (diamètre = axone ou dendrite+gaine)	-fibres des fuseaux neuromusculaires	13	75
	-fibres des mécano-récepteurs cutanés	9	55
	-fibres de récepteurs profonds à la pression dans les muscles.	3	11
fibres nerveuses amyélinisées (diamètre = axone ou dendrite)	-fibres de récepteurs de la douleur	0,5	1
	-fibre géante de calmar	700	25

Doc.7

Consigne

1) Décris la propagation du PA le long des types de fibres nerveuses.
2) Comment varie la vitesse de propagation du PA en fonction du diamètre de la fibre.

Synthèse partielle 4 :

1) Description :

Fibre myélinisée : propagation saltatoire (de nœud de Ranvier en nœud de Ranvier), plus rapide.

Fibre non myélinisée : propagation continue (de proche en proche), plus lente.

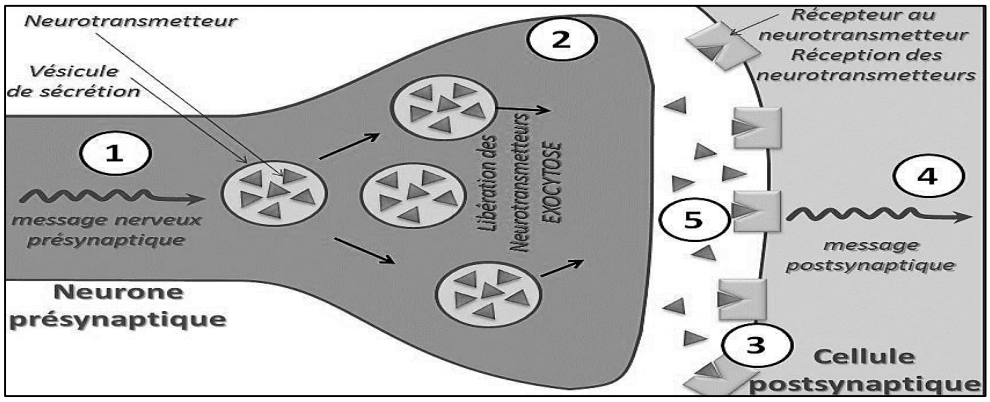
2) Variation de la vitesse de propagation : Elle augmente progressivement avec le diamètre de la fibre.

Activité 5 : Le fonctionnement des synapses.

A) Organisation de la synapse.

Une synapse est le point de jonction entre deux neurones (synapse neuro-neuronique) ou entre un neurone et une fibre musculaire (synapse neuromusculaire).

Le document 8 représente l'organisation de base d'une synapse entre deux neurones.



Doc.8

Consigne :

1) Identifie les différents éléments d'une synapse à partir de l'analyse du document 8.
2) Quelle est la conséquence de l'arrivée du PA sur le neurone post-synaptique ?

Synthèse partielle 5A :

1) Les parties d'une synapse :

Le neurone pré-synaptique : contient des vésicules à neurotransmetteurs.

La fente (ou espace) synaptique : espace entre les deux neurones.

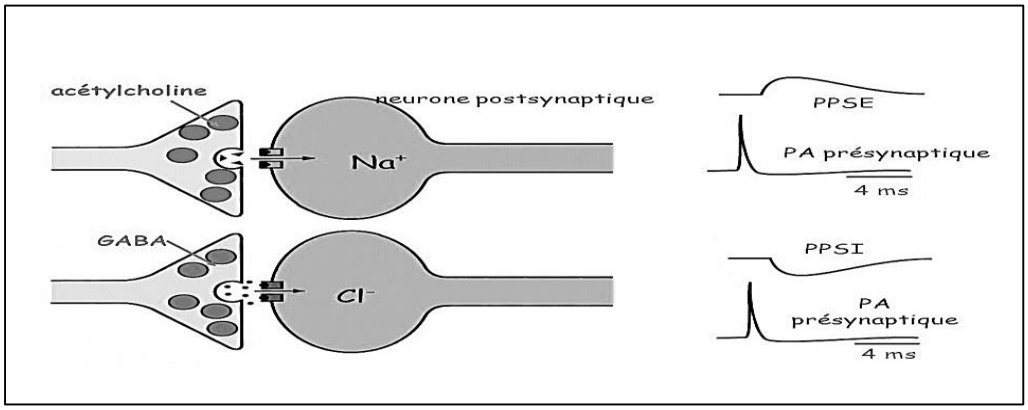
La cellule post synaptique : possède des récepteurs aux neurotransmetteurs.

2) L'arrivée d'un PA déclenche l'exocytose (libération) des neurotransmetteurs dans la fente synaptique.

B) Réaction du neurone post-synaptique

Selon le type de synapse, la combinaison entre le neurotransmetteur et le récepteur se traduit par une dépolarisation ou une hyperpolarisation de la membrane post-synaptique (PPS).

Lorsque cette combinaison entraine une dépolarisation, on parle de potentiel post-synaptique excitateur (PPSE) : la synapse est dite excitatrice. Lorsqu'elle entraine une hyperpolarisation, on parle de potentiel post-synaptique inhibiteur (PPSI) : la synapse est dite inhibitrice.



Doc.9

Consigne :

1) Explique comment la fixation du neurotransmetteur déclenche un PPSE ou un PPSI.
2) Identifie les types de synapse.

Synthèse partielle 5B :

1) **Déclanchement d'un PPS :** la fixation du neurotransmetteur déclenche un potentiel post-synaptique.

Si elle provoque une entrée de Na+ ou de Ca++, il y a dépolarisation. On parle de PPS Excitateur.

Si elle provoque l'entrée de Cl- ou sortie de K+, il y a hyperpolarisation. On parle de PPS Inhibiteur.

2) **Il existe deux types de synapses :**

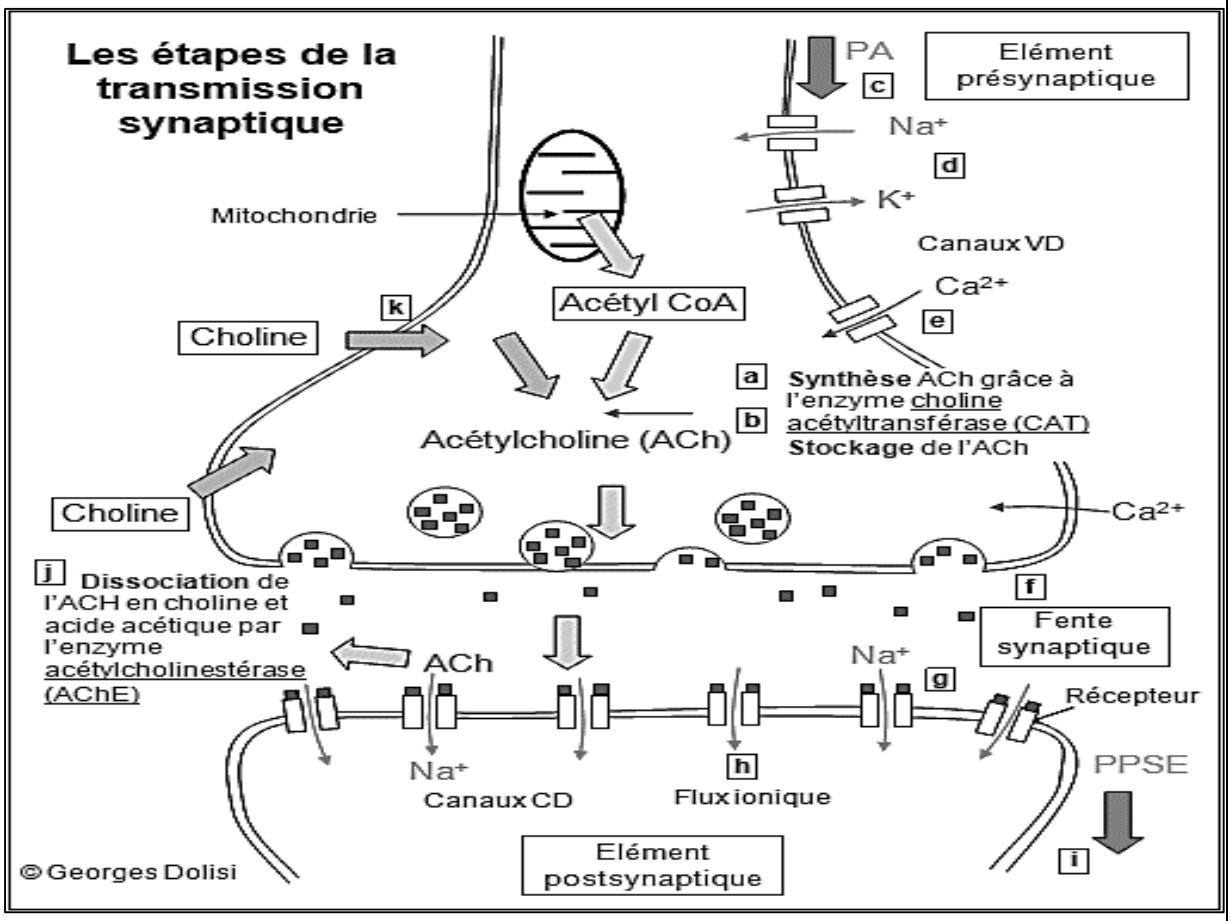
Synapses excitatrice : qui génère un PPSE.

Synapse inhibitrice : qui génère un PPSI.

C) L**a transmission synaptique.**

Au niveau d'une synapse, la transmission du message se fait uniquement dans un seul sens. L'arrivé du PA au niveau de la synapse entraine l'entrée d'ions Ca+ qui activent les vésicules à neurotransmetteurs.

Le contenu de ces dernières est déversé dans la fente synaptique. Le neurotransmetteur ainsi libéré se fixe sur les récepteurs et permet l'ouverture des canaux à Na+ ou Cl- chimio-dépendants et génère ainsi un PPS.



Doc.10

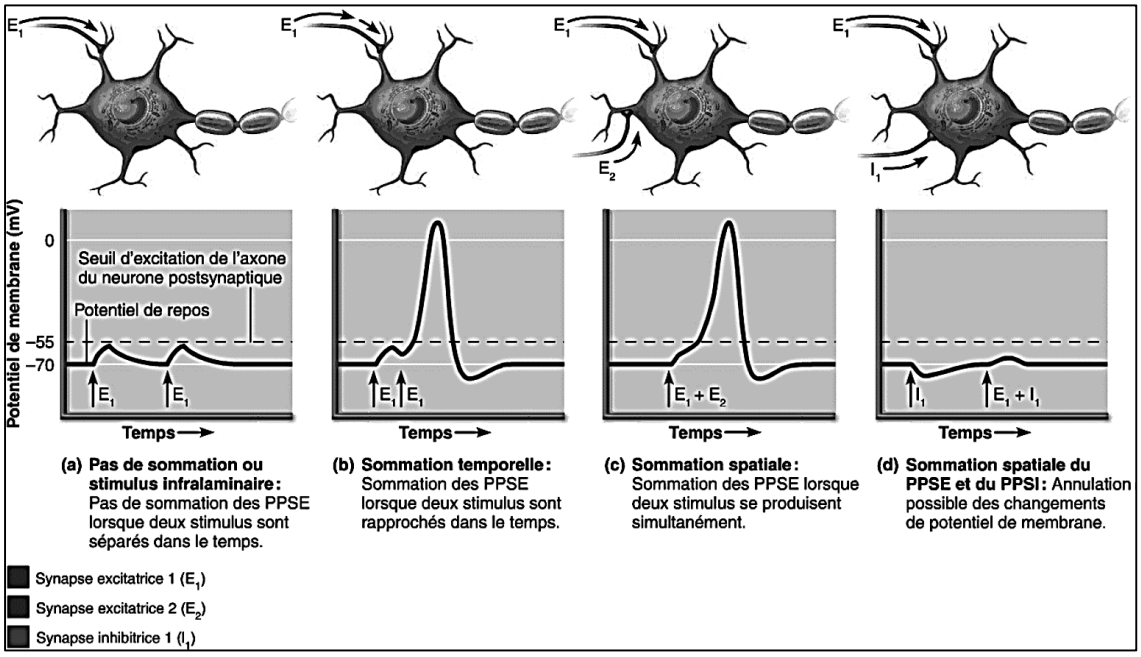
Consigne : à partir de l'exploitation du document 10

1) Décris les étapes de la transmission du message nerveux au niveau d'une synapse ?
2) Pourquoi la transmission synaptique n'est possible que dans un seul sens ?
3) En déduis la nature du message transmis au niveau d'une synapse ?

D) Conditions de la génération d'un PPSE.

L'arrivé d'un seul PA n'est pas nécessaire pour générer un PPSE.

Le document 11 représente les conditions de la génération d'un PPSE.



Doc.11

Consigne :

1) Analyse et interprète les résultats de ces expériences.
2) En déduis les conditions de la génération d'un PPSE.

Synthèse partielle 5C :

1) Les étapes de la transmission synaptique :

Arrivée du PA au niveau du bouton pré-synaptique.

Entrée d'ions Ca++.

Activation des vésicules à neurotransmetteurs (acétylcholine).

Exocytose : libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique.

Fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs du neurone post-synaptique.

Ouverture des canaux chimio-dépendants.

Génération d'un PPSE ou un PPSI selon le type de synapse.

La dissociation et la réabsorption du neurotransmetteur.

2) La transmission se fait dans un seul sens car le neurone post-synaptique n'a pas de vésicules à neurotransmetteurs et le neurone pré-synaptique n'a pas de récepteurs.
3) Au niveau de la synapse, le message est de nature chimique.

Synthèse partielle 5D :

1) Analyse et interprétation :

a- Les deux stimuli (inefficaces) sont éloignés dans le temps : pas de PA.

b- Les deux stimuli (inefficaces) sont plus proches : il y a genèse d'un PA. Le neurone post-synaptique a fait la sommation temporelle.

c- Le neurone post-synaptique a reçu simultanément deux stimuli d'origines différents : il y genèse de PA. Il a fait la sommation spatiale.

d- Le neurone post-synaptique a fait la sommation des PPS (PPSE et PPSI), qui est nulle. Pas de PA.

2) Les conditions de la génération d'un PPSE : L'arrivée d'un seul PA ne peut pas déclencher un PPSE.

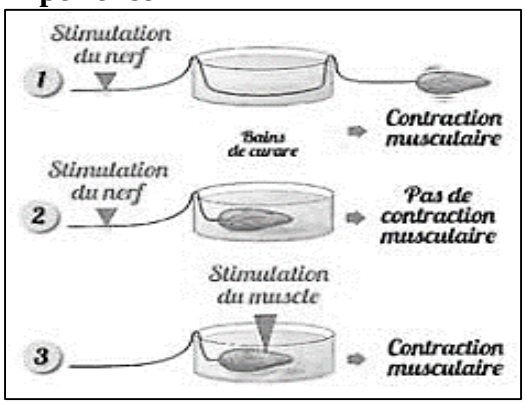
Le neurone post-synaptique fait la sommation des PPS. Si le seuil est atteint, il y a genèse d'un PA, si le seuil n'est pas atteint, il n'y a pas de PA.

Activité 6 : Actions de certaines substances sur la transmission du message nerveux.

A) Action du curare

À l'origine, le curare est un puissant poison extrait de certaines lianes, utilisé par les Indiens d'Amazonie pour chasser en induisant leurs pointes de flèches de cette substance pour paralyser leurs proies. Une fois injecté dans la circulation sanguine qui le disperse dans tout l'organisme, le curare est en effet capable de paralyser de nombreux muscles, dont les muscles respiratoires, entrainant la mort par asphyxie de l'animal ou de la personne empoisonnée en l'absence d'assistance de ventilation. Il supprime entre autres tous les réflexes myotatiques tels que le réflexe achilléen.

Expérience



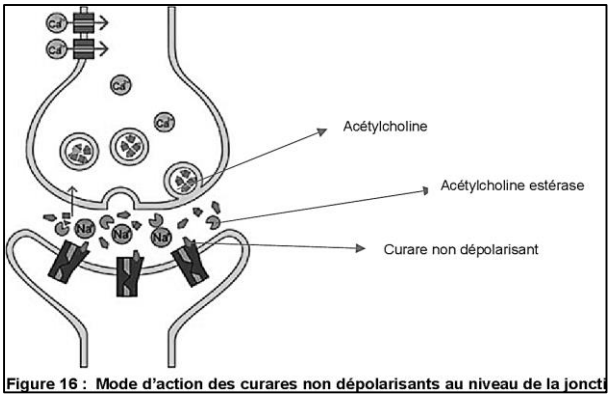


Figure 16 : Mode d'action des curares non dépolarisants au niveau de la jonct

Doc 12

Consigne :

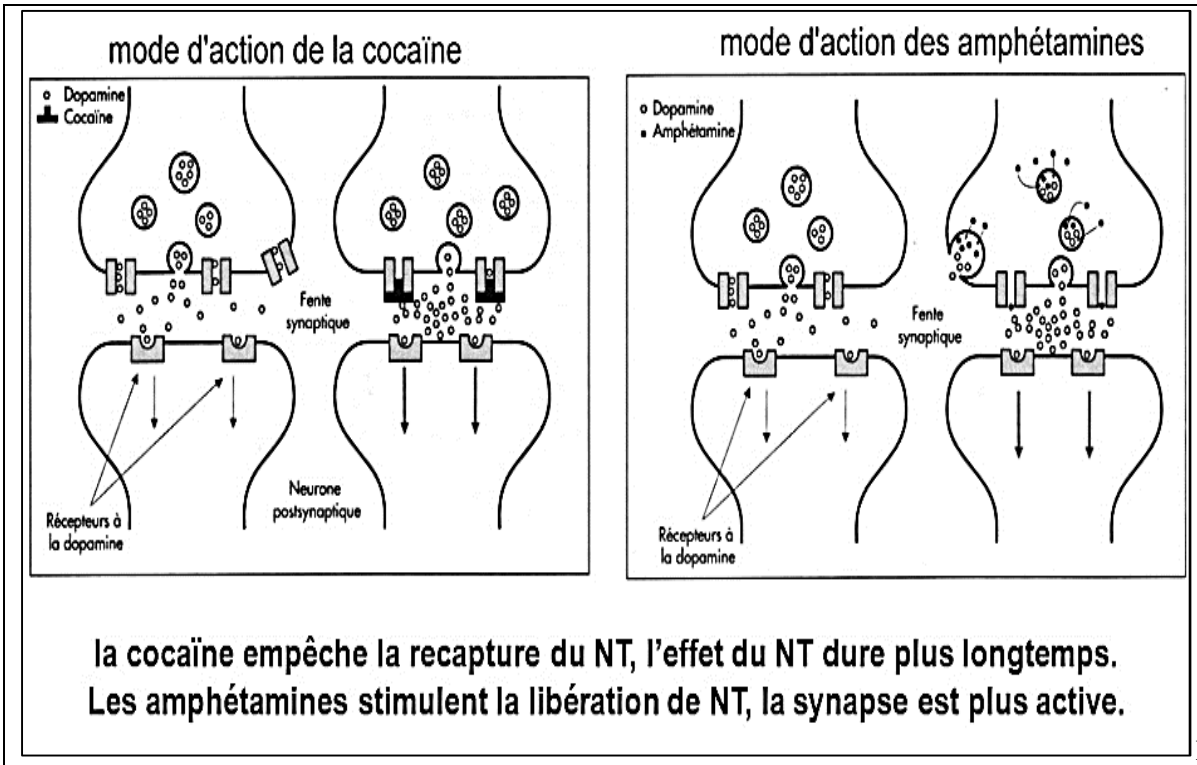
1) Analyse les résultats de l'expérience.
2) Explique l'action du curare.

B) Action des drogues

Les drogues sont des dérivés de produits d'origines végétales. Elles agissent de différentes manières sur le système nerveux, en particulier la transmission du message nerveux.

Groupe	Drogue	Effets recherchés (effets temporaires)	Effets sur la santé (effets durables)
Stupéfiants	▪ Opium (fumé) ▪ Héroïne	- Jouissance - somnolence puis retour au réel	Perte d'appétit Amaigrissement
Excitants majeurs	Cocaïne	- Excitation physique et intellectuelle intense - Euphorie suivie d'une dépression (tristesse – angoisse)	- Insomnie - Apathie intellectuelle
Excitants mineurs	▪ Tabac ▪ café	Stimulation intellectuelle et sensation de bien être	-Insuffisance respiratoire -Altération des vaisseaux -Cancer
Sédatifs	Somnifères (médicaments)	Endormissement	- Ralentissement intellectuel - Trouble de la mémoire
Solvants organiques	Alcool	- Ivresse - Euphorie	-cirrhose -complications rénales et hépatiques

A



B

Document 13

Consigne :

1) La morphine et l'opium sont des drogues opiacés utilisées en médecine. Dans quel cas ?
2) Comment les drogues agissent sur le système nerveux ?

Synthèse partielle 6 :

A) Action du curare.

1) Analyse :

1- Le muscle se contracte : le curare n'agit pas sur la fibre nerveuse.

2- Pas de contraction musculaire : le curare agit soit sur le muscle, soit sur la synapse.

3- Le muscle se contracte : le curare n'agit pas sur le muscle. Donc il agit sur la synapse.

2) Le curare se fixe sur les récepteurs à acétylcholine au niveau de la plaque motrice et empêche la transmission du message nerveux (l'acétylcholine ne peut pas se fixer).

B) Action des drogues :

1) La morphine et l'opium utilisés en médecine, pour calmer les douleurs (empêcher le passage des messages nociceptifs vers le cerveau).

2) Les drogues perturbent la transmission du message nerveux suivent plusieurs formes :

Stimulent une forte sécrétion de neurotransmetteur, empêchent la fixation, la dissociation ou la réabsorption du neurotransmetteur.

Donc elles peuvent stimuler ou inhiber la propagation du message nerveux.

Synthèse générale.

Chez les Métazoaires, la communication intercellulaire est un élément essentiel au maintien de l'intégrité de l'organisme. Trois grands systèmes ont évolué en ce sens : paracrine, endocrine et nerveux, ayant chacun leur spécificité. Communiquer entre deux éléments nécessite trois étapes fondamentales :

Coder l'information à partir d'éléments d'un code (ex : alphabet).

Transmettre l'information (ex : langage, téléphone, écriture, etc.).

Décoder et « interpréter » l'information (ex : réponse à une question, etc.).

Les systèmes de communication intercellulaire utilisés par les neurones permettent de « porter » l'information au plus près de la cellule cible. Par comparaison au système endocrine, il est ainsi plus économique en molécules médiatrices libérées. Cependant, comme tous les systèmes de communication, il est sensible aux perturbations éventuelles (drogues et transmission synaptique ; sclérose en plaque et conduction le long de l'axone, etc.).

1) Potentiel de repos d'un neurone :

Toutes les membranes biologiques « stockent » de l'énergie sous la forme d'une ddp transmembranaire (ou potentiel de repos). Certaines de ces membranes utilisent cette énergie potentielle pour créer des potentiels d'action, d'autres pour générer des transports moléculaires transmembranaires.

Au repos ou en l'absence de toute simulation, il existe une différence de potentiel de -70mV entre la surface membranaire externe électropositive et la surface interne électronégative. Cette différence de potentiel est liée à une perméabilité complexe des ions Na+ et K+ responsable de cette polarité membranaire.

En effet, les ions Na+ sont concentrés dans le milieu extracellulaire alors que les ions K+ sont plus concentrés dans le milieu intracellulaire. La loi de diffusion permet une entrée passive des ions Na+ et une sortie passive des ions K+ à travers les canaux ioniques de nature protéique. Spontanément ces différences de potentiel dans les deux milieux des ions Na+ et K+ devraient disparaître à cause de l'équilibre chimique qui consiste à avoir autant d'ions de même nature de part et d'autre de la membrane. Mais cet équilibre ne sera jamais atteint dans une cellule vivante et la polarité membranaire sera maintenue pour 2 raisons :

* La sortie passive des ions K+ est plus importante que l'entrée des ions Na+.
* Les pompes à Na+/K+ font entrer moins d'ions K+ et expulsent plus d'ions Na+. Ce transfert se fait suivant un transfert actif car elle exige pour cela de l'énergie sous forme de l'ATP.

En conclusion le potentiel de repos est lié à la polarité membranaire. Il n'est pas le propre des neurones, il est enregistré sur la membrane de toutes cellules vivantes.

2) Potentiel d'action :

Suite à un stimulus efficace d'une cellule nerveuse, le potentiel de repos de la fibre nerveuse est modifié. Cette modification se fait en quatre principales étapes ou phases :

Tout commence par l'artefact de stimulation qui permet de déterminer le moment précis de la stimulation.

Puis la période de latence, qui est le temps nécessaire au potentiel d'action pour parcourir la distance comprise entre le point excité et le point d'enregistrement.

Phase de dépolarisation : elle est rapide et allant à une inversion de la polarité (l'intérieur de la cellule dévient positif).

Phase de repolarisation : elle est plus lente et permet le retour au potentiel de repos et l'intérieur de la cellule devient peu à peu négatif.

Phase d'hyperpolarisation : phase durant laquelle la ddp membranaire devient légèrement inférieure à celle du potentiel de repos (-70mV) à cause d'une sortie importante d'ion K+.

Retour au potentiel de repos : La polarité membranaire redevient normal (potentiel de repos).

La loi du tout ou rien : pour un neurone, le potentiel d'action n'apparait que lorsque la stimulation provoque une dépolarisation membranaire au moins égale au seuil de dépolarisation. Une fois atteint le potentiel d'action aura toujours la même amplitude même si les stimulations deviennent plus fortes. Elle obéit donc à cette loi.

L'effet de recrutement : le nerf, formé de plusieurs fibres, n'obéit pas à la loi du tout ou rien. Une fois le seuil atteint, l'amplitude du potentiel d'action sera en fonction de l'intensité de la stimulation d'une part, et du nombre de fibres nerveuse atteints d'autre part. Elle atteindra le maximum lorsque toutes les fibres nerveuses seront atteintes par la stimulation.

Loi du seuil ou sommation : en dessous du seuil, il n'y a pas de réponse. En augmentant l'intensité, on obtient des réponses du nerf de plus en plus importantes. A partir d'une certaine intensité, l'importance de la réponse ne varie plus quelle que soit l'intensité.

3) La propagation du potentiel d'action

La propagation d'un potentiel d'action est le résultat d'une succession de dépolarisation. Si cette dépolarisation est suffisante et si la zone voisine est excitable, un nouveau potentiel d'action identique au précédent est engendré. La propagation est dite saltatoire si la propagation du message nerveux se fait d'un étranglement à un autre au niveau d'une fibre nerveuse à myéline. La propagation est dite conductrice si elle se fait de proche en proche le long d'une fibre nerveuse sans myéline. La propagation saltatoire est plus rapide que la propagation conductrice.

La vitesse du message nerveux varie en fonction :

Du Diamètre de la fibre : plus il est grand plus la vitesse est grande

De la Température : à 37°C la vitesse est plus grande

De la Nature de la fibre : avec myéline est plus rapide que sans myéline.

De L'état de la fibre : une fibre lésée, ligaturée ou anesthésiée ne conduit pas l'influx nerveux.

4) Fonctionnement des synapses :

La synapse est la zone de contact entre l'arborisation terminale d'un neurone et une autre cellule (cellules musculaires, cellules glandulaires). Elle permet la transmission de la communication nerveuse dans un seul sens de l'élément pré-synaptique vers l'élément post-synaptique.

La transmission d'un message nerveux se fait de la manière suivante :

Le potentiel d'action se propage le long de l'axone jusqu'à l'arborisation terminale ; L'afflux de Ca^{2+} provoque une mobilisation des vésicules à acétylcholine et leurs fusions avec la membrane pré-synaptique ; Le neurotransmetteur traverse la fente synaptique et atteint la membrane postsynaptique ; Le neurotransmetteur se combine à des récepteurs spécifiques situés sur la membrane postsynaptique ; La perméabilité de la membrane postsynaptique est modifiée et un influx nerveux commence à se propager sur le neurone postsynaptique ; le neurotransmetteur quitte la synapse en étant, soit dégradé par une enzyme, soit récupérer dans la terminaison pré-synaptique.

Création du potentiel post-synaptique

L'association « neurotransmetteur – récepteur » peut selon la synapse provoquée, soit une dépolarisation, soit une hyperpolarisation de la membrane post-synaptique.

Si le neurotransmetteur est excitateur. Il y a naissance d'un potentiel post-synaptique excitateur (P.P.S.E) et la « synapse est excitatrice ». Les récepteurs post-synaptiques sont des canaux à Na^+.

Si le neurotransmetteur est inhibiteur : Il y a naissance d'un potentiel post-synaptique inhibiteur (P.P.S.I) et la « synapse est inhibitrice ». Par exemple les synapses à GABA (médiateur chimique inhibiteur). Les récepteurs post-synaptiques sont soit des canaux à Cl^- soit des canaux à K^+. La sortie des ions K^+ provoque une hyperpolarisation (surcroît des charges négatives) dans le milieu intracellulaire.

Sous-concept 2 : Les activités cérébrales et la motricité volontaire

Pré-évaluation

Quelle différence existe-t-il entre un mouvement volontaire et un mouvement involontaire ?
Quelle est la particularité d'un mouvement volontaire ?

Situation problème :

L'exécution de mouvements intentionnels et finalisés (mouvements volontaires) dépend du système nerveux central qui intègre les informations sensorielles, programme le mouvement (synchronisation,…) et transmet les ordres de contraction au muscle.
Quels sont les structures responsables des mouvements volontaires ?
Comment s'effectue la commande d'un mouvement volontaire ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Définition d'un mouvement volontaire.

Le mouvement volontaire se distingue du mouvement réflexe ou d'un mouvement automatique par le fait qu'il est largement perfectible par l'apprentissage. La locomotion et le contrôle de la posture sont des mouvements volontaires. Ils sont commandés par le cortex cérébral. Le cerveau est donc le centre nerveux qui commande les mouvements volontaires. Il représente aussi le lieu d'arrivé et de traitement de l'influx nerveux provenant des organes de sens. Chez l'Homme, certains gestes sont souvent précédés de mouvements automatiques.

Consigne : à partir du texte et de vos propres connaissances :

1) Cite quelques mouvements involontaires.
2) Quel différence fait tu entre un mouvement volontaire et un mouvement involontaire ?
3) Cite quelques caractéristiques d'un mouvement volontaire.

Synthèse partielle :

1) Quelques mouvements involontaires : marcher, écrire, courir, sauter,…
2) **Comparaison :** dans un mouvement volontaire, il y a la prise de décision tandis que dans un mouvement involontaire, il n'y a pas prise décision.
3) Quelques caractéristiques d'un mouvement volontaire :

Prise de décision, conduction du message, exécution.

Activité 2 : Les centres nerveux responsables d'un mouvement volontaire.

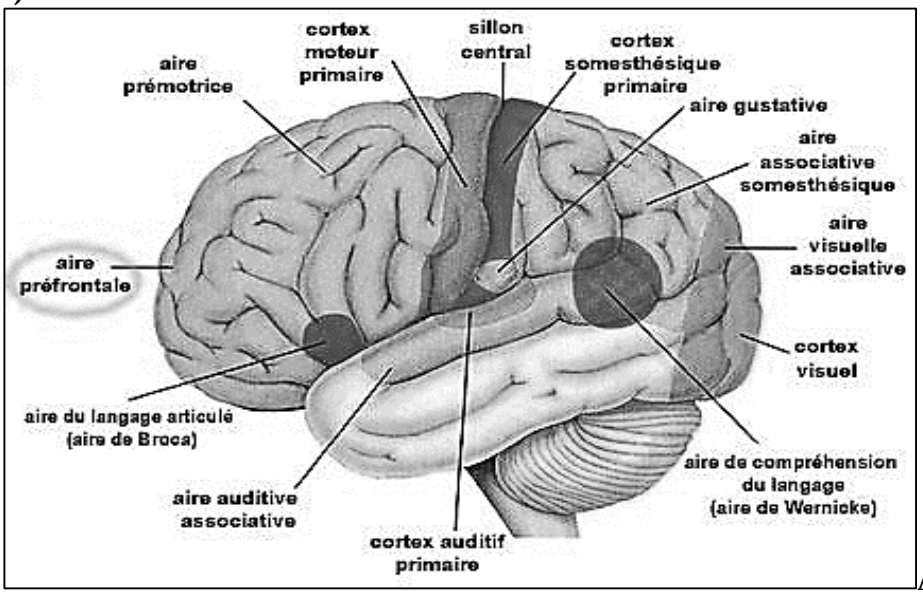
A) Quelques investigations

La tomographie par émission de positons (TEP) est une technique d'imagerie fonctionnelle quantitative et dynamique développée en service de médecine nucléaire et dans un cadre expérimental. Le principe général de l'imagerie TEP repose sur l'utilisation de traceurs radio marqués par un isotope émetteur de positons (rayonnement ß+) et celle de caméras dédiées. Les images obtenues offrent une restitution en trois dimensions, in vivo et de manière non invasive, de la distribution volumique du signal radioactif au sein de l'organisme.

La scintigraphie pour un débit sanguin cérébral : est un examen qui permet de visualiser la circulation du sang dans le cerveau qui est accru dans une zone d'activité intense.

L'électroencéphalographie : est un examen qui permet de mesurer l'activité électrique du cerveau. **L'imagerie par résonance magnétique (IRM)** permet d'étudier le fonctionnement du cerveau en localisant les zones activées lors d'une tâche précise.

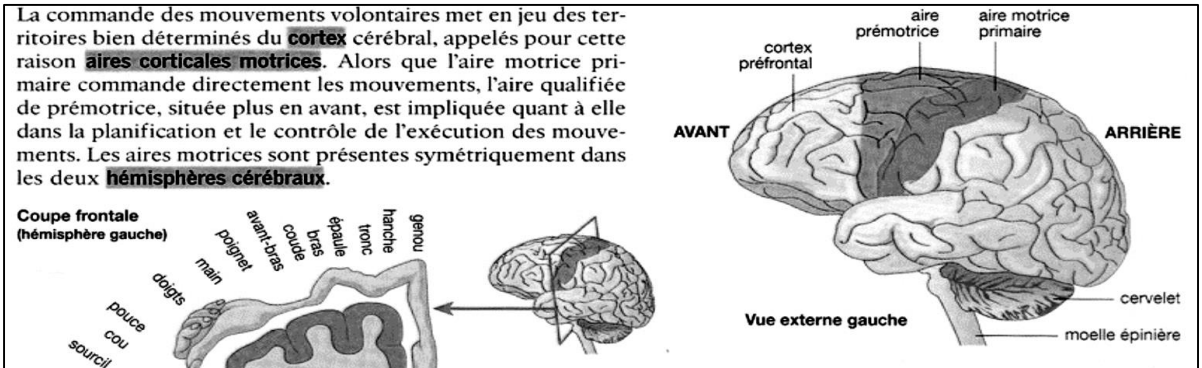
B) Les aires corticales.

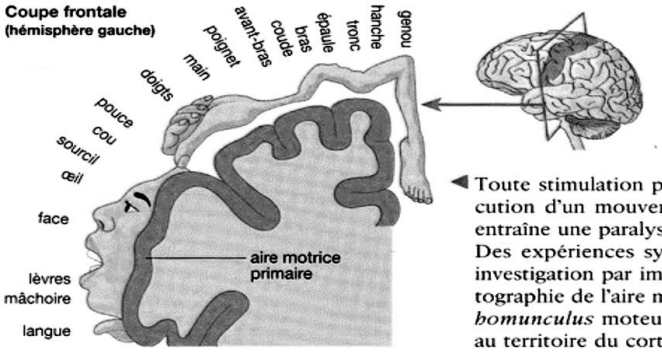


A

Les schémas A et B du document 1 représentent les aires corticales.

La commande des mouvements volontaires met en jeu des territoires bien déterminés du **cortex** cérébral, appelés pour cette raison **aires corticales motrices**. Alors que l'aire motrice primaire commande directement les mouvements, l'aire qualifiée de prémotrice, située plus en avant, est impliquée quant à elle dans la planification et le contrôle de l'exécution des mouvements. Les aires motrices sont présentes symétriquement dans les deux **hémisphères cérébraux**.





Toute stimulation pratiquée dans l'aire motrice se traduit par l'exécution d'un mouvement d'une partie du corps alors qu'une lésion entraîne une paralysie de cette même partie.
Des expériences systématiques de stimulation, que confirme une investigation par imagerie cérébrale, ont permis de dresser une cartographie de l'aire motrice : sur la *représentation ci-contre*, appelée *homunculus* moteur, chaque partie du corps humain a été associée au territoire du cortex qui assure sa commande motrice.

B

Document.1

Consigne : à partir du texte et du document :

1) Décris l'organisation du cortex cérébral.
2) Groupe les différentes aires, en aires motrice ; sensitives et associatives et décris leurs rôles.
3) Complète le tableau suivant à partir de l'analyse du document.

Aire corticale	Effet de la lésion
Aire visuelle primaire	
Aire d'association visuelle	
Aire motrice	
Aire auditive primaire	
Aire motrice du Broca	
Aire gustative	

Synthèse partielle 2 :

1) **Description :** Le cortex cérébral (la substance grise) est constitué par les corps cellulaires des neurones. Il est structuré en plusieurs zones (aires corticales) contrôlant chacune une partie du corps ou une fonction précise. On distingue les aires communique avec les autres. Chaque cortex contrôle le côté opposé du corps.

2) Les différentes aires corticales :

Aires sensitives : cortex somesthésique primaire, cortex visuel, aire gustative, cortex auditif primaire.

Aires motrice : cortex moteur primaire, aire de Broca (aire du langage articulé).

Aires d'associations : aire préfrontale, aire auditive associative, aire associative somesthésique, aire visuelle associative, aire de Wernicke, aire pré-motrice, aire pré-motrice.

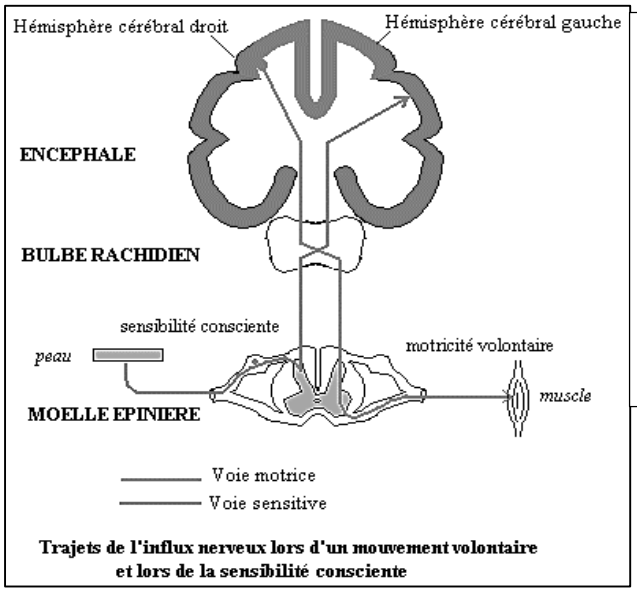
3) Complétons le tableau

Aire corticale	Effet de la lésion
Aire visuelle primaire	Cécité
Aire d'association visuelle	Difficulté à identifier les images.
Aire motrice	Paralysie
Aire auditive primaire	Surdité
Aire motrice du Broca	Mutité
Aire gustative	Perte du goût.

Activité 3 : Trajet de l'influx nerveux dans un mouvement volontaire.

Les muscles striés squelettiques assurent, sous le contrôle du système nerveux, la motricité (locomotion, posture, mimique…). Les messages sensitifs et moteurs sont transmis sous forme d'influx nerveux. Ils sont produits par les organes de sens et par les aires motrices des hémisphères cérébraux.

Quel que soit le type d'activité motrice, il intervient toujours un centre nerveux situé dans la substance grise, des conducteurs ou fibres nerveuse, des effecteurs et éventuellement des récepteurs. L'influx nerveux prend naissance au niveau du cerveau et passe par le bulbe rachidien pour atteindre la moelle épinière. De la moelle épinière il emprunte des motoneurones vers les nerfs périphériques qui établissent une synapse avec les muscles à la jonction neuromusculaire. Grâce à leurs propriétés (excitabilité, contractilité, élasticité,…), les muscles sont capables de générer une force. Les voies motrices sont croisées (l'aire motrice de l'hémisphère gauche commande les muscles du côté droit et vice versa). Les voies sensitives sont aussi croisées. (Voire document 2).



Trajets de l'influx nerveux lors d'un mouvement volontaire et lors de la sensibilité consciente

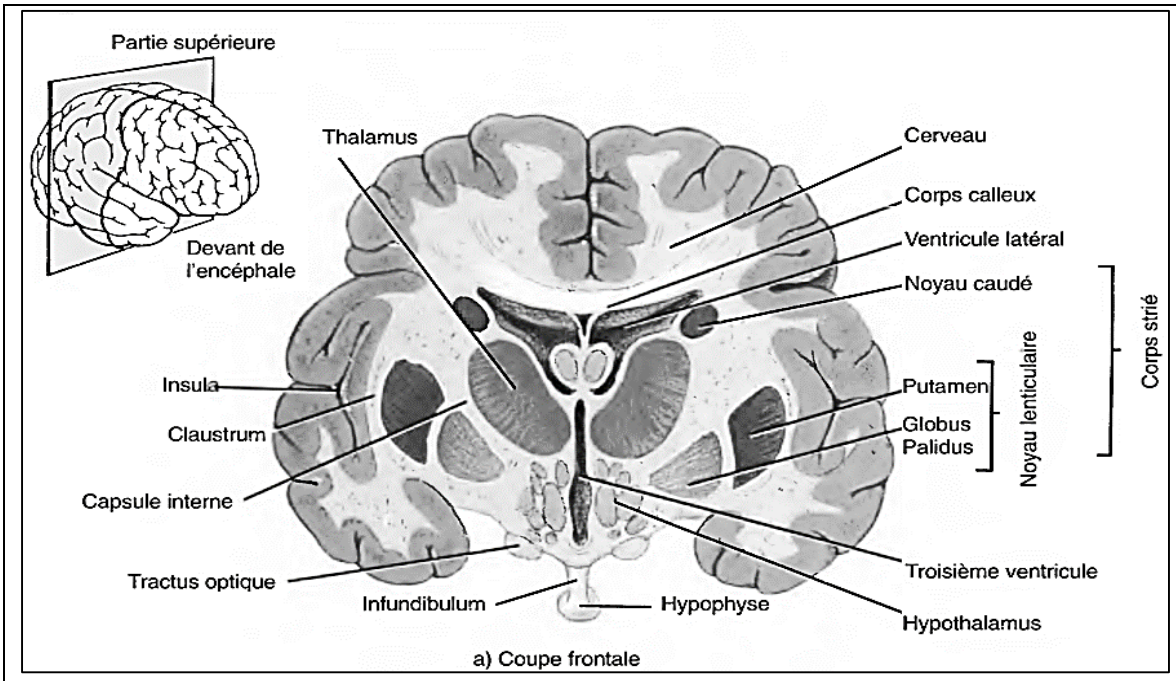
Doc.2

Consigne : à partir du texte et du document :

1) Décris en quelques lignes le trajet de l'influx moteur dans le mouvement volontaire.
2) Explique pourquoi une lésion cérébrale d'un hémisphère entraine une paralysie dans le côté opposé ?
3) Identifie l'organe récepteur et l'organe éffecteur dans le schéma A.

Activité 4 : Les structures encéphaliques qui contrôlent la motricité.

Le cervelet : situé en arrière du cerveau, c'est un centre de contrôle important des fonctions motrices. Il coordonne les mouvements et la posture et est impliqué dans la programmation des mouvements. Les ordres moteurs en provenance du cerveau sont modérés permanence par le cervelet. Si ce dernier n'existait pas, les mouvements seraient ceux des personnes atteintes d'ataxie cérébelleuse : des mouvements anarchiques, saccadés, perturbés par des mouvements incontrôlés. Les noyaux gris centraux : sont des structures télencéphaliques considérés comme la principale composante du système extrapyramidal qui entre dans le contrôle du mouvement. Ces noyaux sont au nombre de trois : le noyau caudé, le putamen et le pallidum ou globus pallidus. En plus de ces trois structures les noyaux de Luys et de locus de Niger font partie du même système et ceci est dû à la liaison anatomique et fonctionnelle de ces deux structures avec les noyaux gris centraux. (Document 3).



Doc3

Consigne : à partir du texte et du document :

1) Détermine le rôle du cervelet dans les mouvements volontaires.
2) Cite les structures encéphaliques impliquées dans le contrôle du mouvement volontaire.
3) Explique la collaboration entre les différents centres neveux.

Synthèse partielle 3 :

1) L'influx moteur nait au niveau du cortex moteur (d'un hémisphère), il se croise au niveau du bulbe rachidien, passe dans la moelle épinière et provoque la contraction des muscles du côté opposé.

2) Une lésion cérébrale d'un hémisphère entraine une paralysie dans le côté opposé parce que chaque hémisphère contrôle le côté opposé du corps (les voies sont croisées au niveau du bulbe rachidien.

3) Dans le schéma A, la peau est l'organe récepteur et le muscle squelettique est l'organe effecteur.

Synthèse partielle 4 :

1) Le cervelet coordonne les mouvements, il contrôle la posture, l'équilibre et est impliqué dans la programmation des mouvements.
2) D'autres structures intervenant dans les mouvements volontaires :

Les noyaux gris centraux : le noyau caudé, le putamen et le pallidum ou globus pallidus.

Les noyaux de Luys et la substance noire de locus de Niger.

3) La collaboration entre les différents centres neveux.

Tous les centres nerveux établissent entre eux et travaillent ensemble pour produire des mouvements coordonnés et contrôlés. Plusieurs centres participent à la réalisation d'un même mouvement.

Synthèse générale :

1. Le système nerveux

Le système nerveux est l'ensemble de cellules, les neurones, qui transmettent l'information nerveuse dans l'organisme. Chez les vertébrés, on distingue :

Le système nerveux central comprend deux centres nerveux : l'encéphale et la moelle épinière. Ces centres nerveux sont reliés entre eux par des faisceaux de fibres. Il contrôle l'ensemble du système nerveux.

Le système nerveux périphérique qui est formé de nerfs reliant la périphérie de l'organisme et le système nerveux central.

2. Mouvement volontaire :

Le mouvement volontaire contrairement au mouvement involontaire nécessite l'intervention du cerveau pour son exécution. Sa réalisation jusqu'à exécution met en jeu des mécanismes de contrôle par le système nerveux central. L'organe du mouvement est le muscle strié squelettique qui est relié aux os par des tendons. Il diffère donc du mouvement involontaire qui est un acte réflexe automatique nécessitant la présence d'un stimulus extérieur pour son déclenchement.

3. Commande de la motricité volontaire

Cette commande est assurée par le cerveau qui regroupe des milliards de neurones dont les trois quarts sont contenus dans le cortex cérébral. Au niveau du cerveau, les neurones sont regroupés en aires et en noyau. Dans le cortex cérébral, deux (2) aires interviennent dans la commande des mouvements volontaires.

a) L'aire de projection motrice :

La lésion étendue du cortex de la circonvolution frontal ascendante entraîne une hémiplégie (paralysie des muscles situés dans une moitié du corps). C'est donc dans cette région de l'hémisphère que se situe l'aire motrice principale. Une simulation dans l'hémisphère cérébral gauche d'un point précis de cette aire provoque un message moteur qui entraîne la contraction du muscle correspondant situé dans la moitié droite. L'obtention de la contraction des muscles du côté droit du corps lorsque la simulation est portée sur l'hémisphère gauche, montre que les voies nerveuses sont croisées.

b) L'aire pré-motrice :

La lésion de la région du cortex du lobe frontal situé en avant de l'aire motrice principale, n'entraîne pas la paralysie des muscles. Mais provoque plutôt des troubles dans la réalisation des mouvements.

c) Les aires corticales sensitives :

Les différents voies nerveuses afférentes qui y aboutissent sont au nombre de deux : l'aire sensitive de projection et l'aire d'association. Elles sont complémentaires et forme l'aire de sensibilité générale.

4. Trajet de l'influx nerveux dans un mouvement volontaire

Le message nerveux moteur sort des aires corticales motrices par des voies nerveuses. Les voies doivent aboutir dans la moelle épinière où sont les motoneurones de la commande de la contraction musculaire. C'est aussi la moelle épinière qui assure la transmission, aux muscles, des commandes motrices élaborées par le centre encéphalique. Les voies nerveuses sont de deux sortes :

a) Les voies directes :

Sont directement connectées aux aires motrices. Elles constituent la voie pyramidale avec peu de relais synaptiques qui interviennent dans la commande des mouvements fin et précis.

b) Les voies indirectes :

La connexion avec les aires corticales motrices est indirecte. Elles constituent la voie extrapyramidale avec de nombreux relais synaptique qui sont plus lents que les premières. Elles interviennent dans la commande des mouvements d'ensembles et le contrôle des postures. La voie pyramidale est directement connectée aux motoneurones médullaires qui sont reliés aux muscles alors que la voie extrapyramidale ne peut atteindre les mêmes motoneurones qu'après des relais synaptique dans la base de l'encéphale.

Remarque :

Le contrôle des mouvements rapides est assuré par le cervelet, celui des mouvements lents et réguliers est assuré par les noyaux gris sous-corticaux. La précision du mouvement est déterminée par le nombre de fibres musculaires par unité motrice (10 à 200 fibres) pour la contraction des muscles impliqués dans la commande motrice.

Sous-concept 3 : Quelques aspects du fonctionnement du muscle strié squelettique.

Pré-évaluation :

Quels sont les différents types de muscle ?

Quel est le rôle principal des muscles squelettiques ?

Situation problème :

Pour réaliser leurs mouvements, les animaux possèdent divers types de tissus musculaires aussi bien impliqués dans la locomotion (muscles squelettiques), la digestion (muscles lisses) que dans la propulsion du sang (muscle cardiaque). La contraction du muscle implique une consommation d'énergie (sous forme d'ATP).

Quel est le mécanisme de la contraction musculaire ?

Comment est organisé un muscle ?

Quels sont les mécanismes énergétiques et biochimiques de la contraction musculaire ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

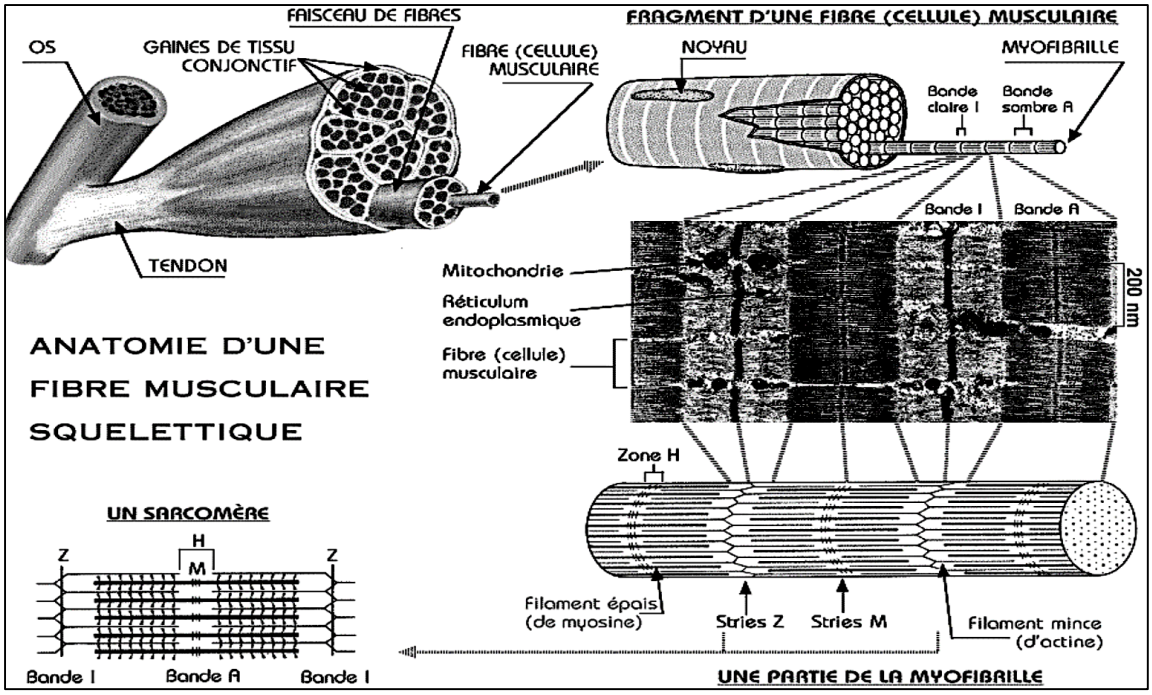
Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : La constitution d'un muscle strié squelettique.

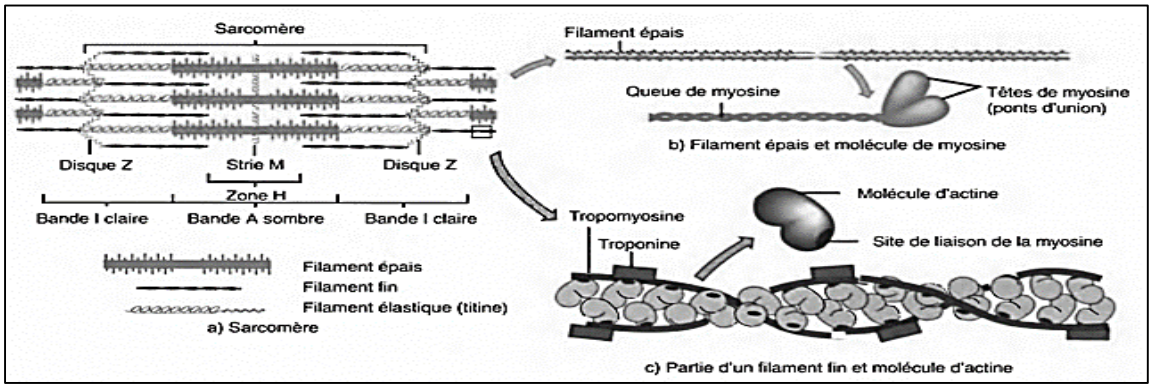
Le muscle est l'organe effecteur du mouvement. On distingue trois types de muscles : les muscles striés squelettiques, le muscle cardiaque, les muscles lisses.

A) Structure d'un muscle strié squelettique.

Le muscle squelettique se compose de plusieurs milliers de cellules contractiles individuelles (fibres maintenues ensemble par des tissus conjonctifs. Ainsi les cellules sont regroupées en faisceaux puis les faisceaux en muscle. Chaque structure est enveloppée par une gaine conjonctive. On distingue ainsi de la périphérie vers le centre : l'épimysium, le périmysium, l'endomysium. La dernière enveloppe est celle qui entoure chaque fibre musculaire : sarcolemme. L'élément de base du tissu musculaire squelettique est la fibre musculaire striée. C'est une cellule géante multi nucléée qui peut atteindre 5 cm de long et environ 0.1 mm d'épaisseur. Les composants essentiels de toutes fibres musculaires sont des structures filamenteuses, appelées myofibrilles, qui traversent les fibres parallèlement dans le sens de la longueur et son responsables des contractions. **Le** sarcomère ; unité contractile du muscle est composé de deux myofilaments différents, le filament d'actine et le filament de myosine.



Doc.2



Doc.3

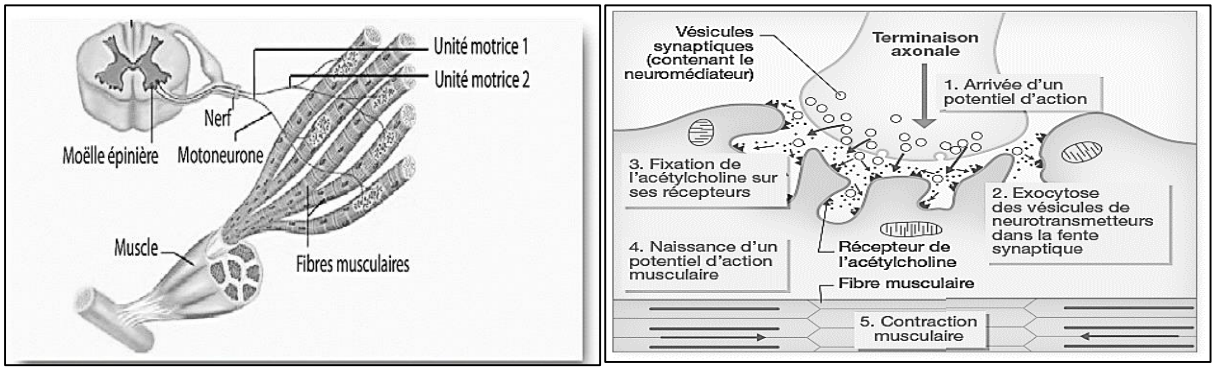
Consigne : à partir de l'analyse du texte et des documents 2 et 3:

1. Décris l'organisation d'un muscle strié squelettique.
2. Identifie et décris l'unité contractile d'un muscle strié squelettique.

B) Innervation des fibres musculaires.

L'ensemble formé par un neurone et les fibres musculaires qu'il commande forme une unité motrice. Les fibres d'une même unité motrice sont dispersées dans le muscle. Le mode stimulation des fibres par les motoneurones participe à l'orientation typologique de la fibre musculaire.

La zone où le nerf réalise une synapse avec une fibre musculaire est appelée plaque motrice. Elle permet au nerf de contrôler l'état d'excitation du muscle grâce à des neurotransmetteurs.



Document 4

Consigne :

1. Définis une unité motrice.
2. Explique la transmission neuromusculaire.

Synthèse partielle 1 :

A) Structure d'un muscle strié squelettique.

1) Description d'un muscle :

Le muscle squelettique se compose de plusieurs milliers de fibres musculaires (cellules) maintenues ensemble par des tissus conjonctifs.

Ainsi les cellules sont regroupées en faisceaux puis les faisceaux en muscle.

Une fibre musculaire possède plusieurs myofibrilles.

Chaque myofibrille est constituée de myofilament : filaments épais (myosine), filaments fins (actine).

2) L'unité contractile du muscle strié squelettique est **le sarcomère.**

Le sarcomère correspond à la partie comprise entre deux stries Z.

Il comprend une band sombre (bande A) au milieu duquel il y a la zone H ; deux moitiés de bandes claires (bande I), situées de part et d'autre de la bande A.

NB : Au cours de la contraction, la bande I diminue de taille et le sarcomère se raccourcit.

B) **Innervation des fibres musculaires.**

1) Définition : l'unité motrice est l'ensemble formé par une fibre nerveuse et les fibres musculaires qu'elle contrôle.

2) La transmission neuromusculaire.

L'arrivée de l'influx nerveux ;

Libération de l'acétylcholine au niveau de la plaque motrice ;

Fixation de l'acétylcholine sur les récepteurs ;

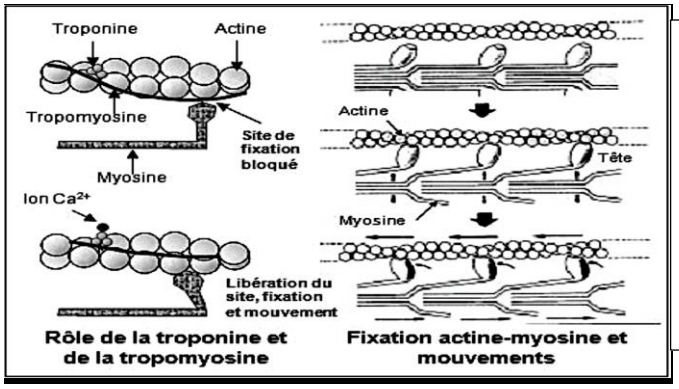
Naissance d'un potentiel d'action musculaire ;

Libération de Ca++ par les réticulums endoplasmiques ;

Contraction musculaire.

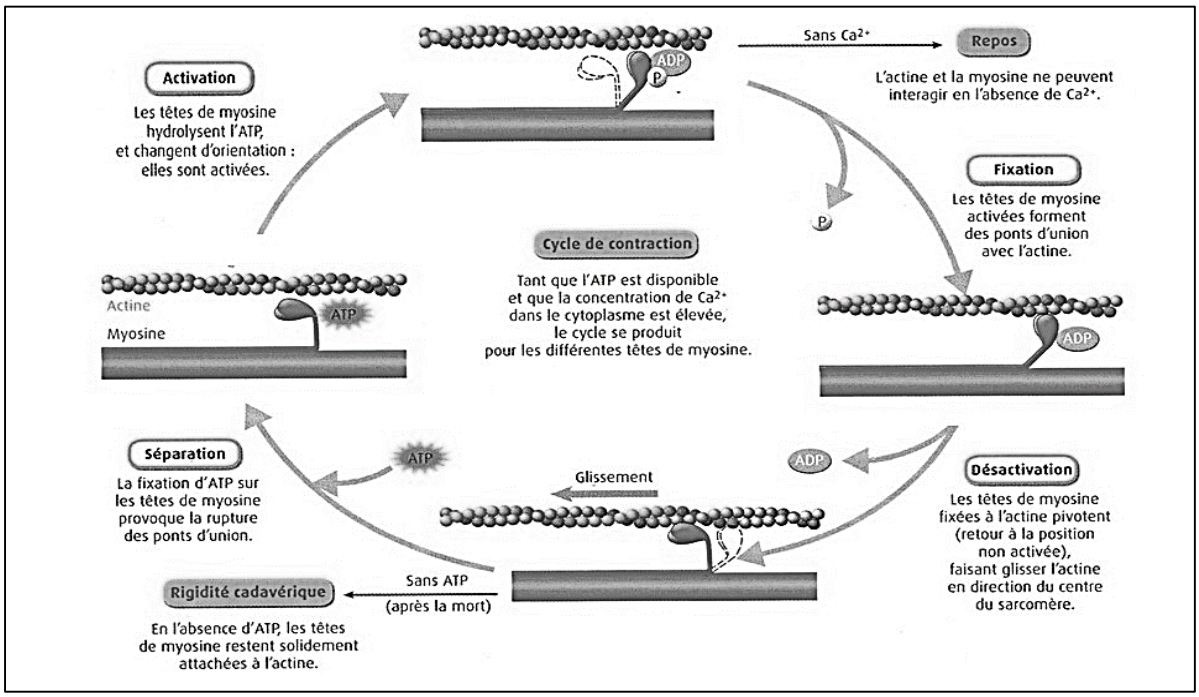
Activité 2 : Phénomènes moléculaires liés à la contraction musculaire.

Les filaments fins sont composés de plusieurs molécules globulaires sphériques d'actine et de 2 protéines : la tropomyosine et la troponine. Les filaments épais sont composés de deux filaments entre lacés de myosine dont une extrémité forme une tête globulaire appelée tête de myosine. L'arrivée d'un train de PA et la dépolarisation du sarcolemme entraine une cascade d'évènements entrainant la contraction musculaire.



Lorsque le muscle est au repos, la tropomyosine (liée à la troponine) cache le site de fixation de la tête de myosine sur l'actine. Les ions calcium libres dans le sarcoplasme musculaire, se fixent sur la troponine qui change de conformation et déplace la tropomyosine, Cela libère le site de fixation de myosine.

Doc.5



Doc.6

Consigne :

1. Qu'est-ce qui est à l'origine de la dépolarisation du sarcolemme ?
2. Explique le rôle des ions Ca2+ et celui de l'ATP dans la contraction musculaire.
3. A quoi correspond la contraction musculaire ?

Synthèse partielle 2 :

1) C'est la fixation de l'acétylcholine qui est à l'origine de la dépolarisation du sarcolemme.

2) Le Ca++ se fixe sur la troponine et libère le site de fixation de la myosine (masqué par la tropomyosine).

L'hydrolyse de l'ATP fournie de l'énergie.

La contraction musculaire correspond au glissement des filaments d'actine entre les filaments de myosine.

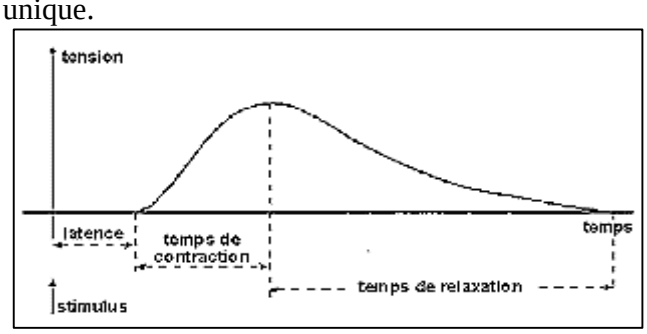
Activité 3 : Aspects mécaniques et énergétique de la contraction musculaire.

Toutes les contractions ne se manifestent pas par un raccourcissement des muscles. On distingue :

- Contractions isotoniques : le muscle se raccourcit mais la tension ne varie pas. (pliage des genoux).
- Contraction isométrique : ne se raccourcit pas, mais la tension augmente. Ex : tenir un seau et le remplir sous le robinet.

A) Myographie et contraction musculaire.

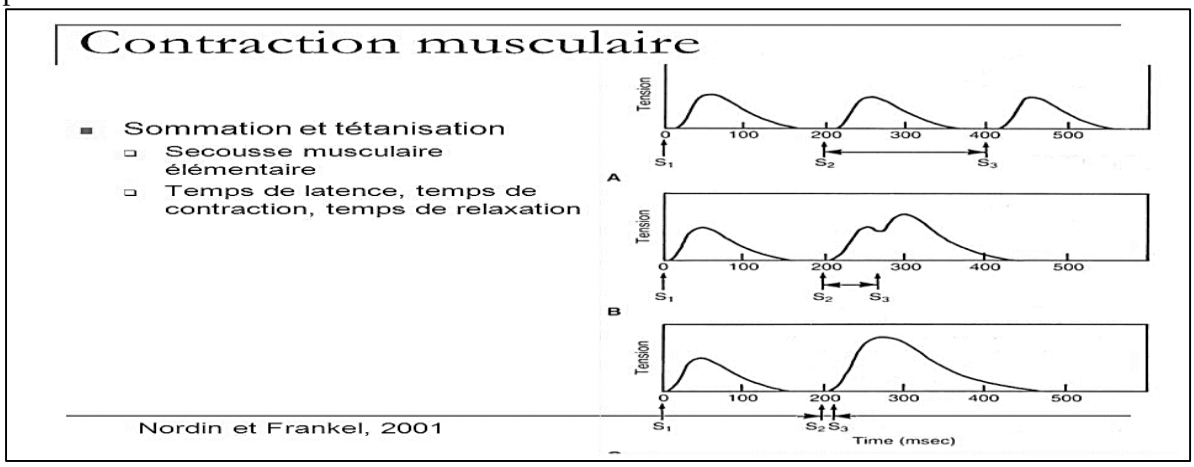
Secousse : Une secousse musculaire est une réponse mécanique d'un muscle à une stimulation unique.



A

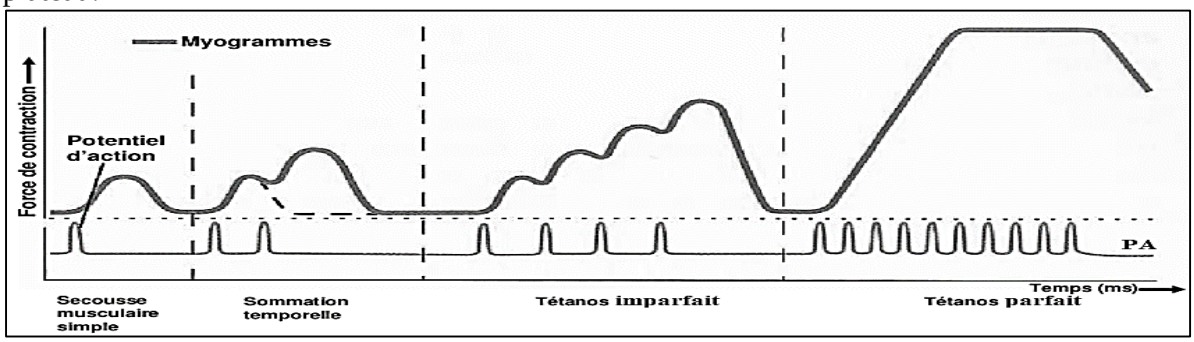
Tétanos :

Un autre PA peut survenir avant la fin d'une secousse, alors une autre secousse s'ajoute à la précédente.



B

Si le muscle est stimulé de façon répétitive, davantage de secousses s'additionnent jusqu'à un plateau.



C

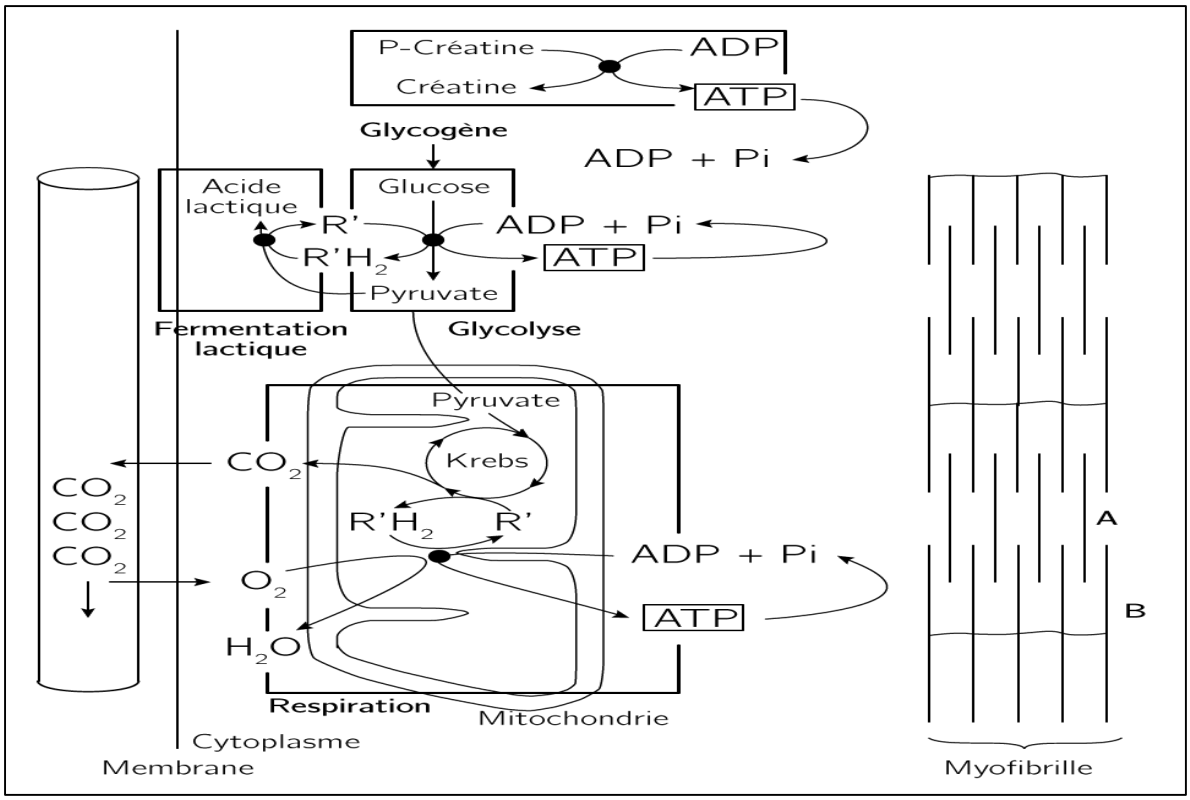
Document 7

Consigne :

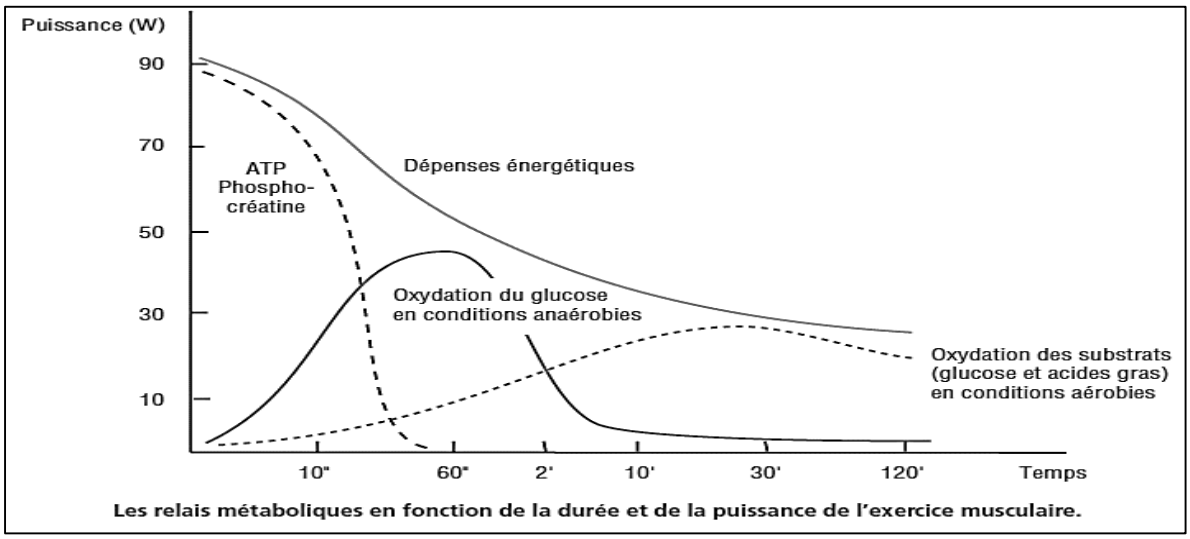
1. Identifie les différentes phases d'une secousse musculaire.
2. Analyse les schémas B et C du document 7.
3. Compare un tétanos parfait et un tétanos imparfait.
4. Dégage les propriétés du muscle.

B) Aspects énergétiques de la contraction musculaire.

La contraction d'un muscle nécessite de l'énergie provenant de l'hydrolyse de molécules d'ATP qui sont les seules sources d'énergie des myocytes. Les réserves d'ATP sont très faibles et ne pourraient tenir que 4 à 6 secondes de contraction, cela nécessite la régénération de l'ATP au fur et à mesure de son utilisation. Les voies de régénération de l'ATP sont représentées par le document 8.



A



B

Document 8.

Consigne :

1. Détermine l'importance de l'ATP dans la contraction musculaire.
2. Identifie et explique les voies de régénération de l'ATP lors d'une épreuve musculaire.

C) Les différents types de fibres musculaires.

Notre organisme comporte deux types de fibres musculaires squelettiques différentes :

Les fibres de types 1 : à contraction lente et à faible force de contraction (faible nombre de myofibrilles), mais très endurantes. Ces fibres utilisent préférentiellement le métabolisme aérobie (respiration). Elles sont sollicitées dans les activités d'endurance (marathon, ski de fond…), et le maintien de la posture.

Les fibres de type II : elles sont extrêmement rapides et puissantes, mais très fatigables. Ces fibres utilisent préférentiellement le métabolisme anaérobie (notamment la fermentation lactique). Elles sont sollicitées lors d'efforts puissants et courts (frapper dans une balle de baseball…).

Les différents types de fibre musculaires		Fibre de type I	Fibre de type II
Caractéristiques métaboliques	Vitesse de contraction	Lente	Rapide
	Endurance	Forte	Faible
	Métabolisme anaérobie	+	+++
	Métabolisme aérobie	+++	-
Caractéristiques structurales	Couleur des fibres	Rouge	Blanche
	Nombre de capillaires	+++	+
	Mitochondries	+++	+
	Diamètre des fibres	Petit	Grand

Consigne : à partir du texte et du tableau :

1. Détermine pourquoi la fibre de type I est qualifiée de rouge et le type II de fibre blanche.
2. Laquelle des deux fibres nécessite un apport d'oxygène pour son métabolisme ?
3. Quelle différence fais-tu entre ces deux types de fibres musculaires ?

Synthèse partielle 3 :

A) Myographie et contraction musculaire.

1) **Une secousse musculaire comprend 3 phases :** le temps de latence, la phase de contraction, la phase de relâchement.

2) Analyse : pour deux stimulations efficaces :

Si S2 atteint le muscle pendant la phase de relâchement, on obtient deux secousses partiellement fusionnés (B).

Si S2 atteint le muscle pendant la phase de contraction, on obtient deux secousses totalement fusionnés (C).

3) Comparaison :

Tétanos parfait (fusion complète des secousses) : correspond à une tension élevée et constante du muscle provoquée par une fréquence de stimulations très rapprochées.

Tétanos imparfait (fusion incomplète des secousses) : correspond à une augmentation de la tension du muscle provoquée par une fréquence de stimulations moins rapprochées.

4) **Les propriétés du muscle :** l'excitabilité, la contractilité, l'élasticité.

B) Aspects énergétiques de la contraction musculaire.

1) L'ATP est la seule source d'énergie pour la contraction musculaire.

2) Les voies de régénération de l'ATP :

Les voies anaérobies : la voie créatine phosphate et la fermentation, lors d'épreuves de courtes durées.

La voie aérobie : la respiration, lors d'épreuve de longue durée (d'endurance).

C) Les différents types de fibres musculaires.

1) La fibre de type 1 es qualifiée de rouge car elle possède beaucoup de capillaires sanguins. La fibre de type 2 est qualifiée de blanche car elle ne possède pas beaucoup de capillaires sanguins.
2) C'est la fibre de type 2 qui nécessite un apport d'oxygène pour son métabolisme (respiration).
3) **Comparaison :** (voir Tableau dans le document).

Synthèse générale :

1. Structure du muscle squelettique.

Le muscle squelettique est un organe spécialisé dans le développement d'une force sous le contrôle du système nerveux. La cellule musculaire est une fibre (A) dont le diamètre varie en moyenne de 10 à 100µn et dont la longueur peut atteindre 20 cm. Les « fibres » de viande, reconnaissables à l'œil nu, sont en fait des faisceaux de fibres (A, environ 0,1-1 mm de diamètre). La fibre musculaire (cellule) est limitée par une membrane cellulaire appelée le sarcolemme; elle renferme les myofibrilles. Les myofibrilles sont entourées par le sarcoplasme (cytoplasme) qui contient plusieurs noyaux cellulaires, des mitochondries (appelées aussi sarcosomes), des lysosomes, des vacuoles lipidiques, des inclusions de glycogène, etc. Le sarcoplasme contient également du glycogène, des enzymes glycolytiques, de la créatine phosphate et des acides aminés, toutes ces substances pouvant être libérées. Une fibre musculaire renferme plusieurs centaines de myofibrilles dont chacune se divise en compartiments de 2,5µm environ, délimités chacun par 2 disques Z et appelés sarcomères. Leur longueur est grossièrement de 1,5 à 3,0µm et dépend de la pré-charge du muscle.

2. La réception du message nerveux :

Le message nerveux transite au niveau de la jonction neuromusculaire qui est constituée de la juxtaposition des membranes plasmiques de la terminaison nerveuse d'une part et d'une section particulière du sarcolemme appelée plaque motrice, d'autre part.

3. Le couplage excitation-contraction

Au niveau de la plaque motrice, l'acétylcholine libérée par le motoneurone se fixe sur des récepteurs postsynaptiques, entraînant la formation d'un potentiel de plaque motrice (PPM).

À distance de la plaque motrice, ce PPM entraîne la formation d'un potentiel d'action qui se propage tout au long du sarcolemme puis des tubules transverses. La dépolarisation du tubule induit l'ouverture de canaux calciques et l'activation de la triadine. La triadine agit sur un récepteur à la ryanodine du réticulum sarcoplasmique et induit l'ouverture d'une protéine canal laissant sortir le calcium réticulaire vers le cytoplasme. C'est ce calcium qui ensuite initie les mouvements des myofibrilles.

4. Les mécanismes cellulaires de la contraction

Le sarcoplasme contient les myofibrilles nécessaires à la réalisation de la contraction de la fibre musculaire : filaments fins (actine F) et filaments épais (myosine).

Le calcium libéré dans le cytoplasme se fixe sur la troponine, modifie la conformation de la tropomyosine et entraîne la libération des sites de fixation de la myosine présents sur la molécule d'actine. La myosine se fixe à l'actine puis la tête de la myosine pivote et provoque un glissement des filaments les uns par rapport aux autres et donc un raccourcissement du sarcomère. L'énergie nécessaire à ce déplacement provient d'une partie de l'hydrolyse d'un ATP (réalisée au cours de la phase précédente). La rupture de la liaison actine-myosine se fait lors de la fixation d'une nouvelle molécule d'ATP qui est ensuite hydrolysé pour que l'angle tête-queue retrouve sa valeur initiale.

La tête de myosine peut alors se fixer sur un autre site de liaison situé plus loin sur le filament d'actine et un nouveau cycle peut commencer.

Le relâchement final n'intervient que lorsqu'il n'y a plus de calcium au niveau cytoplasmique.

5. Sources d'énergie de la contraction musculaire

L'énergie chimique de l'adénosine triphosphate (ATP) est directement utilisée pour la contraction musculaire.
Cependant les réserves d'ATP de la cellule musculaire ne sont pas importantes puisqu'elles ne permettent d'effectuer que 10-20 m seulement au cours d'une course de 100 m. L'ATP nécessaire pour la course doit donc être régénéré, de manière à ce que la concentration intracellulaire d'ATP demeure constante, même si la consommation augmente.
Les processus suivants sont utilisés pour la régénération de l'ATP :
L'hydrolyse de la créatine phosphate : est une source d'énergie rapidement disponible, mais elle est limitée,
La glycolyse anaérobie : par exemple la dégradation du glycogène ou du glucose en acide lactique,
La phosphorylation oxydative : provient de la combustion du glucose en présence d'Os, ce qui donne du CO2 et de l'eau ; cette réaction libératrice de beaucoup d'ATP ne dépend pas uniquement de l'02, c'est en effet un procédé relativement lent.

Concept général 6 : Régulation hormonale et nerveuse.

Sous concept 1 : La régulation du taux d'hormones sexuelles

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'une hormone ?

Quel est le rôle des hormones reproductrices ?

Situation problème :

A la puberté, l'organisme subit des transformations à la fois morphologiques et physiologiques. Les gonades commencent à produire les gamètes et sécrètent les hormones sexuelles qui font apparaitre et maintiennent les caractères sexuelles secondaires. Le fonctionnement de ces gonades est aussi sous contrôle du système nerveux.

Comment les activités testiculaire et ovarienne sont contrôlées par le système nerveux ?

Quelles sont les applications de la physiologie des appareils génitaux dans le contrôle de la procréation ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : L'activité testiculaire et son contrôle hormonal.

Les testicules sont responsables de la fonction de reproduction chez l'organisme mâle à partir de la puberté. Les deux fonctions essentielles des testicules sont la fabrication de spermatozoïdes et la production d'hormone mâle (dont la testostérone). Le fonctionnement du testicule est sous contrôle hormonale (du système hypothalamo-hypophysaire). Pour comprendre leur fonctionnement et leur régulation, des expériences réalisées et leurs résultats sont consignés dans les tableaux ci-après. Et le document 1 représente le contrôle de leur fonctionnement.

Expérience 1 : Rôles des testicules et de la testostérone.

Expériences		Résultats
A	Ablation des testicules chez un individu pubère.	Pas de production de spermatozoïdes Régression des caractères sexuels secondaires.
B	Injection de testostérone après ablation des testicules.	Restauration des caractères sexuels secondaires.
C	Destruction des cellules de Leydig chez un individu pubère.	Pas de production de spermatozoïdes Régression des caractères sexuels secondaires.
D	Injection de testostérone après destruction des cellules de Leydig.	Restauration des caractères sexuels secondaires et de la production de spermatozoïdes.

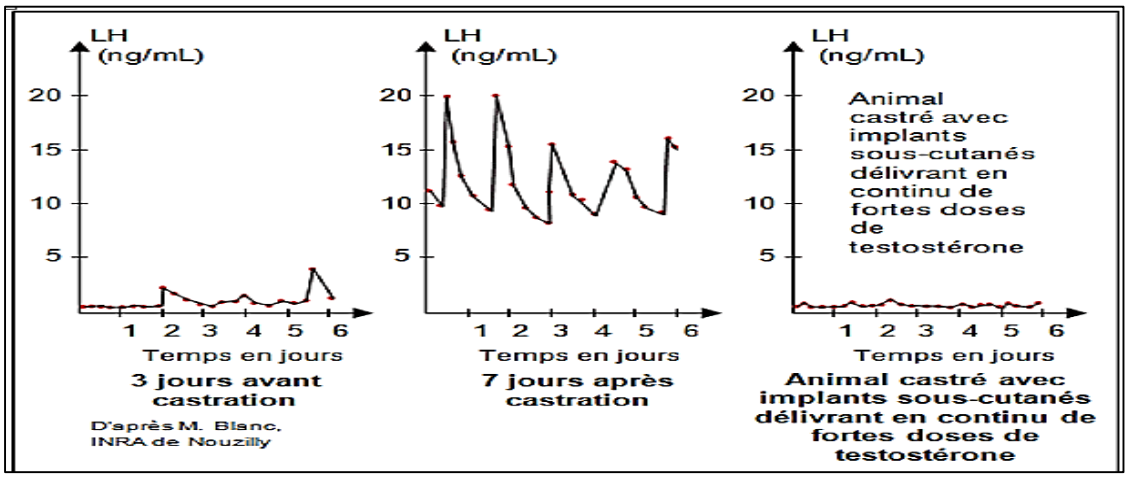
Expérience 2 : Rôles de l'hypothalamus et de l'hypophyse.

L'atrophie des testicules est associée à des signes cliniques variés : stérilité, absence ou faible développement des caractères sexuels secondaires. Ces cas sont souvent dus à un déficit d'origine hypophysaire. Des expériences réalisées et leurs résultats sont présentés ci-dessous.

Expériences		Résultats	
A	Ablation de l'hypophyse	Arrêt complet du fonctionnement des testicules.	
B	Injection de FSH et de LH à un animal hypophysectomisé	Reprise de la spermatogénèse et de la sécrétion de testostérone.	
C	Injection de LH à un animal impubère.	Cellules germinales	Au repos
		Cellules de Sertoli	Peu développées
		Cellules de Leydig	Activées
		Caractères sexuels secondaires.	Développées
D	Injection de FSH à un animal impubère.	Cellules germinales	Activées
		Cellules de Sertoli	Développées
		Cellules de Leydig	Inactivées
		Caractères sexuels secondaires.	Absentes
E	Destruction de certains amas de neurones hypothalamiques	Arrêt de la sécrétion de FSH et de LH par l'hypophyse.	
F	Stimulation électrique de ces mêmes amas de neurones	Augmentation brusque de la libération de FSH et de LH.	
G	Hypophyse déconnectée de l'hypothalamus.	Arrêt de la sécrétion de FSH et de LH par l'hypophyse.	

Expérience 3 : Rétrocontrôle.

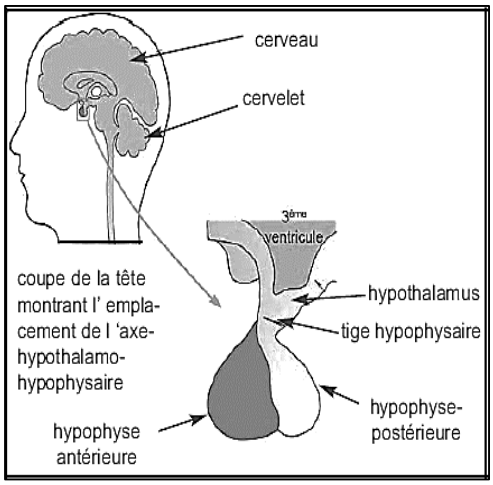
On remarque que lors d'une castration les taux sanguins de LH et de FSH sont modifiés.

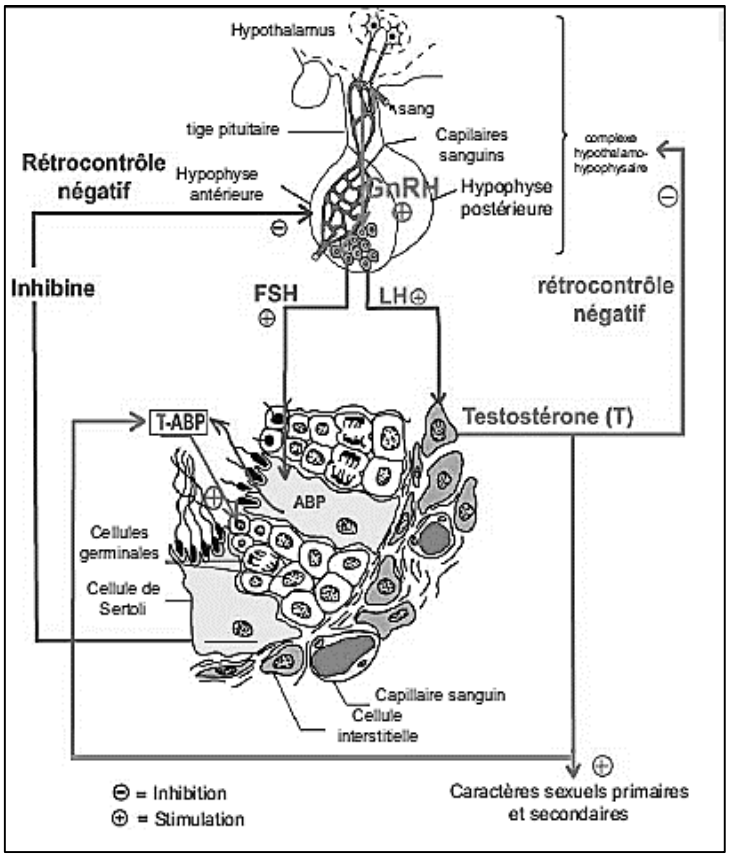


Doc.1

Schéma général

L'hypophyse est une petite glande reliée à la face inférieure de l'encéphale et sécrète plusieurs hormones importantes.
L'hypophyse, également appelée glande pituitaire, comprend deux régions : l'hypophyse antérieure et l'hypophyse postérieure. Ces deux lobes sont étroitement **liés à l'hypothalamus**, une région au-dessus de l'hypophyse.





Doc.2

Consigne :

1. Tire une conclusion de chaque expérience.
2. Explique la régulation du fonctionnement des testicules.

Synthèse partielle 1 :

1) Conclusions de chaque expérience :

Expérience 1 : Rôles des testicules et de la testostérone.

A. Les testicules assurent la production de gamètes (spermatozoïdes) et contrôlent le maintien des caractères sexuels secondaires.
B. Les testicules contrôlent la mise en place et le maintien des caractères sexuels secondaires grâce à la production de testostérone (hormone) qui agit par voie sanguine.
C. Ce sont les cellules de Leydig qui produisent la testostérone.
D. la testostérone assure l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires et contrôle la spermatogénèse.

Expérience 2 : Rôles de l'hypothalamus et de l'hypophyse.

A. L'hypophyse contrôle le fonctionnement des testicules.
B. L'hypophyse contrôle le fonctionnement des testicules grâce à la production de gonadostimulines (FSH et de LH).
C. La LH agit sur les cellules de Leydig et active la production de testostérone.
D. La FSH agit sur les tubes séminifères (cellules de Sertoli et lignée germinale).
E. La production de gonadostimulines (FSH et LH) par l'hypophyse est contrôlée par l'hypothalamus.
F. Certains neurones hypothalamiques contrôlent les cellules gonadotropes de l'hypophyse.
G. L'hypothalamus contrôle l'hypophyse par la production d'une neurohormone (GnRH).

Expérience 3 : Rétrocontrôle.

Avant la castration il y a production de testostérone et la production de LH est faible.

Après la castration, il n'y a plus production de testostérone et la production de LH est forte.

L'implant sous-cutané produit la testostérone et la production de LH chute à nouveau.

Lorsque la production de testostérone est forte, le testicule agit en retour sur l'hypophyse en inhibant la production de LH : c'est le rétrocontrôle négatif.

2) La régulation de l'activité testiculaire :

Les testicules ont pour fonction la production de gamète dans la paroi des tubes séminifères et la production de testostérone par les cellules de Leydig.

La testostérone stimule la gamétogénèse et assure l'apparition et le maintien des caractères sexuels secondaires.

L'hypophyse commande les testicules par la production de gonadostimulines (ou gonadotrophines), la FSH et la LH.

La FSH (folliculostimuline) stimule la gamétogénèse en agissant sur les cellules de Sertoli par l'intermédiaire des protéines de liaison (ABP).

La LH (hormone lutéinisante) stimule la sécrétion de testostérone par les cellules de Leydig.

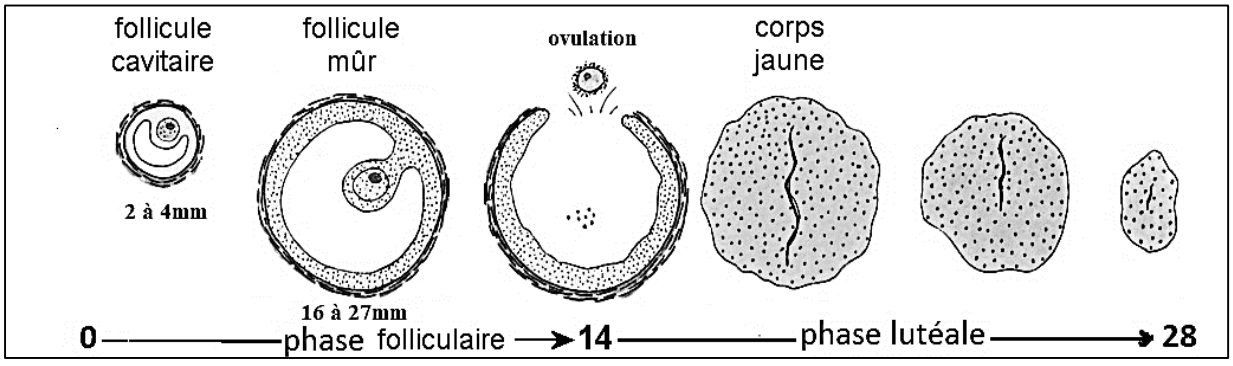
La libération de gonadotrophine hypophysaire est sous la dépendance d'une neurohormone : la GnRH (gonadolibérine) produite par des neurones de l'hypothalamus et libéré de façon pulsatile dans les vaisseaux sanguins.

La production de gonadostimuline est inhibée par un rétrocontrôle négatif dès que le taux de testostérone sanguin dépasse une valeur seuil.

Activité 2 : Les cycles sexuels chez la femme.

A) Le cycle ovarien

L'ovaire est un tissu hétérogène composé de follicules et de corps jaune. Les follicules sont différents par leurs tailles et leurs structures. Au fur et à mesure de leur évolution, ils grandissent et possèdent un grand nombre de cellules folliculaires entourant une cavité. Logé dans le follicule, l'ovocyte II sera libéré au moment de l'ovulation. Après l'ovulation, le reste du follicule se transforme en corps jaune qui va régresser s'il n'y a pas eu de fécondation. Le document 3 représente les étapes du fonctionnement des ovaires.



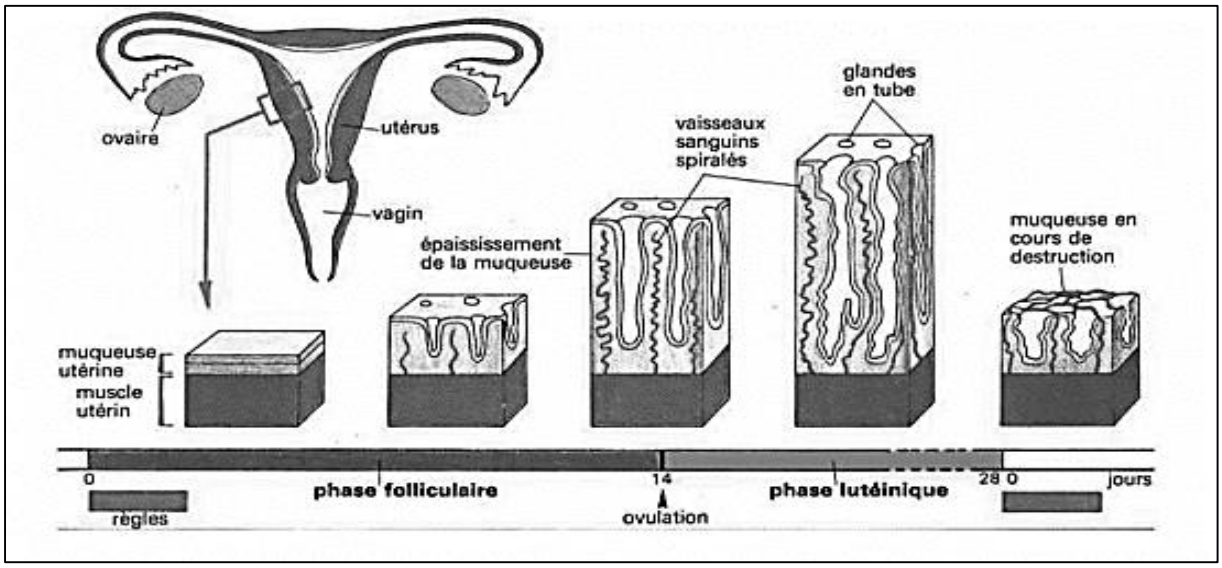
Doc.3

Consigne : à partir du texte et des documents :

1. Cite et caractérise les phases du cycle sexuel chez la femme.
2. Précise la durée moyenne d'un cycle et celles de chaque phase.
3. Identifie le phénomène marquant la limite entre deux cycles successifs et celui qui permet de diviser le cycle en phases distinctes.

B) Le cycle utérin :

Le tissu utérin varie au cours du cycle sexuel. Lors de la première phase, l'endomètre s'épaissit ; puis il change de forme lors de la phase lutéale : il se creuse de nombreuses cavités qui serviront à la nidation d'un éventuel embryon. En absence de fécondation, la muqueuse se détruit et est à l'origine des pertes de sans correspondant aux menstruations ou règles.



Doc.4

Consigne : à partir du document 4

1. Précise la partie de l'utérus concerné par ces modifications cycliques.
2. Décris l'évolution de la muqueuse utérine durant un cycle.

Synthèse partielle 2

A) Le cycle ovarien

1) Les phases du cycle sexuel chez la femme :

La phase folliculaire : la croissance et le développement folliculaire (folliculogénèse).

La phase lutéale (ou lutéinique) : la présence et l'évolution du corps jaune.

2) La durée du cycle menstruel varie selon les femmes et varie chez la même femme.

Un cycle dure en moyenne 28 jours (24 à 32 jours).

La phase folliculaire dure en moyenne 14 jours (10 à 18jours).

La phase lutéinique dure 14 jours (constante).

3) Deux cycles successifs sont séparés par le début des menstruations (règles).

Les deux phases du cycle sont séparées par l'ovulation qui survient 14 jours avant la fin du cycle.

B) Le cycle utérin :

1) C'est la muqueuse utérine ou endomètre qui est concernée par les modifications cycliques.

2) L'évolution de la muqueuse utérine durant un cycle.

Pendant la phase folliculaire, l'endomètre qui a été détruit en grande partie au cours des menstruations se reconstitue et s'épaissit, les glandes se développent.

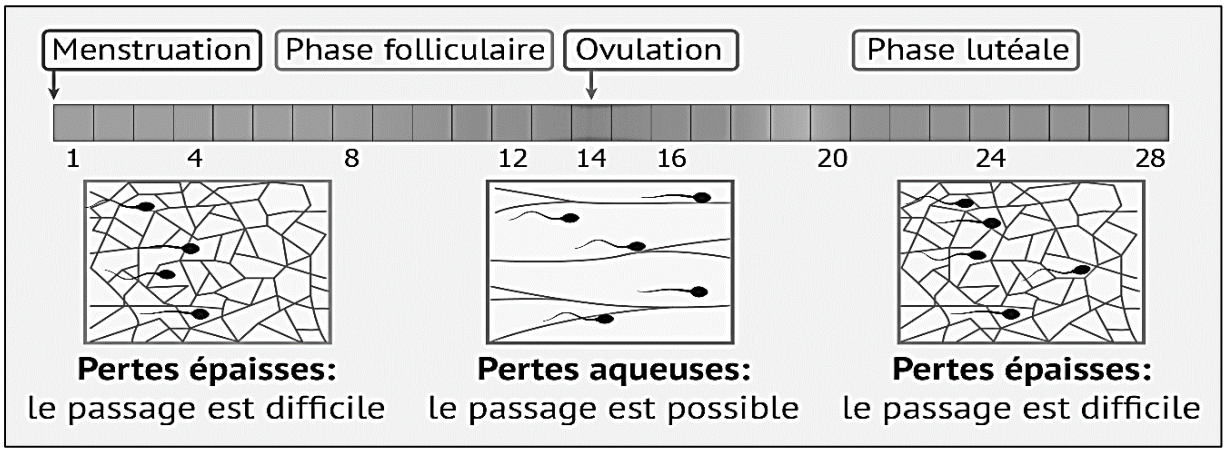
Pendant la phase lutéinique, l'endomètre continue à s'accroitre, les glandes deviennent très tortueuses et ramifiées donnant à la muqueuse l'aspect de dentelle utérine.

Ces transformations de l'utérus le préparent à accepter l'implantation d'un embryon (nidation).

S'il n'y a pas fécondation, ces structures sont détruites à la fin du cycle : c'est l'origine des règles ou menstruations.

C) Le cycle du col de l'utérus :

La muqueuse utérine sécrète la glaire cervicale. Celle-ci change d'aspect au cours du cycle : plus épaisse en début et enfin de cycle, elle présente un maillage moins serré au moment de l'ovulation.



Doc.5

Consigne :

1) Décris l'évolution de la sécrétion de glaire cervicale.
2) Précise les rôles physiologiques de la glaire cervicale.

Synthèse partielle 2C :

1) Pendant le cycle sexuel, les glandes du col de l'utérus sécrètent la glaire cervicale.

Au début et vers la fin du cycle, la production de glaire cervicale est moins importante et cette glaire est visqueuse empêchant les spermatozoïdes de passer.

Vers le moment de l'ovulation, la production de glaire cervicale est importante et elle est plus claire et moins visqueuse, permettant le passage des spermatozoïdes.

2) La glaire cervicale joue plusieurs rôles :

La protection des voies génitales (lubrifiant), le transport et la sélection des spermatozoïdes.

Activité 3 : La régulation des cycles sexuels chez la femme.

Les hormones sécrétées par les ovaires au cours du cycle sont : des œstrogènes produits par les follicules et la progestérone produite par le corps jaune. (Voir Doc. 6)

Expérience 1 : Action des ovaires sur l'utérus :

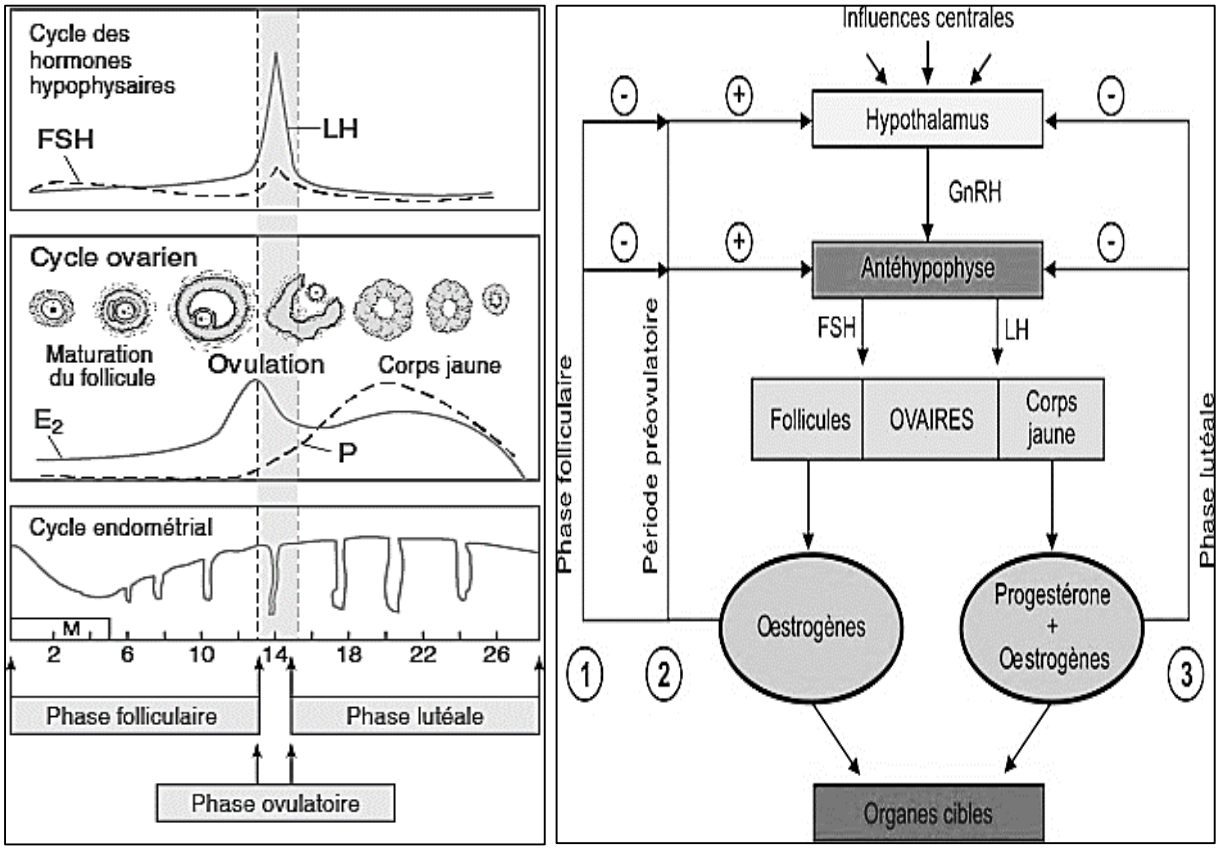
Expériences	Résultats
A- ablation de l'utérus chez une ratte pubère	Aucun effet sur le cycle ovarien
B- l'ablation des ovaires (ovariectomie) d'une ratte pubère	Arrêt du cycle utérin et atrophie de l'utérus
C- greffe sous-cutanée d'un fragment de l'utérus à une ratte pubère	Le fragment greffé subit les mêmes trans-formations que l'utérus en place
D- l'injection d'extraits ovariens à une ratte pubère ovariectomisée	Développement (prolifération) de l'endomètre sans variations cycliques

Expérience 2 : Action de l'hypothalamus et de l'hypophyse dans le contrôle des cycles

Expériences	Résultats
A- Hypophysectomie (ablation de l'hypophyse) chez une ratte adulte	Atrophie des ovaires et arrêt du cycle ovarien.
B. Injection d'extraits hypophysaires à la ratte hypophysectomisée (FSH et LH)	Développement des ovaires et parfois reprise du cycle ovarien.
C - Destruction, chez une ratte, d'une zone de l'hypothalamus	Arrêt des cycles ovarien et utérin et de la sécretion de gonadostimulines
injection intraveineuse de gonadolibérine (GnRH)	réprise de la sécretion de gonadostimulines

Rétrocontrôles.

L'ablation des ovaires chez une rate entraine une sécrétion anormalement élevée de FSH et de LH. Une injection d'œstrogène entraine un retour à une sécrétion normale de gonadostimulines.



Document 6

Consigne : à partir du texte et du document :

1. Interprète ces expériences.
2. Précise les structures de l'ovaire qui sécrètent les hormones et l'action de ces derniers sur l'utérus.
3. Détermine les relations entre l'hypothalamus, l'hypophyse les ovaires et l'utérus.
4. Précise les différents rétrocontrôles entre les ovaires, l'hypophyse et l'hypothalamus et leurs conditions.

Synthèse partielle 3 :

1) Interprétations :

Expérience 1 : Action des ovaires sur l'utérus :

L'utérus n'a aucun contrôle sur le fonctionnement des ovaires.

Les ovaires contrôlent le cycle utérin grâce à la production d'hormones (œstrogènes et progestérone).

Expérience 2 : Action de l'hypothalamus et de l'hypophyse dans le contrôle des cycles.

A. L'hypophyse commande le fonctionnement des ovaires.

B. L'hypophyse commande le fonctionnement des ovaires grâce à la production de gonadostimulines (FSH et LH).

C. La production de gonadostimuline est sous contrôle de l'hypothalamus.

D. L'hypothalamus stimule la production de gonadostimuline par la sécrétion de GnRH

2) Les hormones ovariennes :

Les cellules folliculaires sécrètent les œstrogènes (dont l'œstradiol) et le corps jaune sécrète la progestérone et un peu d'œstradiol.

Les hormones ovariennes provoquent l'hypertrophie (l'épaississement) de l'endomètre.

Les œstrogènes provoquent la contractilité du myomètre et stimulent la production de glaire cervicale.

La progestérone limite et complète l'action des œstrogènes. Elle agit en synergie avec ces derniers. Elle permet à la muqueuse d'atteindre son épaisseur maximale (dentelle utérine).

3) Contrôle hormonal :

Les ovaires on deux fonctions : la production de gamète et la production d'hormone (œstrogènes et progestérone). Leur fonctionnement est cyclique.

Pendant la phase folliculaire : les follicules produisent les œstrogènes qui provoquent l'hypertrophie de l'endomètre et la sécrétion de glaire cervicale.

Pendant la phase lutéinique : le corps jaune sécrète la progestérone et un peu d'œstradiol qui permet à la muqueuse d'atteindre son épaisseur maximale.

A la fin du cycle : le corps jaune dégénère et la production d'hormone chute, provoquant la destruction partielle de l'endomètre (menstruations).

L'hypophyse contrôle le fonctionnement des ovaires par la production de gonadostimuline :

La FSH : stimule la maturation des follicules. Grâce à l'action combinée avec la LH, les follicules sécrètent les œstrogènes.

La LH : déclenche l'ovulation grâce à un pic (pic pré-ovulatoire), stimule la transformation du follicule rompu en corps jaune et la production d'hormone par le corps jaune.

La production de gonadostimuline est contrôlée à la fois par l'hypothalamus et les hormones ovariennes.

L'hypothalamus, stimule l'hypophyse par la production de **gonadolibérine (GnRH).**

Pendant la phase folliculaire, le taux faible d'œstrogènes inhibe la production de LH.

Au moment de l'ovulation le taux fort d'œstrogènes stimule l'augmentation de la production de LH (pic pré-ovulatoire).

Pendant la phase lutéale, la présence simultanée de la progestérone et d'œstrogènes inhibe la production de gonadostimulines.

4) Les différents rétrocontrôles :

Rétrocontrôle négatif : inhibition de la production de gonadostimuline :

Taux faible d'œstrogènes, présence simultanée de la progestérone et des œstrogènes.

Rétrocontrôle positif : stimulation de la production de gonadostimuline :

Taux d'œstrogènes très élevé.

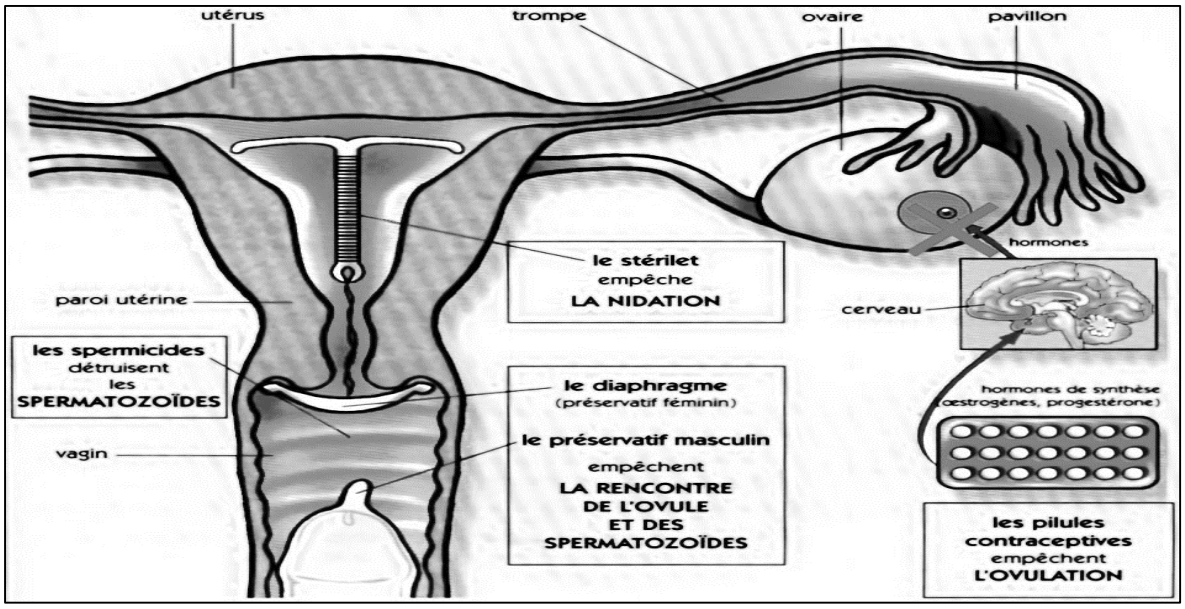
Activité 4 : La maitrise de la procréation.

Les relations amoureuses aboutissent le plus souvent à des relations sexuelles. Ces relations sexuelles entrainent naturellement le transfert de gamètes d'un individu à l'autre et dont une possibilité de fécondation si les partenaires n'ont pas pris de précaution volontaire pour l'éviter.

Plusieurs techniques et méthodes permettent aux couples de contrôler la procréation.

Des méthodes contraceptives, utilisant les connaissances relatives à la procréation permettent de choisir le moment approprié pour avoir un enfant.

- La contraception hormonale féminine s'appuie sur les connaissances de la régulation hormonale chez la femme. Les pilules œstro-progestatives modifient les variations cycliques des hormones hypophysaires en supprimant le pic de LH, empêchant ainsi l'ovulation. Les pilules progestatives possèdent un effet sur l'endomètre, le rendant impropre à la nidation.
- D'autres méthodes contraceptives sont basées essentiellement sur la rencontre des gamètes agissants comme des barrières, elles empêchent la fécondation.



A

Méthodes	Avantages	Inconvénients	Sexe	Mode d'action	Efficacité
Préservatif	Pratique, économique	Déchirure, éclatement, allergie	♂	Empêche la fécondation	100 % si intact jusqu'à la fin de l'acte
Diaphragme	Non allergique, discret	Cher, bruyant, non recommandé au premier rapport	♀	Empêche la fécondation	97 à 98 %
Stérilet		Risque d'infection des trompes, donc stérilité	♀ déjà mère	Empêche la nidation	99 %
Pilule	Voie orale, pratique	Effets secondaires, vomissement, prise de poids	♀ en âge de procréer	Empêche l'ovulation	99,9 %
Implant contraceptif	Pratique	Cher, saignement entre les règles, migraines, prise de poids	♀	Empêche l'ovulation	99,9 %

B

Documen7

Consigne : à partir de l'analyse du texte et du document 7 :

Précise les différentes méthodes de contraception.

Synthèse partielle 4 :

Les méthodes de contraception :

Naturelles : abstinence, planning familial, prise de température, retrait du pénis avant éjaculation.

Chimique : prise de pilules, injectables, spermicides.

Mécaniques : préservatifs, diaphragmes, stérilets

Chirurgicale : insertion d'implants.

Activité 5 : Les principales causes de stérilité

Les causes de la stérilité sont multiples.

Chez l'homme :

Certaines investigations ont montré les cas de spermes vides de spermatozoïdes qui ont pour raisons des lésions hypophysaires, des infections, des obstructions congénitales. On note dans d'autres cas, une quantité minime de spermatozoïdes dans le sperme (oligospermie) ou aussi des cas où les spermatozoïdes sont en nombre élevé mais avec des difficultés de mouvement.

Chez la femme :

Le cas le plus fréquent est l'obstruction des trompes. Elle peut être aussi liée au commande hypothalamo-hypophysaire avec troubles de l'ovulation et insuffisance lutéale. On observe également des cas où l'ascension des spermatozoïdes se fait mal si la glaire cervicale est absente, infectée ou hostile aux spermatozoïdes.

<table>
<tr><th>Origine</th><th>Stérilité masculine</th><th colspan="2">Stérilité féminine</th></tr>
<tr><td>Gonades</td><td>• Absence de spermatogenèse :
– cryptorchidie
• Anomalies de la spermatogenèse :
– oligospermie = réduction du nombre de spermatozoïdes
– asthénospermie : réduction de la mobilité des spermatozoïdes
– tératospermie : anomalies de la forme des spermatozoïdes</td><td colspan="2">• Anomalies de l'ovulation : anovulation d'origine hypothalamique, hypophysaire ou ovarienne
•Dysfonctionnement du corps jaune</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Voies génitales</td><td rowspan="3">• Imperméabilité ou interruption de l'épididyme et/ou du canal déférent</td><td>Trompes</td><td>• Obturation des trompes
• Modification de la paroi tubaires
• Adhérences péri-tubaires empêchant la captation de l'ovocyte</td></tr>
<tr><td>Utérus</td><td>• anomalies de l'utérus (malformations, fibromes…)
• Altérations de l'endomètre</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Glaire cervicale</td><td>• Altérations mécaniques
• Insuffisance quantitative ou qualitative</td></tr>
<tr><td>Cause immunologique</td><td>Autoagglutination des spermatozoïdes</td><td>Présence d'anticorps anti-spermatozoïdes</td></tr>
</table>

Document 8

Consigne : à partir de ce texte :

Précise les principales causes de stérilité dans un couple.

Synthèse partielle 5 :

Les principales causes de stérilité :

Chez l'homme : troubles hormonales, obstruction des spermiductes, azoospermie, oligospermie, tératospermie.

Chez la femme : obstruction des oviductes, troubles hormonales, glaire cervicale absente, infectée ou hostile aux spermatozoïdes.

Synthèse générale :

1. Rôle de l'hypophyse sur l'activité testiculaire

L'hypophyse sécrète deux hormones agissant sur les testicules : la LH et la FSH. Ces hormones sont nommées gonadostimulines ou gonadotrophines :

• La LH : agit sur les cellules interstitielles ou cellule de Leydig en stimulant la sécrétion de testostérone.

• La FSH : active indirectement la spermatogenèse. En se liant aux récepteurs des cellules de Sertoli, la FSH stimule la synthèse par ces cellules d'une protéine, l'ABP (Androgen Binding Protein) indispensable à la réception de la testostérone par les cellules germinales, ce qui active la spermatogenèse.

La sécrétion de FSH est pulsatile et synchronisée avec celle de LH.

2. Rôle de l'hypothalamus et rétroaction exercée par la testostérone :

La production de FSH et de LH dépend donc d'une hormone hypothalamique, la GnRH dont la sécrétion est pulsatile. La sécrétion de LH et de FSH est aussi pulsatile. Ce caractère pulsatile de la sécrétion de GnRH, puis de FSH et de LH, s'explique par sa production par des amas de neurones hypothalamiques dont l'activité est rythmique. L'hypophyse est donc sous le contrôle de l'hypothalamus. La testostérone exerce donc une action inhibitrice sur le fonctionnement du complexe hypothalamo-hypophysaire.

3. **La régulation des cycles sexuels chez la femme.**

Dans l'espèce humaine, le cycle menstruel dure environ 28 jours, il débute le premier jour des règles et se caractérise par un événement majeur : l'ovulation qui a lieu vers la moitié du cycle.

a. Le cycle ovarien

On distingue deux grandes phases lors de ce cycle : la phase folliculaire et la phase lutéale.

La phase folliculaire (ou phase pré-ovulatoire) est caractérisée par une maturation folliculaire avec une reprise de l'ovogenèse et par une sécrétion d'œstrogènes par les cellules thécales.

L'ovulation est la phase de libération de l'ovocyte II (métaphase de deuxième division de méiose) ; elle se produit sous l'influence de la forte décharge de LH. La phase lutéale (ou post-ovulatoire) se caractérise par une transformation du follicule déhiscent en corps jaune dont la sécrétion principale est la progestérone.

b. Le cycle utérin

Le cycle utérin débute par une phase de desquamation responsable de la menstruation. Dès la fin des règles, la muqueuse utérine augmente d'épaisseur, se vascularisé et se creuse de nombreuses cryptes ; c'est essentiellement l'œstradiol qui stimule ces transformations. Lors de la phase lutéale, il y a un développement glandulaire et une diminution de l'activité contractile ; ces modifications sont dues à la progestérone.

c. Le cycle de la glaire cervicale

La glaire (ou mucus) cervicale est sécrétée par les cellules glandulaires du col utérin. Sa production est faible au début du cycle, puis devient progressivement abondante dans la deuxième moitié de la phase pré-ovulatoire. La production régresse rapidement pendant la phase post-ovulatoire. Les propriétés physiques de la glaire évoluent au cours du cycle : au moment de l'ovulation, elle devient plus riche en eau, plus alcaline et plus filante. Ces modifications permettent de créer un milieu favorable au passage et à la survie des spermatozoïdes lors de la période ovulatoire.

4. Maitrise de la procréation

L'évolution démographique a conduit à la mise en place d'un contrôle des naissances. Les problèmes de stérilité ou d'hypofertilité des couples ont conduit à des recherches de moyens de traitement de la stérilité. On distingue plusieurs types de pilule : les pilules combinées normo dosées, les pilules séquentielles, les micropilules. La contraception par voie orale empêche soit la fertilisation en perturbant la rencontre des gamètes ou en bloquant l'ovulation, soit la nidation, soit associé tous ses effets. La pilule a pour tâche de rendre la glaire cervicale infranchissable pour les spermatozoïdes en restaurant le maillage.

Sous concept 2 : La régulation de la glycémie.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que la glycémie ?

Quelles sont les conséquences d'une perturbation de la glycémie ?

Situation problème :

Le glucose est la molécule privilégiée des cellules de l'organisme. Il est fourni pendant la phase d'absorption, au cours de laquelle les nutriments issus de la digestion pénètrent dans le sang à partir du tube digestif. Le sang approvisionne en permanence en glucose les cellules de l'organisme qui utilisent pour leur fonctionnement. Pour assurer son bon fonctionnement, l'organisme doit être capable de contrôler certains paramètres dont la glycémie.

Comment la glycémie se maintient-elle constante alors que les apports alimentaires sont discontinus ?

Quels sont les organes qui interviennent dans la régulation de la glycémie ?

Quelle relation existe-t-il entre glycémie et diabète ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : La glycémie

La glycémie est définit comme le taux de glucose sanguin. Elle est proche de $1g.l^{-1}$ (soit $5mM.l^{-1}$).

Si ce taux est inférieur à 0,6g/l, on est en hypoglycémie. Elle se caractérise par une fatigue, des sueurs et une pâleur du visage ; elle s'accompagne parfois d'une perte de connaissance.

Si ce taux est supérieur à 1,26g/l, on parle d'hyperglycémie. Le sujet ressent une soif intense, la présence de sucre dans l'urine (glycosurie) peut entrainer des troubles rénaux. Les urines et le sang sont plus « sucrés » et les bactéries s'y développent activement. Les défenses immunitaires sont amoindries et des risques cardiovasculaires peuvent subvenir. Ces troubles caractérisent le diabète.

Pour un bon fonctionnement de l'organisme, la glycémie doit donc toujours avoir la même constante physiologique (1g/l) : c'est l'homéostat glycémique. Cela implique l'existence d'un système de régulation.

Chez u sujet en bonne santé, chaque repas est suivit d'une augmentation de la glycémie, qui ne dépasse pas 1,6g/l, et un retour à la normale en moins de deux heures après le repas. Chez un sujet en jeûne prolongé, la glycémie ne varie pas pendant plusieurs jours. On peut donc conclure qu'il existe un système de régulation. Le glucose est tantôt stocké, tantôt libéré pour maintenir cette « constance » de la glycémie.

Consigne : à partir du texte :

1. Détermine la valeur moyenne de la glycémie chez un sujet normal.
2. Explique les causes de la variation de la glycémie au cours de la journée.
3. Explique pourquoi l'hypoglycémie peut provoquer des pertes de connaissances.

Activité 2 : Le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

Des expériences ont étés réalisées pour comprendre le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

Expérience 1 : Expérience « du foie lavé ».

Claude Bernard explique qu'en faisant passer un courant d'eau dans les vaisseaux hépatiques (foie) d'un animal aussitôt après la mort, on débarrasse le foie de son sucre mais quelques heures après, le même foie se charge à nouveau de sucre.

Expérience 2 : Ablation du foie.

Après l'ablation du foie chez un animal, les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Temps après l'ablation (min)	0	15	30	45	60	75	90
Glycémie	1	0,88	0,76	0,7	0,6	0,55	0,5 (mort)

Consigne :

1. Analyse les résultats de ces expériences.
2. Précise le rôle du foie dans la régulation de la glycémie.

Synthèse partielle 1 :

1) La valeur moyenne de la glycémie chez un sujet normal est de $1g.l^{-1}$ (soit $5mM.l^{-1}$).

2) La glycémie augmente après chaque repas, grâce à l'absorption intestinale.

3) En cas d'hypoglycémie, le fonctionnement des neurones est perturbé car leur source d'énergie est le glucose. Cela peut amener des pertes de connaissance.

Synthèse partielle 2 :

1) Analyse :

Expérience 1 : Le foie débarrassé de glucose s'en charge après quelques temps. Le foie régénère le glucose.

Expérience 2 : Après l'ablation du foie, la glycémie diminue progressivement jusqu'à la mort de l'animal. Le foie intervient dans la régulation de la glycémie.

2) Le rôle du foie dans la régulation de la glycémie :

Le foie réalise le stockage et la régénération de glucose en fonction des besoins de l'organisme.

Activité 3 : Stockage et libération du glucose par les organes.

En cas d'hyperglycémie, le glucose est stocké dans plusieurs organes. Il se retrouve essentiellement :

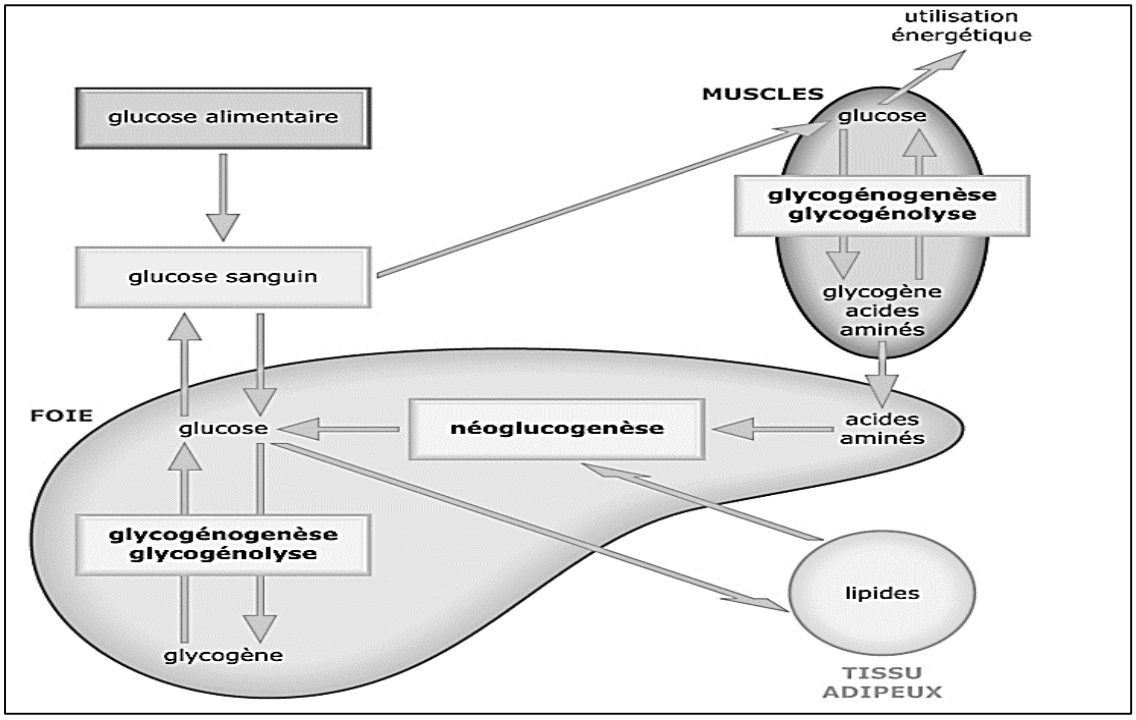
- Dans les muscles sous forme de glycogène ;
- Dans le tissu adipeux, transformé en lipide.
- Dans le foie sous forme de glycogène qui sera restitué suivant les besoins de l'organisme.

Les deux premiers ne restituent jamais de glucose au sang.

Lorsque le glucose est plus abondant dans l'organisme, par exemple après un repas, il est stocké sous forme de glycogène suivant la réaction : $nC_6H_{12}O_6$ $(C6H10O5)_n + nH_2O$. **C'est la glycogénogenèse.**

En cas d'hypoglycémie, par exemple, après un jeûne prolongé, le glycogène hépatique est hydrolysé en glucose suivant la réaction : $(C6H10O5)_n + nH_2O$ $nC_6H_{12}O_6$: **C'est la glycogénolyse.**

En cas de jeûne prolongé, les réserves glucidiques sont insuffisantes pour faire face aux besoins de l'organisme. Le foie réalise alors la néoglucogenèse (synthèse de glucose à partir de substances non glucidiques)



Doc.1

Consigne : à partir texte et du document 1 :

1. Détermine les organes de stockage du glucose et préciser l'organe qui restitue le glucose au sang.
2. Quelles sont les formes et les conditions du stockage du glucose ?

Synthèse partielle 3 :

1) Les organes de stockage de glucose : Le foie, le tissu adipeux (graisse), les muscles. Parmi ces organes, c'est le foie qui restitue le glucose au sang (glycogénolyse et néoglucogenèse).

2) En cas d'hyperglycémie, le glucose est stocké dans les organes de stockage.

Sous forme de glycogène dans le foie et le muscles (glycogénogenèse).

Sous forme de lipide dans le tissu adipeux (lipogenèse).

Activité 4 : Rôle du pancréas dans la régulation de la glycémie.

A) Mise en évidence

Le pancréas est une glande qui joue un rôle important dans la régulation de la glycémie.
Différentes expériences démontrent le rôle du pancréas.

- **L'ablation totale du pancréas (pancréatectomie)** : des troubles digestifs surviennent rapidement du fait de l'absence d'enzymes digestives pancréatiques et on constate une augmentation très rapide de la glycémie aboutissant à la glycosurie.
- Greffe de pancréas : après pancréatectomie chez un animal, si l'on greffe un fragment de pancréas en un point quelconque du corps, les troubles digestifs persistent, mais la glycémie revient à la normale. Or le seul lien entre le greffon et l'organisme est le sang.
- Injections d'extraits pancréatiques : si l'on fait séjourner des fragments de pancréas dans un liquide physiologique, que l'on broie, filtre et que l'on injecte ce filtrat à un animal sans pancréas, on observe qu'il y a correction de la glycémie, mais que les troubles digestifs persistent.

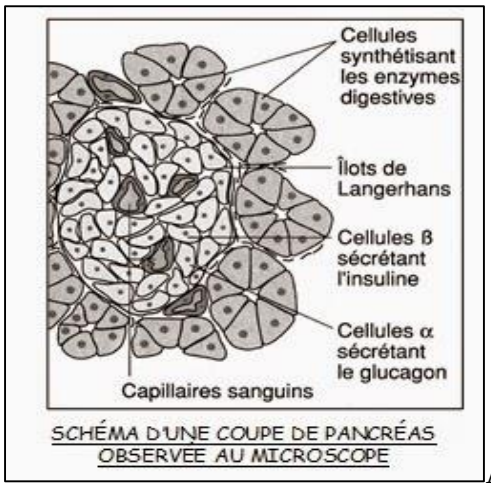
Consigne : Analyse ces résultats et tire une conclusion.

B) Rôles des hormones pancréatiques dans la régulation de la glycémie.

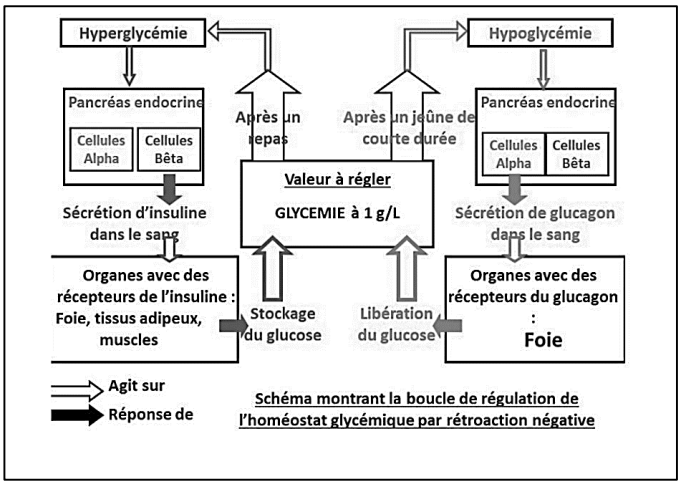
Le pancréas a une structure double (Doc.2A). Pour assurer ses deux fonctions, le pancréas utilise les deux structures qui le constituent :

- **Les acini (pancréas exocrine) :** (99%), ils sécrètent les enzymes digestives du suc pancréatique.
- **Les îlots de Langerhans (pancréas endocrine) :** (1%), formés de deux types de cellules groupées autours des vaisseaux sanguins : les cellules α situées à la périphérie des îlots qui sécrètent le glucagon (hormone) et les cellules β situées au centre des îlots qui sécrètent l'insuline (hormone).

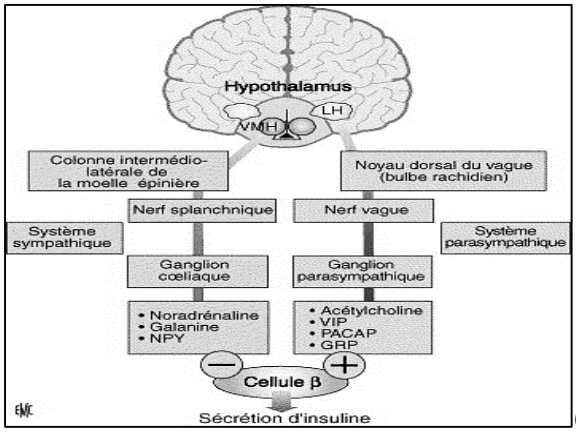
Les documents 2B et 2C représentent la régulation hormonale et nerveuse de la glycémie.



A



B



C

Consigne : à partir du texte et du document 2:

1. Précise la structure du pancréas qui qui intervient dans la régulation de la glycémie.
2. Identifie les hormones pancréatiques intervenant dans la régulation de la glycémie et leurs rôles.
3. Explique comment le pancréas intervient en cas d'hyperglycémie et en cas d'hypoglycémie.

Doc. 2

Activité 5 : Caractéristique et causes des diabètes.

Les diabètes sont des maladies qui se manifestent toujours par une hyperglycémie (**glycémie > 1,26g/l** pendant un jeûne et **> 2g/l** en un autre moment quelconque). Il existe plusieurs phénotypes de diabètes suivant la gravité, l'expression de la maladie et l'âge d'apparition. On distingue deux types principaux de diabètes :

- **Le diabète de type I :**

C'est le plus rare et le plus grave, il peut survenir dès le plus jeune âge. Il se caractérise par une absence ou peu de cellules β, s'accompagnant d'une sécrétion d'insuline très faible. On parle de diabète insulino-dépendant ou diabète maigre. Cette forme de diabète a souvent une origine génétique (héréditaire), mais il peut être dû aussi à des facteurs environnementaux. Certains aliments ou certains virus pourraient être en cause dans le déclanchement de la maladie.

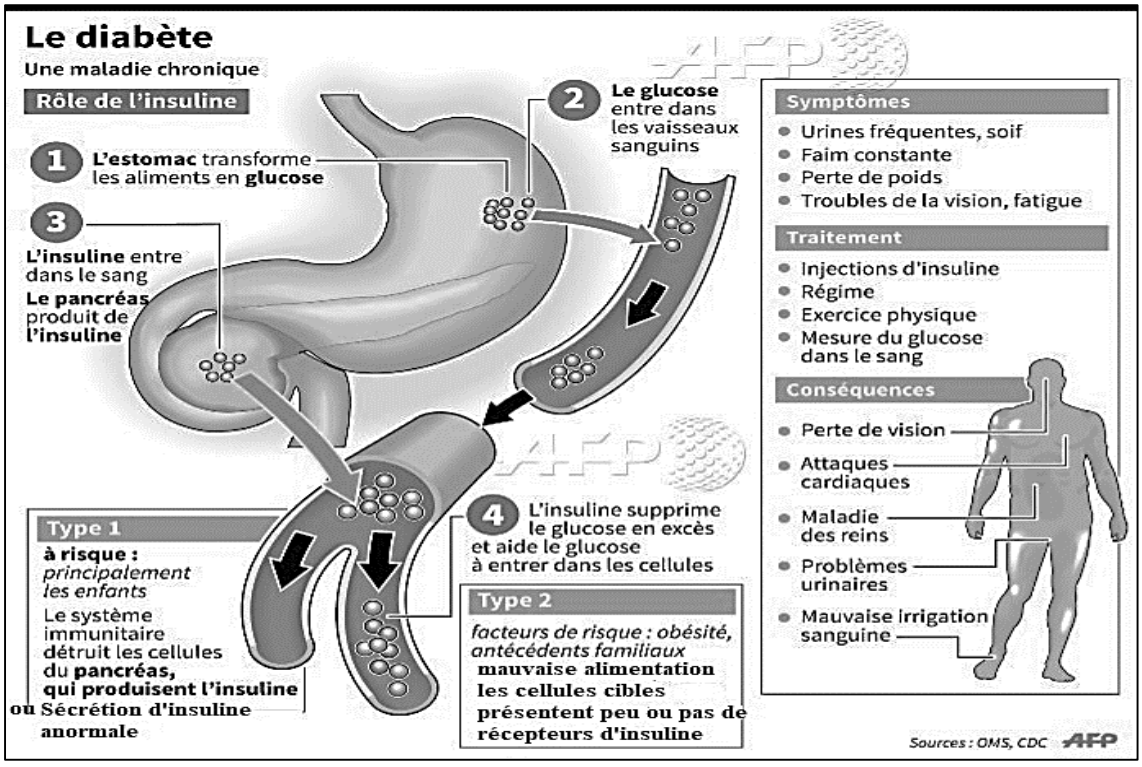
Un sujet peut avoir des cellules β et sécréter une insuline anormale (non reconnue par les récepteurs des cellules cibles). Ce diabète est aussi un diabète insulino-dépendant.

- **Le diabète de type II :**

C'est le diabète le plus fréquent (80%). Il atteint surtout les personnes d'âge mûr.

Les cellules β sont normales, la sécrétion d'insuline aussi, mais les cellules cibles (muscles, tissu adipeux et foie) ont peu ou pas de récepteurs à l'insuline : le captage du glucose est moindre, entrainant une hyperglycémie. On parle de **diabète insulino-résistant** ou « diabète gras ». Seul un régime pauvre en glucose peut le corriger.

L'hérédité peut favoriser son apparition (certains groupes ethniques y sont plus sujets que d'autres). Mais c'est avant tout une mauvaise alimentation et une activité physique insuffisante qui sont la cause. L'obésité est aussi le principal facteur de risque de ce type de diabète. (Voir document 4)



Doc.4

Consigne : à partir du texte et du document 4 :

1. Explique pourquoi le diabète de type 1 est qualifié d'insulinodépendant et le type 2 d'insulino-résistant.
2. Détermine pour lequel des deux diabètes la prédisposition génétique est plus élevée.
3. Explique comment peut-on prévenir le diabète de type 2.

Synthèse partielle 4 :

A) Mise en évidence.

Analyse : Le pancréas est une glande mixte.

Il intervient dans la digestion en produisant les enzymes digestives (fonction exocrine).

Il intervient dans la régulation de la glycémie par voie sanguine (fonction endocrine).

Conclusion : Le stockage et la régénération de glucose est sous la dépendance d'hormones pancréatiques.

B) Rôles des hormones pancréatiques dans la régulation de la glycémie.

1) Le pancréas endocrine (les îlots de Langerhans) constitué par les cellules **α** et les cellules **β** intervient dans la régulation de la glycémie.

2) Les hormones pancréatiques intervenant dans la régulation de la glycémie :

L'insuline : Produite par les cellules **β**, elle stimule le stockage de glucose (glycogénogenèse, lipogenèse). C'est une hormone hypoglycémiante.

Le glucagon : Produit par les cellules ***α,*** il stimule la régénération de glucose (glycogénolyse et néoglucogenèse).

3) **La régulation de la glycémie :**

En cas d'hyperglycémie : Les cellules **β** produisent l'insuline dans le sang. L'insuline stimule le stockage de glucose et la glycémie baisse.

En cas d'hypoglycémie : Les cellules **α** produisent le glucagon dans le sang. Le glucagon stimule la régénération de glucose par le foie et la glycémie augmente.

Synthèse partielle 5 :

1) Le diabète de type I est appelé insulinodépendant car il est dû à une production anormale d'insuline (manque de quantité ou de qualité). Il se corrige avec une injection régulière d'insuline.

Le diabète de type II est qualifié d'insulino-résistant car les cibles n'arrivent pas à fixer l'insuline (manque de récepteurs à l'insuline).

2) C'est le diabète de type I qui a des prédispositions génétiques élevées**.**

3) Pour prévenir le diabète de type II, il faut avoir une bonne hygiène alimentaire (ration alimentaire équilibrée, faire le sport).

Synthèse générale :

1) La glycémie :

La glycémie est le taux de glucose dans le sang ou plus exactement dans le plasma sanguin. La glycémie est très finement régulée. Les valeurs de la glycémie varient selon l'état nutritionnel et le stress. En particulier la différence entre la glycémie à jeun et la glycémie post-repas est importante. Sa valeur moyenne est de 1g/l.

Dans l'organisme, le glucose est stocké sous forme de glycogène dans le tissu musculaire et le tissu hépatique, et sous forme de triglycérides dans le tissu adipeux.

Les réserves hépatique étant réduite, la néoglucogenèse permet de couvrir les besoins des cellules gluco-dépendants durant une dizaine d'heures.

2) **Action du foie :**

Le foie est un organe de stockage et de déstockage du glucose en vue du maintien de la constante glycémique. La glycogénogenèse est le stockage de glucose sous forme de glycogène dans le foie.

Lorsque le foie est saturé en glycogène, le surplus de glucose sanguin est emmagasiné dans les muscles striés et dans les tissus adipeux. Ces derniers ne fournissent pas de glucose au milieu intérieur, mais fournissent au foie les précurseurs nécessaires (glycérol, lactate, pyruvate, acides aminés …) à la néoglucogenèse.

Le glycogène musculaire est directement utilisé par le muscle lui-même. C'est une réserve privée. Celui du foie est commun à tout l'organisme. Le foie par glycogénolyse et grâce à la présence de la glucophosphatase est « le seul organe capable de libérer du glucose dans le milieu intérieur ».

3) Action du pancréas

En cas d'hyperglycémie : les cellules β captent la variation et secrètent une hormone hypoglycémiante « l'insuline » qui agit sur les cellules cibles. En effet l'insuline favorise la pénétration du glucose et sa consommation dans les cellules, stimule la synthèse du glycogène (glycogénogenèse) et des graisses.

En cas d'hypoglycémie : les cellules α captent la variation et secrètent une hormone hyperglycémiante, le glucagon qui agit sur les cellules cibles. Ces derniers sont essentiellement les cellules hépatiques. Le glucagon stimule la glycogénolyse et la néoglucogenèse.

4) Glycémie et diabète

Le diabète est une maladie chronique très grave qui résulte d'une hyperglycémie. Il peut prendre différentes formes en fonction de son origine.

Le diabète de type I : également appelé diabète juvénile, il a la particularité qu'il ne peut pas se prévenir.

Origine : Les lymphocytes, au début de la maladie, envahissent les îlots de Langerhans et détruisent les cellules β, c'est une maladie auto-immune. Au final les malades ne secrètent plus assez d'insuline, ils ne proviennent plus à corriger l'hyperglycémie. On parle aussi de diabète insulino-dépendant « DID ». Un sujet peut avoir des cellules β et sécréter une insuline anormale (non reconnue par les récepteurs des cellules cibles). Il est traité par l'insulinothérapie. Cela consiste à une injection intramusculaire d'insuline plusieurs fois par jour pour contrer l'hyperglycémie.

Le diabète de type II : Il représente près de 90 % des diabétiques. Il se déclenche tardivement chez des individus âgés de plus de 50 ans.

Origine : L'insuline aussi produite n'est pas utilisé par les muscles car ils deviennent résistants. On parle de diabète non insulino-dépendant « DNID ». Il n'est pas traité par l'insuline. Son traitement est complexe et a besoin d'un arsenal complet de médicaments thérapeutique.

Sous concept 3 : L'activité cardiaque et la régulation de la pression artérielle.

Pré-évaluation :

Quel est le rôle du cœur ?

Qu'est-ce que la pression artérielle ?

Situation problème :

La section accidentelle d'une artère déclenche une hémorragie caractéristique, le sang s'écoule par jets saccadés. Cette observation révèle que le sang circule sous pression notable dans le système artériel et que cette pression varie rythmiquement. Cette pression sanguine dépend étroitement de l'activité cardiaque.

Comment mesurer cette pression ?

Une régulation satisfaisante de la pression artérielle suppose donc un contrôle par les centres nerveux et le système hormonal. Comment est assuré ce contrôle ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : La pression artérielle, une variable physiologique réglée.

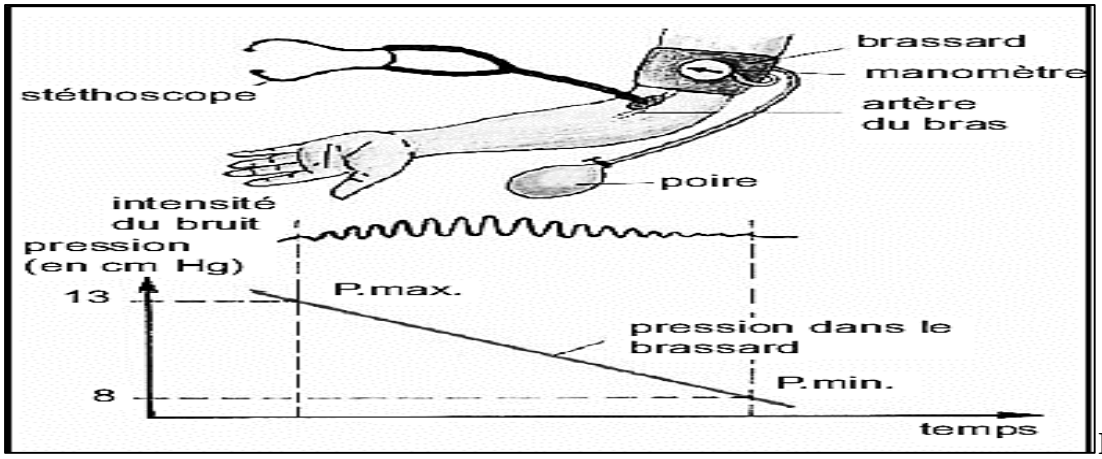
A) Mesure de la pression artérielle.

Les contraction rythmiques du muscle cardiaque assurent la propulsion du sang dans l'appareil circulatoire et sont à l'origine de la pression artérielle (pression que le sang exerce sur la paroi des artères).

1) On gonfle le brassard à une pression supérieure à la pression artérielle maximale : la compression de l'artère bloquant le passage du sang, aucun bruit n'est perçu à l'aide du stéthoscope.

2) On décompresse peu à peu l'artère en dégonflant le brassard : dès que la pression sanguine devient supérieure à la pression exercée par le brassard, le sang passe à nouveau et un bruit sourd intermittent est entendu au stéthoscope. La pression donnée alors par le manomètre correspond à la pression maximale ou pression systolique.

3) En continuant de dégonfler le brassard. Le sang s'écoule de manière pulsatile; le bruit perçu est intense et vibrant. Lorsque la pression est minimale, l'écoulement du sang est silencieux. La valeur relevée sur le manomètre au moment de la disparition du bruit correspond à la pression minimale ou pression diastolique.



Doc.1

Consigne :

1) Définis : pression artérielle, pression systolique et pression diastolique.
2) Détermine les éléments physiologiques responsables de la pression artérielle.
3) Quelles sont les valeurs normales de la pression diastolique et systolique ?
4) Trouve la relation entre la pression artérielle et le débit sanguin.

Synthèse partielle 1A :

1) Définitions :

Pression (ou tension) artérielle : c'est la pression exercée par le sang sur la paroi des artères.

La pression systolique : elle correspond à la pression pendant la contraction (systole) ventriculaire.

La pression diastolique : correspond à la pression exercée pendant le relâchement (diastole) du cœur.

2) **Les éléments physiologiques responsables de la pression artérielle** : le débit et la fréquence cardiaque, le diamètre des vaisseaux sanguins, le volume sanguin.

3) Les valeurs normales de la pression artérielle :

La pression systolique : **13cm Hg.**

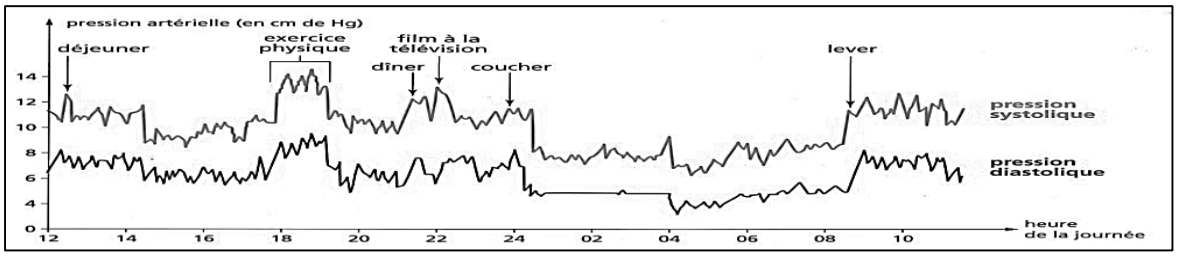
La pression diastolique : **8cm Hg.**

4) La pression artérielle est proportionnelle au débit sanguin. **U=R*I.**

U= différence de pression entre deux endroits ; R = résistance des vaisseaux sanguins, I= débit sanguin.

B) Variation de la pression artérielle.

La pression artérielle est variable au cours de la journée, mais toutes perturbations sont rapidement corrigées ce qui confirme la présence d'un système de régulation. On parle d'hypertension artérielle (HTA) si la pression artérielle est supérieure à **140-90 mm Hg**. C'est l'une des maladies les plus rependues dans le monde et constitue l'un des trois facteurs majeurs du risque cardiovasculaire. L'hypotension artérielle (**pression systolique < 100 mm Hg**) n'est pas une maladie mais le symptôme d'autres troubles : problème neurologique, déshydratation, effets secondaires d'un médicament ou de drogues, etc. Le document 2 représente les variations de la pression artérielle au cours de la journée et suivant les activités.



Doc.2

Consigne :

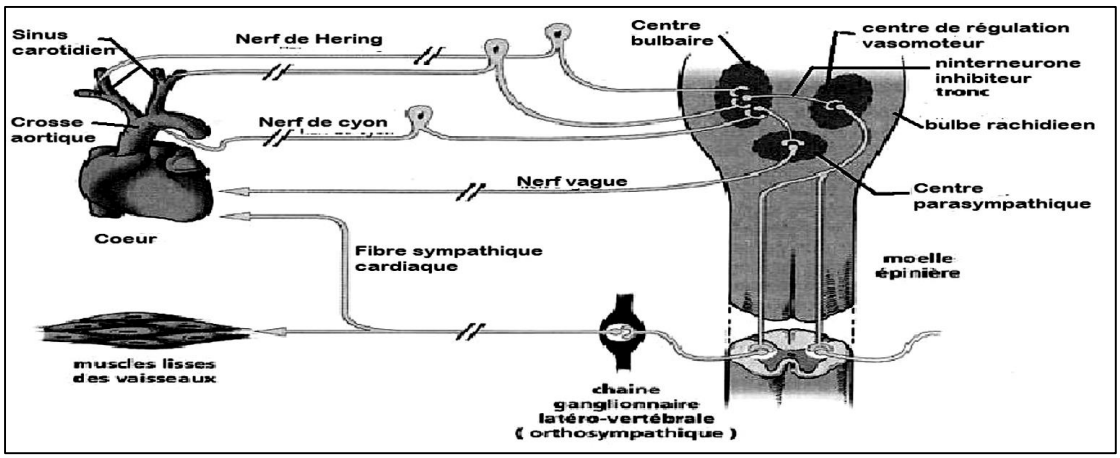
1. Nomme quelques activités journalières à l'origine de la variation de la pression artérielle.
2. Pourquoi la pression artérielle doit être maintenue à une valeur consigne ?

Synthèse partielle B :

1) Quelques activités journalières à l'origine de la variation de la pression artérielle : le repas, l'activité physique, la passion, le coucher, le réveil…
2) La pression artérielle doit être maintenue à une valeur consigne pour assure le bon fonctionnement de l'organisme et éviter des dommages de l'organisme (surtout les vaisseaux sanguins).

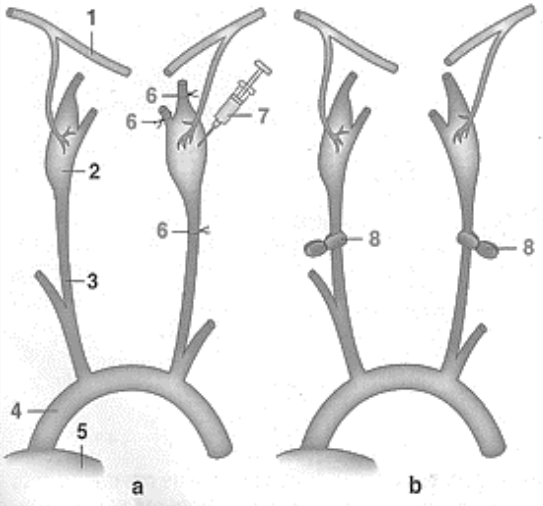
Activité 2 : La régulation nerveuse de la pression artérielle.

Les facteurs qui déterminent la pression artérielle sont : le débit cardiaque, la résistance périphérique, l'élasticité des parois des grosses artères, le volume sanguin (ou volémie). L'appareil circulatoire comme l'ensemble des viscères, est soumis à des contrôles assurés par le système neuro-végétatif (Doc. 3). Ce dernier est organisé en deux ensembles antagonistes : le système sympathique et le système parasympathique. Chaque système possède ses voies nerveuses, ses centres et intègre les informations fournies par un certain nombre de récepteurs sensoriels renseignant notamment sur les variations de la pression artérielle en certains « points stratégiques » du système circulatoire. Les systèmes sympathique et parasympathique réagissent aux informations sensorielles de façon coordonnée et rétablissent une pression normale en modifiant de façon appropriée l'activité cardiaque d'une part, et la vasomotricité périphérique d'autre part.



Doc.3

Pour comprendre le l'innervation du cœur, on réalise des séries d'expériences.



1. nerf de Hering - 2. sinus carotidien - 3. artère carotide
4. artère aorte - 5. cœur
6. ligatures - 7. liquide physiologique - 8. pinces

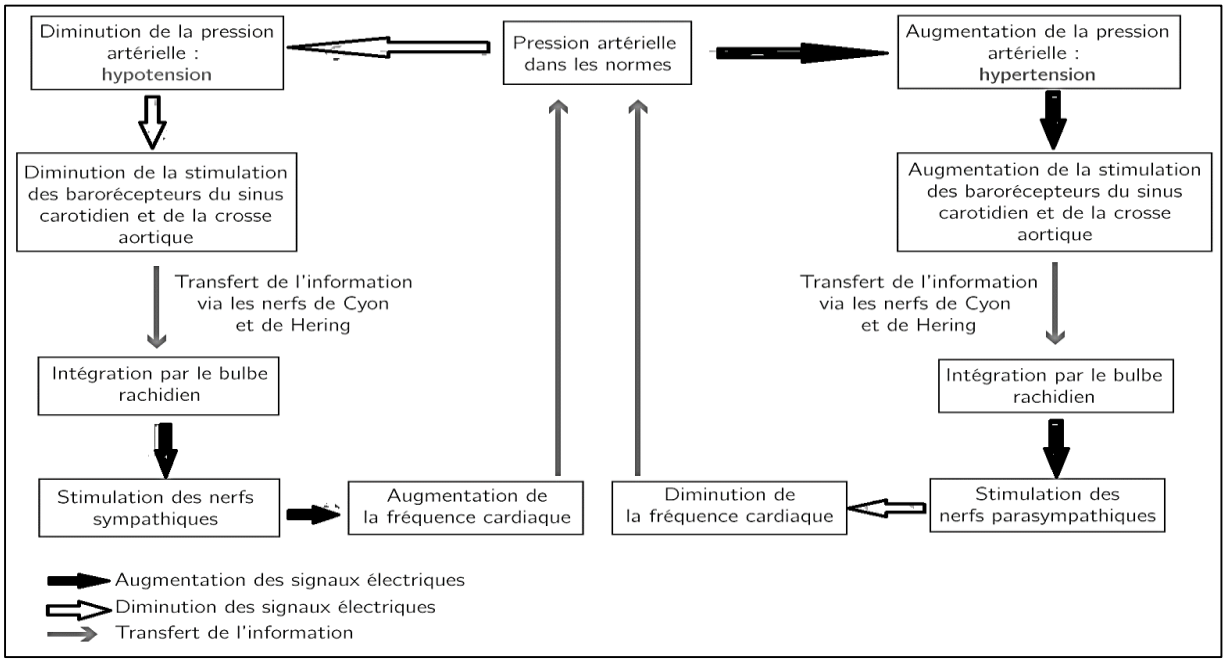
Expériences anciennes réalisées chez un animal anesthésié

- **Expérience a :** un sinus carotidien est isolé par des ligatures (6) ; on y augmente la pression en injectant du liquide physiologique (7).
- **Expérience b:** les carotides droite et gauche sont pincées (8), ce qui crée une hypotension au niveau des sinus. En effet, dans cette artère, le sang circule du bas vers le haut.
- **Expérience c :** les nerfs de Hering sont sectionnés.

	Expérience a	Expérience b	Expérience c
Pression dans le sinus carotidien	hypertension	hypotension	normale
Activité du nerf de Hering	augmentée	diminuée	nulle
Fréquence cardiaque	ralentissement	accélération	accélération
Pression artérielle générale	diminue	augmente	augmente

Doc.4

Le document 5 représente le schéma général de la régulation nerveuse de la pression artérielle.



Doc. 5

Consigne : à partir de l'analyse des expériences et documents :

1. Précise les centres intégrateurs, les voies et l'effecteur de la régulation nerveuse de la pression artérielle.
2. Quelles informations peut-on tirer concernant les nerfs qui innervent le cœur ?
3. Explique comment la pression artérielle normale est établie après une perturbation ?

Activité 3 : La régulation hormonale de la pression artérielle.

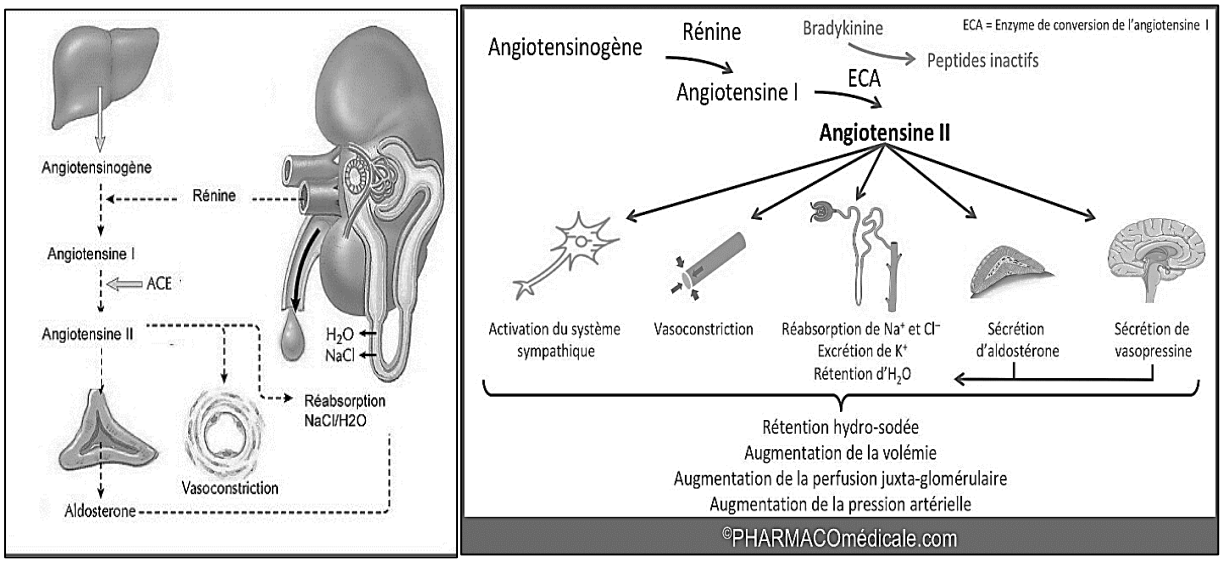
En plus de la régulation nerveuse, plusieurs hormones interviennent dans la régulation de la pression artérielle. Elles agissent de deux manières : soit en modifiant le diamètre des vaisseaux sanguins ; soit en modifiant le volume du sang.

Parmi ces hormones, on peut citer :

- les catécholamines (adrénaline et noradrénaline) sécrétées par les médullo-surrénales.
- le système rénine – angiotensine : l'angiotensine est une hormone de nature peptidique produite par les cellules hépatiques sous forme d'un précurseur inactif, l'angiotensinogène. Ce précurseur ne donne l'hormone active qu'en présence d'une enzyme, la rénine, sécrétée par le rein.
- l'aldostérone: c'est une hormone sécrétée par les corticosurrénales sous l'action de l'angiotensine.
- l'ADH (hormone antidiurétique) ou vasopressine : cette hormone libérée par les terminaisons nerveuses hypothalamiques au niveau de la posthypophyse, favorise la réabsorption de l'eau au niveau du tube collecteur du néphron.

On cherche à déterminer les effets des hormones agissant sur la pression artérielle.

Expériences et observations cliniques	Résultats et conséquences	Conclusions
Une injection d'adrénaline à une concentration de 4 µg(microgrammes) par Kg chez un lapin.	- Augmentation de la fréquence cardiaque, - Une vasoconstriction, - Une hypertension artérielle.	
Injection intraveineuse d'angiotensine à très faible dose (5 à 10 ng/Kg)	- Vasoconstriction généralisée des artérioles, - Augmentation de la pression artérielle.	
Une tumeur ou une hypertrophie des glandes corticosurrénales.	Accumulation excessive d'ions Na^+ dans l'organisme entraînant une forte hypertension.	
Des injections d'extraits posthypophysaires à un lapin.	- Augmentation de la rétention d'eau dans l'appareil circulatoire. -Elévation de la pression artérielle.	



Document 6

Consigne : A partir de l'analyse des résultats expérimentaux et du document 6 :

1. Donne l'action des hormones mises en jeu dans la régulation de la pression artérielle.
2. Explique le rôle du système rénine-angiotensine dans la régulation de la pression artérielle.

Synthèse partielle 2 :

1) Les acteurs de la régulation de la pression artérielle :

Centres intégrateurs : Le centre bulbaire cardio-accélérateur (ou sympathique), le centre bulbaire cardio-modérateur (parasympathique), la moelle épinière (centre médullaire cardio-accélérateur).

Les voies nerveuse : Nerf de Herring, nerf de Cyon, nerf vague (ou nerf X), nerf cardiaque.

Les effecteurs : le cœur et les vaisseaux sanguins.

2) **Informations sur les nerfs :**

Les nerfs de Herring, et de Cyon sont des nerfs sensitifs (afférents).

Le nerf vague et le nerf cardiaque sont des nerfs moteurs (efférents).

Le nerf vague appartient au système parasympathique (cardio-modérateur) et le nerf cardiaque appartient au système sympathique (cardio-accélérateur).

3) Régulation de la pression artérielle :

En cas d'hypotension :

La stimulation au niveau du sinus carotidien et de la crosse aortique diminue.

Le message est transmis aux centres bulbaires par les nerfs de Cyon et de Herring.

Le centre parasympathique est faiblement stimulé et le centre cardio-accélérateur est faiblement inhibé.

La stimulation augmente au niveau des nerfs sympathiques et la fréquence cardiaque augmente, faisant ramener la pression artérielle à la valeur normale.

En cas d'hypertension :

La stimulation au niveau du sinus carotidien et de la crosse aortique augmente.

Le message est transmis aux centres bulbaires par les nerfs de Cyon et de Herring.

Le centre parasympathique est fortement stimulé et le centre cardio-accélérateur est fortement inhibé.

La stimulation augmente au niveau des nerfs parasympathiques et la fréquence cardiaque diminue, faisant ramener la pression artérielle à la valeur normale.

Synthèse partielle 3 :

1) **Rôles des hormones :** Les hormones Adrénaline, l'angiotensine, l'aldostérone et l'ADH (hormone antidiurétique ou vasopressine) sont toutes hypertensives (augmentent la pression artérielle).

Le rôle du système rénine-angiotensine dans la régulation de la pression artérielle :

En cas d'hypotension : le foie produit l'angiotensinogène qui est transformé en angiotensine I par la rénine (produit par les reins), puis en angiotensine II par l'ECA. L'angiotensine II stimule la vasoconstriction, la production d'ADH ; d'adrénaline et d'aldostérone, la réabsorption de NA+ ; de CL- et la rétention d'eau : faisant augmenter la pression artérielle.

En cas d'hypertension : la production d'angiotensinogène diminue et la pression artérielle diminue.

Synthèse générale :

1) La pression artérielle :

La pression artérielle est la pression exercée par le sang sur les parois des artères. On le définit aussi comme étant un paramètre physiologique représentant la pression du sang dans le système circulatoire.

La valeur de la pression artérielle dépend de la vitesse d'écoulement du sang qui dépend elle-même de la résistance des vaisseaux. Elle varie chez l'Homme en fonction de l'âge, de l'état de santé, des activités physiques, de l'état émotionnel et de la position du corps.

Elle oscille chez un adulte, à chaque battement, entre deux (2) valeurs de référence. Les valeurs de la pression artérielle sont indiquées par deux nombres noté « A/B mm Hg » avec :

A = pression artérielle systolique

B = pression artérielle diastolique

Son unité de mesure est le millimètre de mercure (mm Hg). On peut mesurer la pression artérielle à l'aide d'un Sphygmomanomètre, d'un stéthoscope ou d'un tensiomètre.

Une valeur maximale ou pression artérielle systolique : 140 mm Hg de mesure qui est la conséquence de la contraction du ventriculaire cardiaque ou systole.

Une valeur minimale ou pression artérielle diastolique : 90 mm Hg de mesure qui correspond à la phase de relaxation ventriculaire cardiaque ou diastole.

La pression artérielle est dite normale chez un adulte en bonne santé lorsqu'elle est inférieure à 140/90 mm Hg et supérieure à 100/70 mm Hg.

2) Régulation de la pression artérielle :

La pression artérielle est un paramètre physiologique important dont la régulation nécessite l'intervention des capteurs disséminés dans l'organisme. Ces capteurs sont sensibles soit directement aux variations de la pression artérielle (barorécepteurs), soit à la variation d'autres paramètres liés à cette pression (pression osmotique agissant sur des osmorécepteurs, variations de la volémie détectées par des volorécepteurs).

Ces informations sont intégrées par des centres nerveux hypothalamiques, bulbaires et médullaires qui adaptent leurs activités respectives en fonction des messages reçus. Ces informations modifient également l'activité du rein (sécrétion de rénine).

Les organes effecteurs susceptibles d'agir sur la pression artérielle (pompe cardiaque, artères à paroi musculaire, reins) reçoivent en permanence des consignes nerveuses (message sympathique ou parasympathique) et hormonales (vasopressine, aldostérone, adrénaline) : ce contrôle complexe du débit cardiaque, de la vasomotricité et de la volémie assurent le maintien de la pression artérielle à une proche de la valeur de référence.

Les mécanismes nerveux et hormonaux, parfaitement intégrés, constituent un système de régulation par rétroaction négative.

La régulation de la pression artérielle est une régulation neuro-hormonale intégrée, au cours de laquelle les effecteurs tels que le cœur, les artères, les artérioles et les reins, reçoivent en permanence des messages nerveux et hormonaux à l'origine du contrôle du débit cardiaque, du volume du sang, du calibre des vaisseaux et en définitive du maintien de la pression artérielle entre ses limites de référence.

Concept général 7 : Biotechnologies et l'amélioration des espèces.
Sous- concept 1 : Définition et applications des biotechnologies.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'un microbe ?

Comment utilise-t-on les microorganismes dans l'industrie alimentaire ?

Situation problème :

Les méthodes biotechnologiques sont toutes celles visant à: «L'application pratique de l'ensemble de nos connaissances en biologie, microbiologie ou biologie moléculaire à l'accroissement des potentialités des animaux et des végétaux ou à l'accroissement de leur résistance aux agressions du milieu où ils vivent». Car les biotechnologies sont rarement issues d'une seule discipline ou d'une seule découverte mais, au contraire, de l'application simultanée de ces découvertes en vue de résoudre un problème précis.

Qu'est-ce que la biotechnologie ; et quels sont les techniques et les matériels utilisés ?

Dans quels domaines utilise-t-on la biotechnologie ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

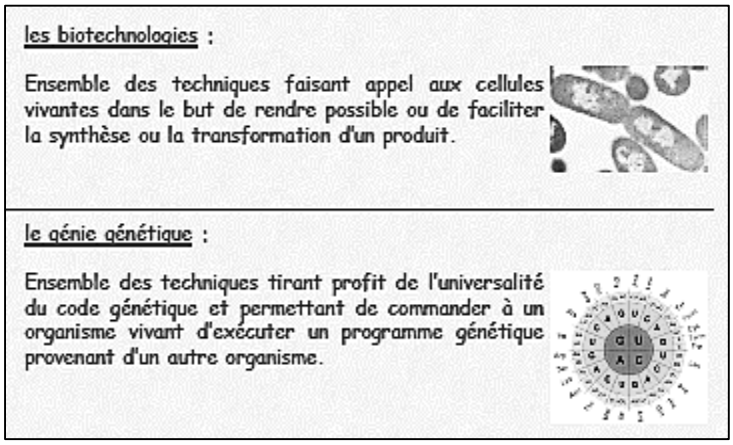
A. Définition et principes du génie génétique.

Activité 1 ; Définition.

La biotechnologie comme « l'application des principes scientifiques et de l'ingénierie à la transformation de matériaux par des agents biologiques pour produire des biens et services

La biotechnologie, ou « technologie de bioconversion » comme son nom l'indique, résulte d'un mariage entre la science des êtres vivants (la biologie) et un ensemble de techniques nouvelles issues d'autres disciplines telles que la microbiologie, la biochimie, la biophysique, la génétique, la biologie moléculaire, la botanique, l'écologie, la zoologie, la médecine, la pharmacie, la physique, l'électronique, l'informatique, le génie génétique, etc. Il s'agit un domaine d'activités qui consiste à caractériser et utiliser dans des applications variées, des molécules ou organismes vivants montrant des propriétés particulières et étonnantes. Elles sont telles, qu'elles présentent un intérêt indéniable pour l'homme. Par abus de langage, on la restreint souvent au domaine du génie génétique et aux technologies issues de la transgénèse, permettant en particulier d'intervenir sur le patrimoine génétique des espèces pour le décrypter ou le modifier.

La biotechnologie moderne peut se définir comme un point de rencontre de plusieurs spécialités (biologie, génétique, biochimie, microbiologie...) pour permettre des applications diverses : agriculture et sécurité alimentaire, industries, santé humaine et animale, produits de diagnostics, énergie, médicaments, préservation et conservation de l'environnement, la génomique (étude de la carte génétique), la bioélectronique et les bio capteurs, pour ne citer que les domaines les plus importants. Ce secteur économique s'est considérablement développé depuis le début des années 1960 et est aujourd'hui intégré à part entière dans le tissu industriel mondial avec un chiffre d'affaires annuel dépassant 120 milliards de dollars US.



doc.1

Consigne :

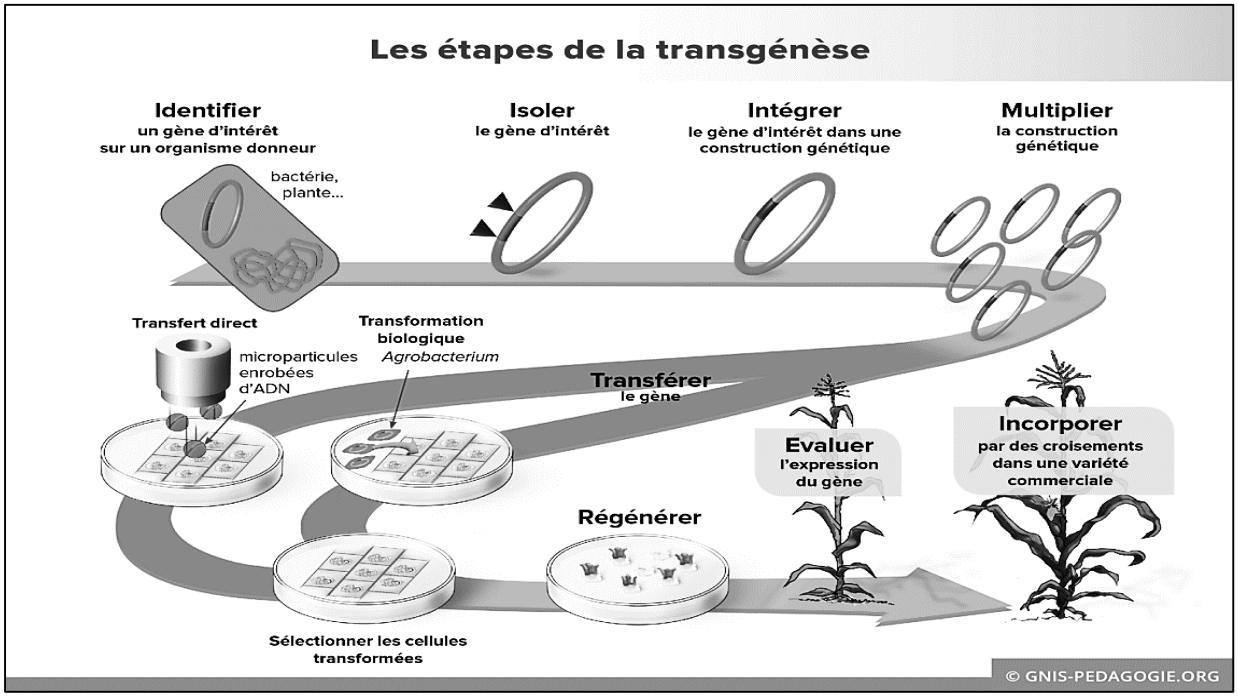
1. Définissez le mot biotechnologies.
2. Citez quelques disciplines impliques dans les biotechnologies.
3. Quel est l'importance des biotechnologies ?
4. Quelle différence fais-tu entre génie génétique et biotechnologie ?

Synthèse partielle 1 :

1) Définition : la biotechnologie est l'ensemble des techniques utilisant les biomolécules comme l'ADN et les enzymes.
2) Quelques disciplines impliquées : que la microbiologie, la biochimie, la biophysique, la génétique, la biologie moléculaire, la botanique, l'écologie, la zoologie, la médecine, la pharmacie, la physique, l'électronique, l'informatique, le génie génétique.
3) Importances : agriculture et sécurité alimentaire, industries, santé humaine et animale, produits de diagnostics, énergie, médicaments, préservation et conservation de l'environnement, etc.
4) Comparaison : la biotechnologie a pour but la synthèse ou la transformation de produits tandis que le génie génétique a pour but de faire produire par une cellule, des protéines nouvelles.

Activité 2 : Le transfert d'un gène (la transgénèse).

Un gène d'intérêt (transgène) prélevé dans une cellule peut être transféré dans une cellule d'un autre organisme. Le transgène peut, dans la cellule hôte, se dupliquer à chaque division cellulaire et s'exprimer, tout comme les autres gènes. Cette technique permet l'apparition d'une nouvelle caractéristique chez le receveur, mise en place par le gène en question. On parle ainsi d'organismes génétiquement modifiés (OGM). Ces transformations génétiques visent plusieurs objectifs : Rendre certaines variétés végétales tolérantes aux herbicides ; rendre certaines variétés végétales résistantes aux insectes et aux maladies ; améliorer la croissance et le développement chez certains animaux et végétaux ; procurer une résistance aux conditions environnementales extrêmes ; améliorer la santé animale ; améliorer la qualité des aliments. Le document 2 représente les étapes de la transgénèse.



Document 2

Consigne : A partir du texte et du document 2 :

1. Définis la transgénèse et donnez son importance.
2. Détermine les matériels utilisés dans la transgénèse.
3. Explique la réalisation d'organismes génétiquement modifiés (OGM).

Synthèse partielle 2 :

1) Définition : transfert dans le génome d'un individu d'un gène qui lui est étranger. permet l'apparition d'une nouvelle caractéristique chez le receveur
2) Matériels utilisés : gène d'intérêt chez une cellule donneuse, constriction génétique, cellule receveuse.

3) Réalisation d'un OGM :

Identifier et isoler le gène d'intérêt ;

Insérer le gène d'intérêt dans une constriction génétique et le faire multiplier ;

Transférer le gène d'intérêt dans la cellule donneuse et faire régénérer un organisme à partir de cette cellule.

B. **Les applications de la biotechnologie.**

Les biotechnologies, par elles-mêmes, se retrouvent intégrées, généralement à des stades de recherche et développement (R&D), dans des secteurs industriels bien définis comme la pharmacie, les industries agro-alimentaires, l'environnement, le développement durable etc. Devant cette diversité, la Communauté Européenne a élaboré une classification très « colorée » des biotechnologies :

Les biotechnologies jaunes se rapportent à toutes les applications liées à la protection de l'environnement et au traitement ou à l'élimination de pollution.

Les biotechnologies vertes regroupent les technologies utilisant des plantes et leurs cellules pour produire et transformer des produits alimentaires, des biomatériaux et de l'énergie.

Les biotechnologies bleues développent des produits en liaison avec la biodiversité marine : santé, cosmétique, aquaculture, agro-alimentaire.

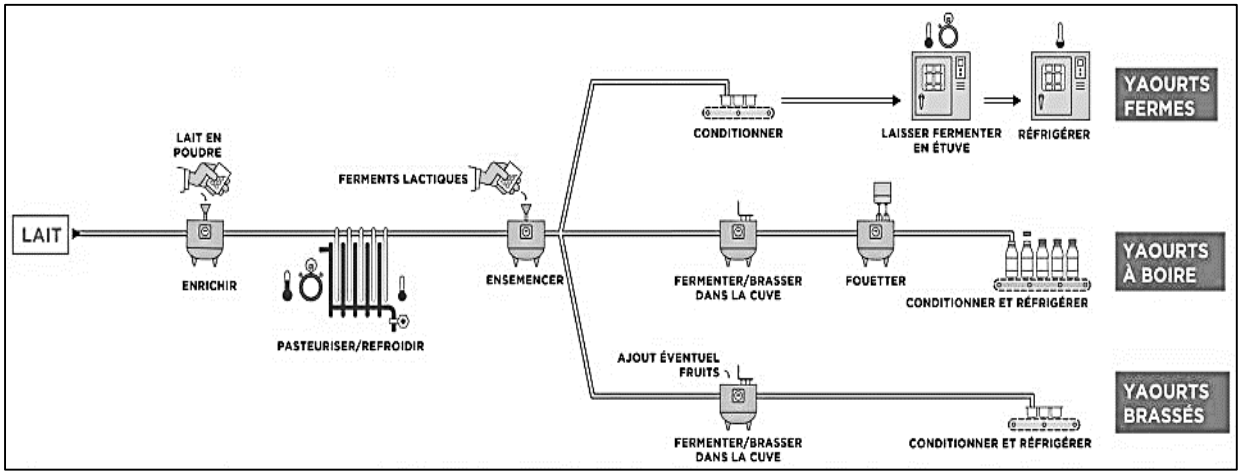
Les biotechnologies blanches regroupent les applications industrielles, par l'emploi de systèmes biologiques comme alternative aux procédés chimiques classiques.

Les biotechnologies rouges touchent le domaine de la santé, en particulier l'industrie pharmaceutique dont une grande partie de la recherche actuelle repose sur les biotechnologies.

Activité 3 : Les applications dans le domaine alimentaire.

i. La fabrication du yaourt.

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation du lait par des bactéries lactiques. Pour obtenir l'appellation yaourt, le produit doit être fermenté par deux souches de bactéries lactiques : Lactobacillus et Streptococcus.



Doc.3

ii. Fabrication du pain.

Dans un milieu anaérobie, les levures dégradent le glucose en éthanol et en gaz carbonique. C'est le processus de fermentation alcoolique. L'éthanol s'évapore mais le CO_2 reste. Ce dernier étant emprisonné dans la pâte du pain le fait gonfler.

Consigne :

1. Quels sont les agents impliqués dans la fabrication de ces aliments ?
2. Nomme le point commun aux deux techniques de fabrication.

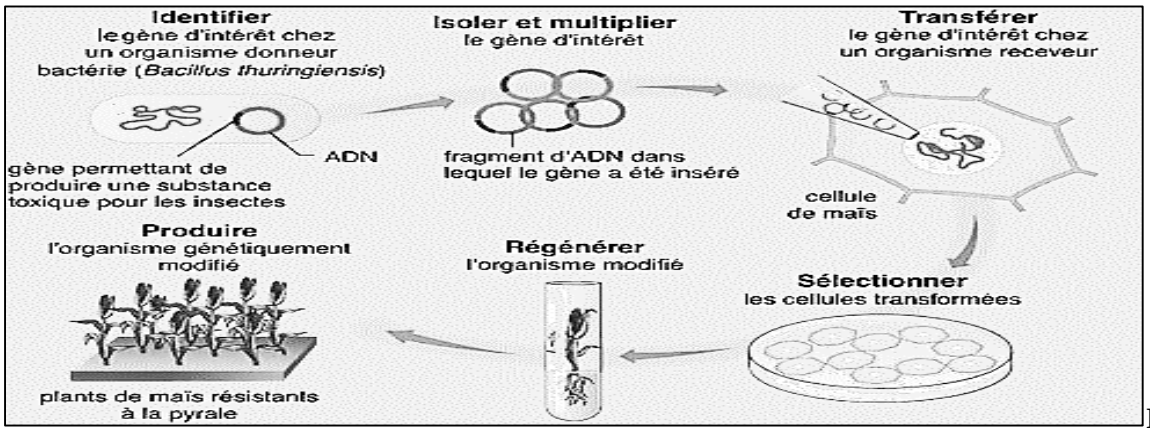
Synthèse partielle 3 :

1) Agents impliqués : les microorganismes.

2) Points communs : transformation de la matière.

Activité 4 : Applications en agronomie

Selon les promoteurs des biotechnologies, ces dernières peuvent ou pourraient contribuer à diminuer les émissions de nombreux polluants ou gaz à effet de serre, mieux protéger les ressources en eau, cultiver sur des sols pollués ou irriguer avec de l'eau salée, diminuer l'usage d'engrais et pesticides en rendant des plantes capables de produire leur propre « bio pesticide » et capter dans l'air l'azote dont elles ont besoin. Le document 4 résume une technique de transfert de gène responsable de la synthèse d'un insecticide.



Doc.4

Consigne : à partir du document 4 :

1. Pourquoi désire-t-on que le pied de maïs transgénique produise un insecticide ?
2. Comment expliquer que le maïs transgénique produise un insecticide d'origine bactérienne ?
3. Quelle est la propriété du code génétique exploité dans cette technique ? Justifier.
4. Précise : le gène transféré, l'origine du gène et l'organisme génétiquement modifié.

Synthèse partielle 4 :

1) Pour qu'il puisse lutter contre les insectes.

2) Explication : le gène responsable de la synthèse d'insecticide étant transférer chez la cellule receveuse, cette dernière régénère des maïs capable de produit l'insecticide.

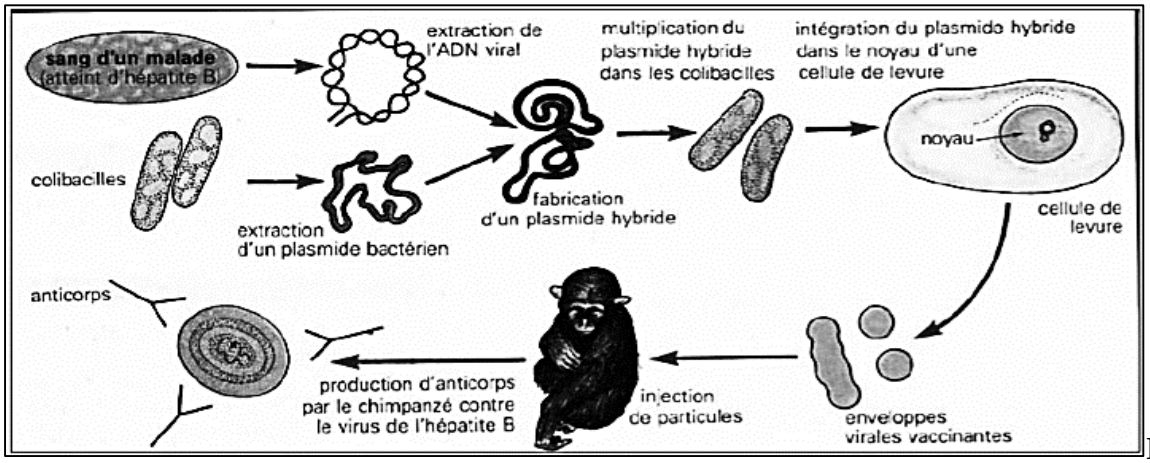
3) L'universalité du code génétique : le maïs utilise l'ADN d'une bactérie.

4) Le gène transféré est le gène insecticide ; il provient du bacille ; le maïs est l'OGM.

Activité 5 : Application dans le domaine de la santé.

i. Fabrication du vaccin contre l'hépatite B.

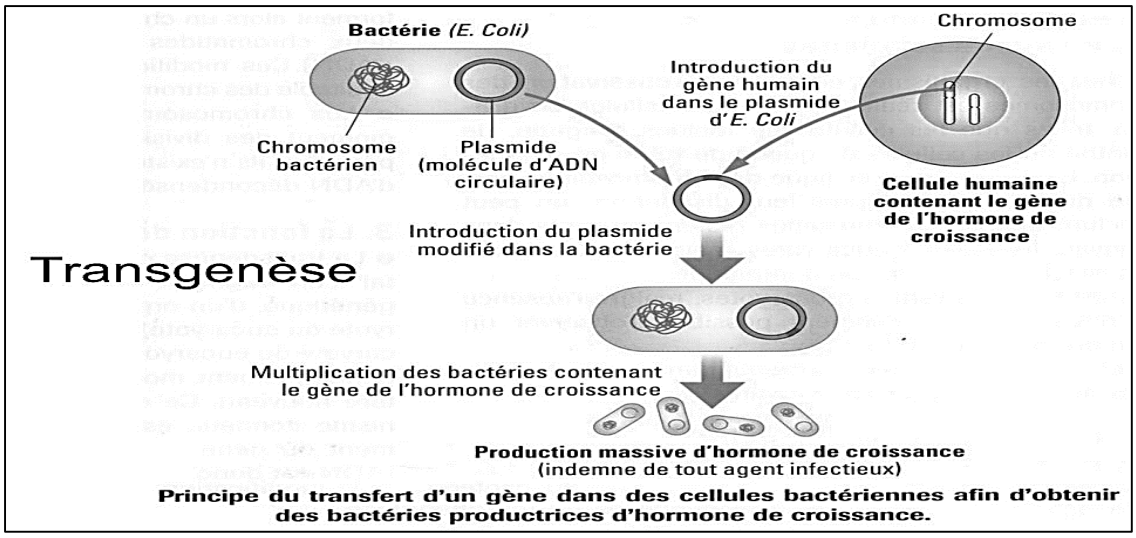
De nos jours, le vaccin contre l'hépatite B est fabriqué par génie génétique. Un bout d'ADN qui contient l'information nécessaire à l'élaboration d'une protéine du virus est retiré du génotype du virus de l'hépatite B. le fragment d'ADN est inséré dans un plasmide. Durant l'étape suivante, des cellules de levure vont prendre en charge la production de protéines virales. Celles-ci seront ensuite purifiées et appliquées en tant que vaccin (Document 5).



Doc.5

ii. La fabrication d'hormone de croissance.

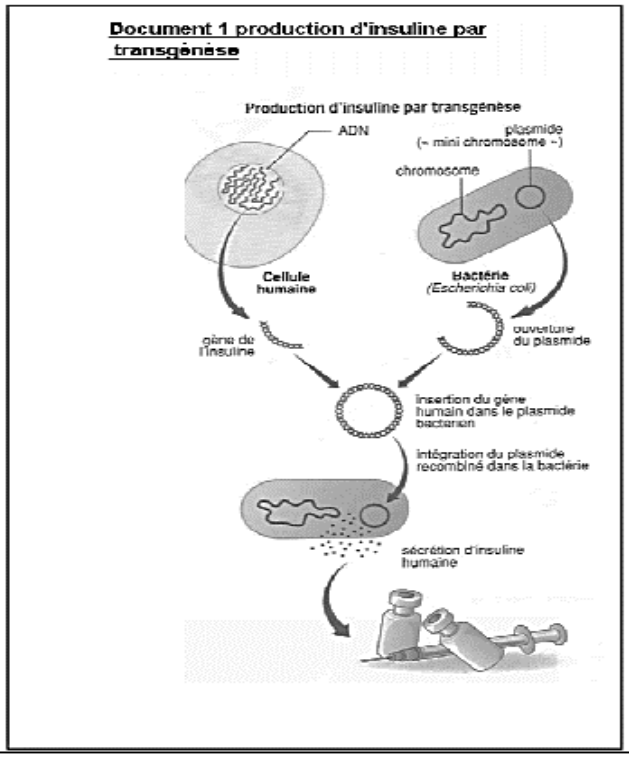
Chez l'Homme, l'hormone de croissance est une protéine produite par l'hypophyse. Pour traiter le retard de croissance des enfants qui manquent de cette hormone, on ne peut qu'utiliser l'hormone de croissance humaine (GH). Autrefois extraite d'hypophyse de cadavre, cette hormone n'a pu être obtenue en quantité suffisante qu'à partir du moment où on a su la produire par transgénèse (Document 6).



Doc.6

iii. La fabrication d'insuline.

L'insuline est une hormone sécrétée par les ilots pancréatique. C'est l'hormone hypoglycémiante. Lorsqu'elle sécrétée en quantité insuffisante ou qu'elle est anormale, les sujet est atteint de diabète de type 1. Cette maladie ne peut être corrigée qu'en injectant de l'insuline normale. Le document 7 représente les étapes de fabrication de l'insuline.



Jusqu'en 1982, l'insuline utilisée par les diabétiques pour se soigner (injections quotidiennes) était extraite du pancréas d'animaux (insuline de porc ou de bœuf , proche de celle de l'homme et purifiée).
La plupart des diabétiques utilise maintenant de l'insuline humaine produite par transgénèse (première molécule produite par génie génétique).
Des bactéries génétiquement modifiées productrices d'insuline humaine sont cultivées dans de grand bioréacteurs.
Cultivées dans de bonnes conditions , les bactéries se reproduisent toutes les 40 minutes.

De grandes quantités d'insuline sont ainsi produites, ce qui représente un avantage économique .

SVT 2nde Hatier 2010

Document 7

Consigne :

1. Comment obtient-on le gène à transférer dans chaque cas ?
2. Pour chaque cas, identifie : le greffon, le porte-greffon, la cellule hôte et l'intérêt de la technique.
3. On peut constater que les bactéries utilisent le gène humain. Précise la propriété de l'ADN mise en évidence.

Synthèse partielle 5 :

1) Le gène transféré est isolé à partir du génome d'une cellule.

2) Les éléments :

Techniques	Greffon	Porte greffon	Cellule hôte	Intérêt
Vaccin hépatite B	ADN viral	Plasmide	Levure	Immunisation
Hormone GH	Gène humain	Plasmide	Bactérie	Production d'hormone
Insuline	Gène humain	Plasmide	Bactérie	Traiter le diabète.

3) La propriété mise en évidence est l'universalité du code génétique.

Synthèse générale.

1. Définition :

Il s'agit un domaine d'activités qui consiste à caractériser et utiliser dans des applications variées, des molécules ou organismes vivants montrant des propriétés particulières et étonnantes. Elles sont telles, qu'elles présentent un intérêt indéniable pour l'homme.

Le préfixe « BIO » implique l'étude du monde vivant aussi bien en amont, en parallèle et en aval d'un procédé industriel ou artisanal.

Le terme « TECHNOLOGIES » implique le développement, le perfectionnement et l'utilisation de méthodes et outils spécifiques d'un domaine.

Les biotechnologies font donc appel à des compétences (savoirs, savoir-faire et savoirs-être) que l'on retrouve dans des domaines bien spécifiques de la biologie comme la microbiologie, la biochimie, la biologie moléculaire et cellulaire. Celles-ci sont complétées par des compétences technologiques et techniques constituant ainsi un domaine passionnant à l'interface des connaissances fondamentales et des sciences de l'ingénieur.

2. Principe :

Les exemples sont nombreux, en voici quelques-uns parmi les plus significatifs :

Les enzymes sont de prodigieux accélérateurs et sont capables d'augmenter la vitesse d'une réaction de plusieurs millions de fois. Elles existent en nombre varié, agissant dans des conditions peu consommatrices d'énergie et de façon hautement spécifique. Elles sont tellement efficaces qu'elles sont qualifiées, avec sympathie, de « gloutonnes » !

La capacité de transformation de différents substrats par des micro-organismes est déjà très largement utilisée en agro-alimentaire mais celle-ci a des potentialités tellement vastes, variées et non polluantes que de plus en plus de procédés y ont recours dans un objectif de développement durable. Ainsi des bactéries sont utilisées pour éliminer les nitrites et nitrates dans l'eau, les fusariotoxines dans les silos d'ensilage ou pour rendre la production de papiers ou de fibres de chanvre moins polluante.

De même, l'accès à l'information génétique portée par l'Acide désoxyribonucléique (ADN), annonce des perspectives immenses dans le domaine de la santé avec, entre autres, la production de médicaments innovants ou de la police scientifique, comme certaines séries TV le reprennent.

3. Des applications anciennes et modernes

Il existe donc une biotechnologie « historique », utilisée, sans être connue, depuis l'antiquité, caractérisée depuis et intégrée à des domaines d'activité (agro-alimentaire, environnement, etc.) Bien définis actuellement (production de fromages, vinification, de compost, etc.).

Celle-ci est complétée par une biotechnologie « moderne » qui s'appuie sur les avancées scientifiques de ces dernières décennies comme la biologie moléculaire qui commence à donner des applications technologiques dans des domaines très variés (thérapie génique et lutte contre les maladies génétiques).

Les fermentations alcooliques, lactiques… retrouvées dans la production de produits agro-alimentaires comme le vin, le pain, les fromages ou autres comme la bio-fertilisation des sols, la méthanisation ou la production de biocarburants de troisième génération (algocarburant très énergétique).

Les enzymes (protéases, lipases ...) Utilisées dans les lessives (regardez la composition sur le paquet !), les détergents ou pour produire spécifiquement des médicaments.

Les empreintes génétiques utilisées en police scientifique ou la thérapie génique qui commencent à permettre des perspectives de guérison de certaines maladies génétiques (mucoviscidose, syndrome d'immunodéficience sévère chronique ...).

Les biotechnologies, par elles-mêmes, se retrouvent intégrées, généralement à des stades de recherche et développement (R&D), dans des secteurs industriels bien définis comme la pharmacie, les industries agroalimentaires, l'environnement, le développement durable etc. Devant cette diversité, la Communauté Européenne a élaboré une classification très « colorée » des biotechnologies :

Les **biotechnologies jaunes :** se rapportent à toutes les applications liées à la protection de l'environnement et au traitement ou à l'élimination de pollution.

Les **biotechnologies vertes :** regroupent les technologies utilisant des plantes et leurs cellules pour produire et transformer des produits alimentaires, des biomatériaux et de l'énergie.

Les **biotechnologies bleues :** développent des produits en liaison avec la biodiversité marine : santé, cosmétique, aquaculture, agro-alimentaire.

Les **biotechnologies blanches :** regroupent les applications industrielles, par l'emploi de systèmes biologiques comme alternative aux procédés chimiques classiques. Les premières utilisations sont dans les secteurs des polymères, des carburants, des dissolvants, de la construction, du textile, et de tous les produits à dominante chimique.

Les **biotechnologies rouges :** touchent le domaine de la santé, en particulier l'industrie pharmaceutique dont une grande partie de la recherche actuelle repose sur les biotechnologies.

4. Construction d'une culture scientifique alternative :

La nouvelle série STL Sciences physiques et chimiques en laboratoires (SPC) et biotechnologies se caractérise aussi par un enseignement intégré de Chimie, Biochimie et Sciences du vivant (CBSV) qui permet d'installer une culture fondée sur une approche concrète et transdisciplinaire, concernant les systèmes vivants aux différentes échelles. Il s'agit ainsi par cet enseignement innovant de faire ressortir les connexions entre trois champs disciplinaires, supports des biotechnologies et d'une physique-chimie appliquée.

La spécialité Sciences et Technologies de Laboratoire (STL) Biotechnologies privilégie l'acquisition de connaissances du vivant et l'acquisition de compétences biotechnologiques permettant à l'élève de se construire une culture scientifique particulière axée sur la maîtrise conjointe de compétences fondamentales et technologiques. Elle présente un enseignement spécifique de biotechnologies. Celui-ci prend appui sur les disciplines fondamentales qui alimentent le champ des biotechnologies modernes ainsi que sur un équipement destiné à acquérir les références méthodologiques majeures et les savoir-faire de base pour privilégier le développement critique et la réflexion logique. Cet enseignement repose principalement sur des activités technologiques structurantes.

Sous- concept 2 : L'amélioration des espèces.

Pré-évaluation :

Qu'est-ce qu'un caractère intéressant ?

Que veut dire « améliorer une espèce ?

Situation problème.

Dès la domestication des plantes et l'émergence de l'agriculture au Néolithique, les méthodes employées par l'Homme pour améliorer les espèces végétales ont connu une évolution permanente conjointement aux techniques agricoles. L'agriculture et l'élevage ont recours à un ensemble de pratiques visant à améliorer quantitativement et qualitativement les productions.

Comment sélectionner les espèces performantes ?

Comment améliorer les espèces par l'apport des biotechnologies ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

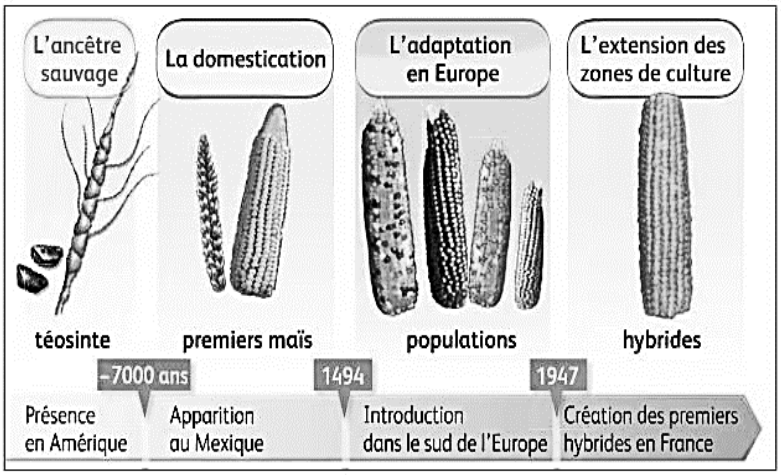
Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Les caractères qualitatifs et quantitatifs des espèces.

Une espèce est un groupe d'individus ayant des caractères morphologiques, physiologiques et chromosomiques semblables, pouvant se reproduire entre eux et dont les descendants sont fertiles. En agriculture, l'amélioration génétique des races animales et des variétés végétales a pour but de rendre les organismes plus intéressants en permettant d'augmenter la productivité, leur résistance aux maladies et aux ravageurs, leur capacité de reproduction et d'adaptation, et d'améliorer leur goût et leurs qualités nutritionnelles. L'évolution des techniques et des connaissances actuelles ont permis aux sélectionneurs d'accroître leur efficacités, de gagner du temps, sur les cycles végétatifs et de disposer d'outils de mesure et d'analyse au champ et au laboratoire pour confirmer leurs choix. Le document 1 représente le cas du maïs.

Doc. 1 Du téosinte aux variétés hybrides de maïs

- Le maïs actuellement cultivé dans le monde entier provient **d'une plante ancestrale : le téosinte**, originaire du continent américain.
- Durant des centaines d'années, les hommes ont joué le rôle de la sélection naturelle : ils conservaient les individus les plus gros, ce qui a permis une **évolution agronome** de l'espèce de manière empirique. Après la découverte de la génétique, des croisements ont été réalisés.



a Les différents épis des variétés apparentées au maïs actuel.

	Téosinte	Maïs cultivé
Longueur de l'épi	5 cm	30 cm
Masse moyenne d'un grain	2,5 g	0,3 g
Nombre moyen de grains par épi	40	500

b Caractères des épis de téosinte et de maïs.

1. Observer. Caractériser l'évolution du téosinte au maïs cultivé jusqu'en 1947.

Consigne :

1. Compare le téosinte et le maïs cultivé.
2. Quelle technique a permis l'obtention du maïs à partir de la variété sauvage (téosinte) ?
3. Dans quel intérêt on améliore les races animales et les variétés végétales ?

Synthèse partielle 1 :

1) Comparaison :

Téosinte : épi moins développé, graines développées et moins nombreuses.

Maïs cultivé : épis développés, graines petites et nombreuses.

2) La technique utilisée est la sélection.

3) Pour augmenter la quantité et la qualité de la production.

Activité 2 : Les techniques d'amélioration des espèces.

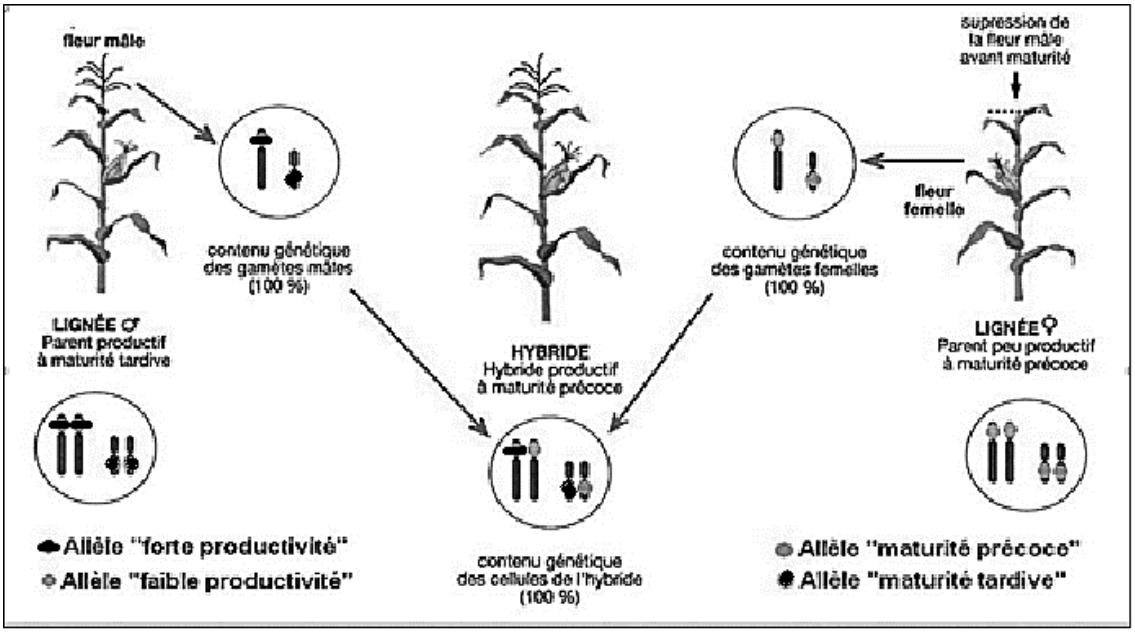
Afin d'ajuster les caractéristiques des animaux et des végétaux cultivés à ses besoins, l'Homme pratique quelques techniques qui sont entre autres : des sélections, des hybridations de plantes qu'ils jugent les meilleurs.

A) L'hybridation.

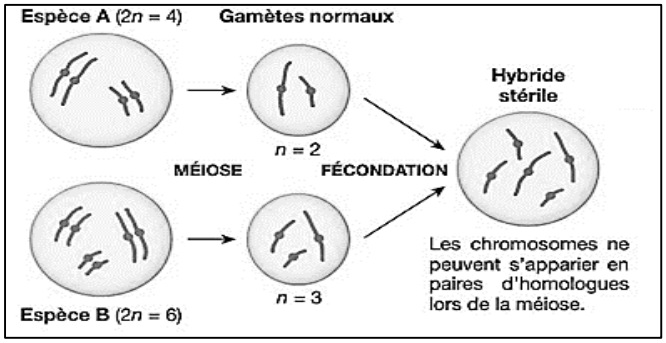
Il est possible de croiser deux races pures ou variétés pures différentes dans le but d'obtenir des hybrides dont les caractéristiques seront supérieures à celles des parents : c'est l'effet d'hétérosis appelé également « vigueur hybride », d'autant plus important que les parents soient génétiquement éloignés.

Chez les animaux, le croisement s'effectue par insémination artificielle ou par transfert d'embryons, et par hybridation chez les végétaux. Ce croisement est suivit d'une sélection et nécessite de disposer d'un grand nombre d'espèce animale ou de variété végétale différentes à croiser.

Le document 2 représente un exemple d'hybridation chez le maïs.



Doc.2



Doc.3 : hybridation entre espèces différentes

Consigne :

1. Définis hybridation
2. Explique la technique d'hybridation chez le maïs.
3. Explique pourquoi certains hybrides sont stériles.
4. Quel est l'intérêt de l'hybridation ?

B) La sélection

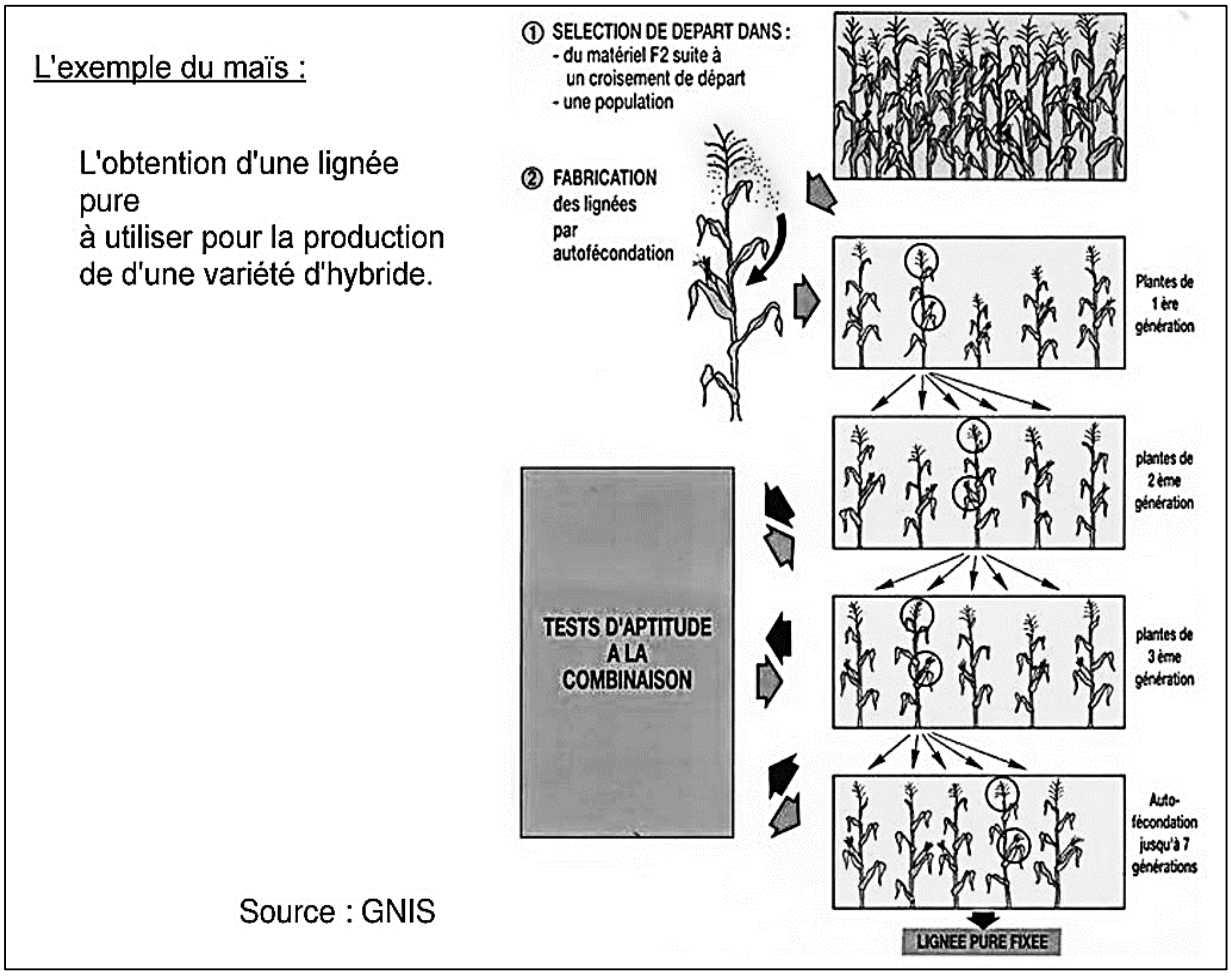
La sélection est utilisée dans l'amélioration génétique des plantes et des animaux. Dans la population, on sélectionne certains individus en fonction des caractères intéressants qu'ils présentent et on les faits se reproduire pour former la génération suivante. Ceci permet d'augmenter le nombre de descendants porteurs des caractères intéressants, à condition que ceux-ci possèdent une forte héritabilité.

Il existe différents types de sélection :

La sélection massale : on choisit les plantes qui semblent plus intéressantes dans une population puis on utilise leurs graines comme semence pour la culture suivante.

La sélection récurrente : les plantes de la génération de départ sont sélectionnées sur leur valeur propre puis multipliées par autofécondation.

La sélection généalogique : les plantes issues du croisement de deux plantes présentent une forte variabilité de phénotype. Elles sont autofécondées afin de produire des plantes au sein desquelles le sélectionneur choisit les meilleurs individus.



Doc.4

Consigne : à partir du texte et du document 4 ;

1. Cite les différents types de sélection.
2. Compare la sélection massale et la sélection généalogique.
3. Laquelle des technique de sélection est plus performante pour l'amélioration des espèces ? Justifie.
4. Quelles sont les conséquences de la sélection sur le plan écologique ? Explique.

Synthèse partielle 2 :

A- **L'hybridation.**

1) Définition : l'hybridation est le croisement entre des individus de phénotypes différents.
2) Explication : des gamètes prélevés sur deux individus différents (souvent espèces différentes) sont utilisés pour la fécondation. On obtient un hybride qui combine les caractères des deux parents.
3) Si les deux individus ne sont pas de la même espèce, les hybrides obtenus sont stériles car elles ne peuvent pas produire de gamètes (pas de méiose).
4) L'hybridation permet d'avoir des variétés améliorées.

B- **La sélection**

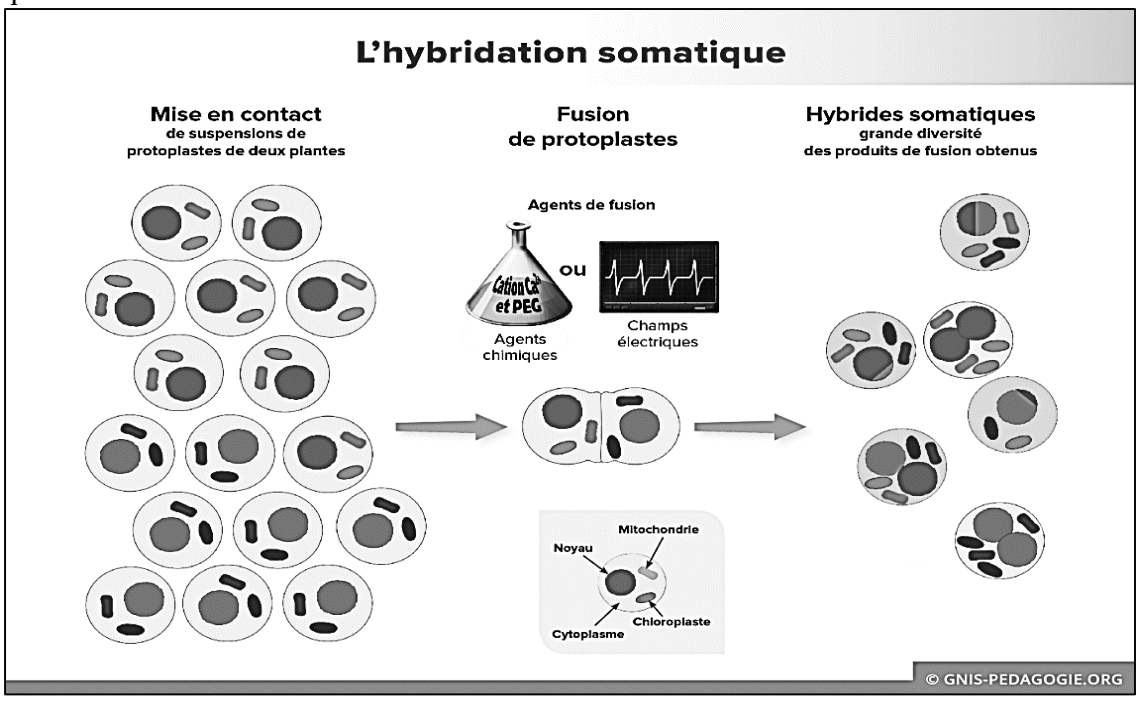
1) Les différents types de sélection : la sélection massale, la sélection récurrente, la sélection généalogique.
2) La sélection massale ne nécessite pas de croisement tandis que la sélection généalogique nécessite des croisements.
3) C'est la sélection généalogique qui est plus performante : avec les croisements, on peut obtenir rapidement les meilleurs individus.

Activité 3 : L'apport des biotechnologies

A) La fusion de protoplastes.

Le terme protoplaste désigne une cellule végétale débarrassée de sa membrane cellulosique, elle apparait sous forme d'une cellule sphérique, limitée par sa membrane plasmique. C'est une forme de modification génétique qui permet, chez les végétaux de fusionner deux espèces différentes pour former un nouvel hybride ou hybride somatique, héritant des propriétés génétiques des deux espèces d'origine. (Document 5).

La propriété la plus importante des protoplastes est leur capacité à fusionner entre eux lorsqu'ils sont placés dans un milieu approprié. Cette technique permet de surmonter les barrières liées à la reproduction sexuée et de créer de nouvelles combinaisons entre noyau et cytoplasme. Le but de telles expériences est de créer des plantes à très grande productivité, combinant plusieurs qualités.



Doc.5

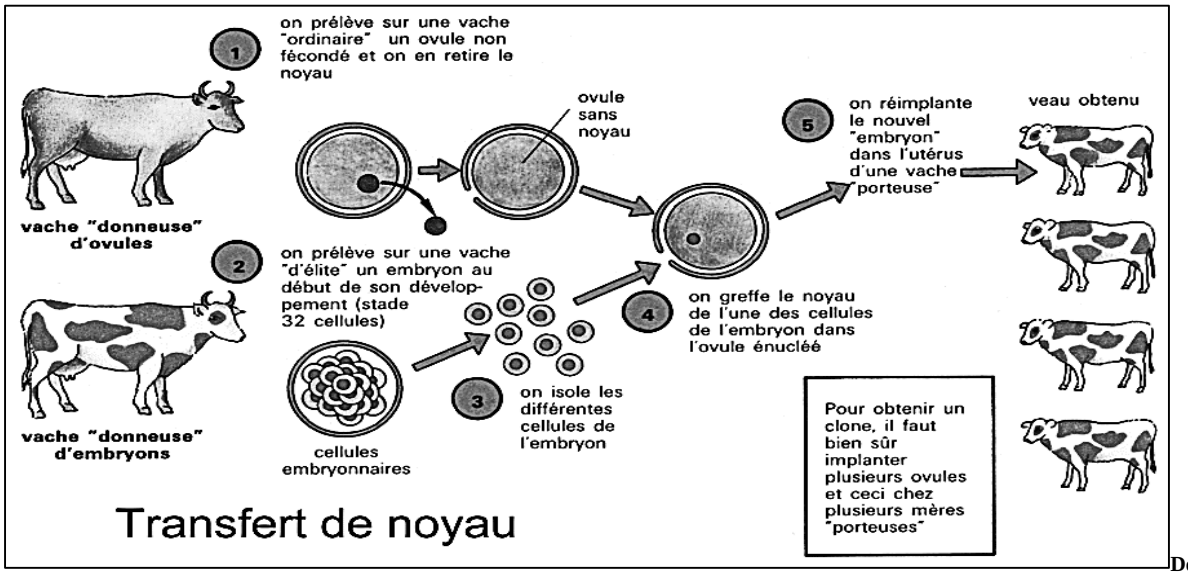
Consigne : à partir du texte et du document 4 :

1. Définis un protoplaste et préciser sa propriété importante.
2. Explique la technique de la fusion somatique.
3. Détermine l'avantage génétique et économique de la fusion somatique.

B) Le clonage.

Le clonage consiste à reproduire à l'identique des organismes vivants afin d'obtenir des individus génétiquement identiques. Il peut se faire à partir d'une seule cellule ou à partir d'un fragment de tissu ou d'organe (le cas du bouturage chez les végétaux).

Il permet la production, à faible coût, de grande quantité d'individus présentant des caractéristiques intéressantes, avec un gain de temps, car la reproduction sexuée classique peut être longue pour certain organismes. Le document 5 représente un exemple de clonage chez les vaches.



Doc.5

Consigne : à partir du texte et du document 5 :

1. Définis le clonage et explique les étapes du clonage chez les vaches.
2. Quel est l'intérêt de cette technique ?
3. Quel est son impact sur la biodiversité ?
4. En déduis l'impact des biotechnologies sur l'amélioration des espèces ?

Synthèse partielle 3 :

A- Fusion de protoplastes.

1) Un protoplaste désigne une cellule végétale débarrassée de sa membrane cellulosique. Ils ont la capacité à fusionner entre eux lorsqu'ils sont placés dans un milieu approprié**.**

2) Explication : on met plusieurs protoplastes dans un milieu en présence d'agent de de fusion. Ils fusionnent et donnent des hybrides somatiques.

3) Les avantages : génétiques (surmonter les barrières liées à la reproduction sexuée), économique (créer des plantes à très grande productivité, combinant plusieurs qualités**).**

B- Le clonage :

1) **Définition :** le clonage est la production d'individus ou de cellules génétiquement identique (clone).

Explication :

Prélever un ovule non fécondé et éliminer son noyau ;

Prélever le noyau d'une cellule d'un embryon et greffer ce noyau dans l'ovule sans noyau ;

Réimplanter le nouvel embryon dans l'utérus de la vache porteuse ;

Implanter plusieurs ovules chez plusieurs vaches porteuses pour obtenir un clone.

2) Son but est d'obtenir plusieurs individus avec un caractère désireux.

3) Le clonage appauvrit la biodiversité.

4) Les biotechnologies permettent d'obtenir des individus avec un meilleur rendement dans la production.

Synthèse générale :

1. Définition :

L'expression 'Amélioration des plantes' doit se comprendre comme la science et l'art de la création de nouvelles populations, appelées variétés, répondant de mieux en mieux aux besoins de l'homme. Cette science accroît les connaissances en génétique des plantes et impulse du progrès génétique pour améliorer les principaux caractères des espèces d'intérêt agronomique dans des conditions de culture données, les caractères étant évalués dans des dispositifs d'expérimentation multi-sites. Les principales espèces illustrant le propos de l'auteur sont blé, maïs et plantes fourragères, espèces dont l'auteur est un éminent spécialiste ; d'autres espèces sont aussi citées en exemple lorsque le thème abordé s'y prête.

L'amélioration des espèces et les connaissances biologiques ont évolué parallèlement, de façon synergique.

L'amélioration des semences a constitué une inspiration et un stimulus pour la découverte des mécanismes de l'hérédité (Mendel,) et de l'évolution (Darwin).

Les progrès conceptuels (cf. lois de ségrégation des caractères) et techniques (mutagenèse, colchicine, ADN recombinant) ont été progressivement incorporés dans les méthodes de sélection.

Les problèmes posés par la sélection de caractères quantitatifs ont stimulé le développement de nouveaux outils statistiques (Fischer, Snedecor).

Ces progrès techniques ont permis un accroissement sensible du rendement des plantes cultivées dans les pays riches. Cette augmentation de rendement est cependant liée à un modèle d'organisation sociale et à des systèmes agraires particuliers, et leur transposition telle quelle à d'autres sociétés présente des inconvénients et des risques identifiables.

2. **La sélection :**

La sélection est utilisée dans l'amélioration génétique des plantes et des animaux. Dans la population, on sélectionne certains individus en fonction des caractères intéressants qu'ils présentent et on les faits se reproduire pour former la génération suivante. Ceci permet d'augmenter le nombre de descendants porteurs des caractères intéressants, à condition que ceux-ci possèdent une forte héritabilité. Il existe différents types de sélection :

La sélection massale : on choisit les plantes qui semblent plus intéressantes dans une population puis on utilise leurs graines comme semence pour la culture suivante.

La sélection récurrente : les plantes de la génération de départ sont sélectionnées sur leur valeur propre puis multipliées par autofécondation.

La sélection généalogique : les plantes issues du croisement de deux plantes présentent une forte variabilité de phénotype. Elles sont autofécondées afin de produire des plantes au sein desquelles le sélectionneur choisit les meilleurs individus.

3. La fusion de protoplastes :

Le terme protoplaste désigne une cellule végétale débarrassée de sa membrane cellulosique, elle apparait sous forme d'une cellule sphérique, limitée par sa membrane plasmique. C'est une forme de modification génétique qui permet, chez les végétaux de fusionner deux espèces différentes pour former un nouvel hybride ou hybride somatique, héritant des propriétés génétiques des deux espèces d'origine.

La propriété la plus importante des protoplastes est leur capacité à fusionner entre eux lorsqu'ils sont placés dans un milieu approprié. Cette technique permet de surmonter les barrières liées à la reproduction sexuée et de créer de nouvelles combinaisons entre noyau et cytoplasme. Le but de telles expériences est de créer des plantes à très grande productivité, combinant plusieurs qualités.

GÉOLOGIE

Concept général 1 : L'évolution de la Terre et du monde vivant
Sous-concept 1 : L'histoire de la Terre et des êtres vivants.

Pré-évaluation :

Comment s'est formée la Terre ?

Quels sont les premiers êtres vivants apparus sur Terre ?

Situation Problème :

La Terre est la seule planète du système solaire à posséder de l'eau liquide en abondance, ainsi qu'une atmosphère riche en dioxygène. Ces propriétés de la Terre (présence d'eau et d'oxygène, température moyenne de 15°c) font de la Terre la seule planète du système solaire à abriter la vie. Il existe sur Terre plusieurs formes vivantes (animaux, végétaux, procaryote…) ce qu'on appelle la biodiversité.

Quelle est l'origine et l'histoire de la Terre ?

Quelle est l'origine de la vie et de la biodiversité ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Origine de la Terre

Selon la théorie du Big-Bang, l'univers est né à partir d'une énorme explosion il y a 15 Ga. Au moment de l'explosion, l'univers était infiniment petit, chaud et dense. Une fois l'explosion produite, l'univers s'étend rapidement et devient petit à petit moins chaud et moins dense. Dans la lutte acharnée, les particules de matière vont donner naissance aux galaxies, aux planètes et aux êtres vivants. Il existe ainsi plusieurs milliards de galaxie qui tournent sur elles-mêmes. Notre galaxie (la Voie Lactée) regroupe le soleil et toutes les étoiles visibles à l'œil nu depuis la Terre.

Le système solaire est composé du Soleil autour duquel gravitent 8 planètes, dont la Terre. En plus du Soleil (situé au centre), il est composé de quatre planètes rocheuses, dites telluriques (Mercure, Vénus, Terre et Mars) et de quatre planètes gazeuse géante (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune). (Figure 1)

Il y a 5 milliards d'années, le système solaire n'existait pas. A la périphérie de notre galaxie, la voie lactée, il n'y avait qu'un vaste nuage de gaz et de poussières. A l'origine de ce nuage : l'explosion d'une supernova. Ce nuage de poussière est appelé nuage moléculaire. Ce nuage est immense, plusieurs centaines d'années-lumière (quelques milliards de km de diamètre). Il est formé de débris d'étoiles ayant appartenu à un univers primitif, étoiles qui auraient explosé après avoir consumé toute leur énergie. Lors de l'explosion, les particules (dont des éléments lourds : fer, nickel, aluminium, silicone...) qui constituaient ces étoiles ont été vaporisées à travers toute la galaxie. Puis, sous l'effet d'une force, la gravité, ces particules se sont rassemblées pour former des étoiles et des planètes. Sous l'effet des forces gravitationnelles, les particules du nuage moléculaire se sont agglomérées, puis, pendant une dizaine de millions d'années, le nuage s'est comprimé lentement sous l'effet de sa propre gravité, provoquant l'accroissement de sa vitesse de rotation.

La Terre, seule planète du système solaire possédant de l'eau dans les trois états de la matière : solide (glace), liquide (eau), gazeux (vapeur d'eau). Elle s'est formée il y a 4,6 Ga comme les autres planètes du système solaire par l'agglomération (accrétion) des restes de poussières et de gaz qui n'ont pas servi à la formation du soleil. La température de cette Terre primitive est d'environ 4700°C (chaleur due aux collisions). Cette Terre est donc formée de matière en fusion. Petit à petit, la Terre se refroidit, les éléments les plus légers remontant vers la surface et les plus lourds (fer) s'enfonçant pour former un noyau. La solidification du noyau interne de la Terre aurait commencé il y a 3,5 milliards d'années. (Figure 2)

Le matériau terrestre initial est constitué de fer à plus de 85% sous forme métallique réduite, et à moins de 15% sous forme métallique oxydée (ces proportions ont été obtenues à partir de l'analyse des chondrites).

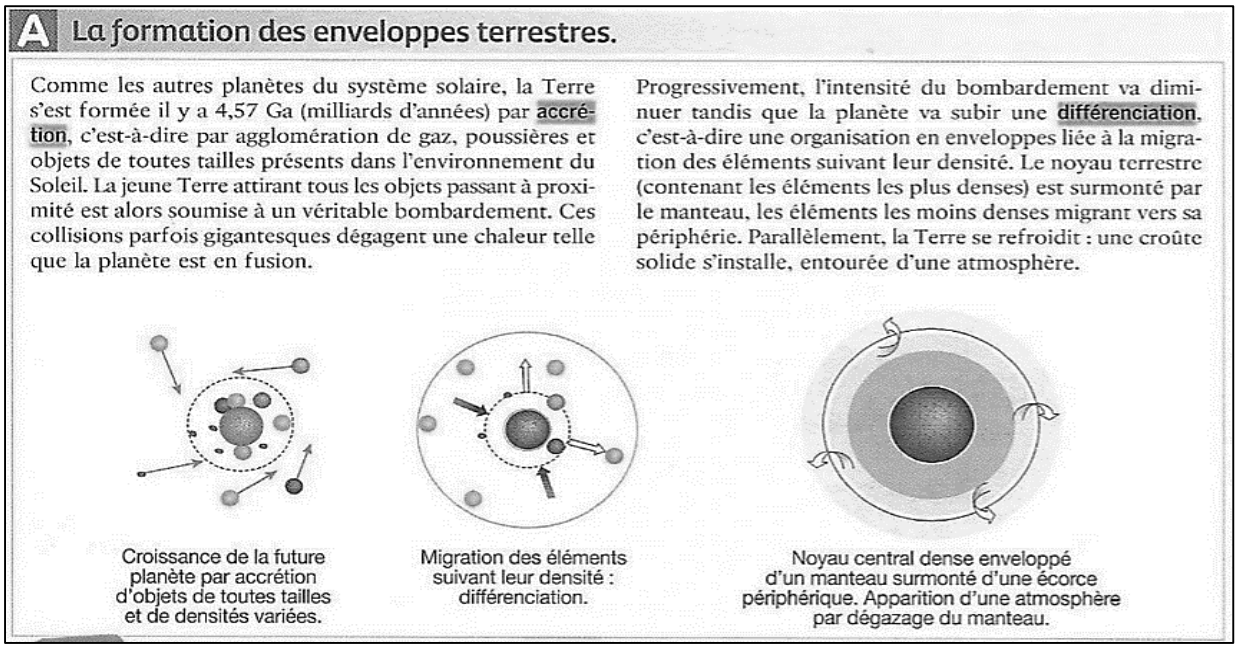


Figure 2

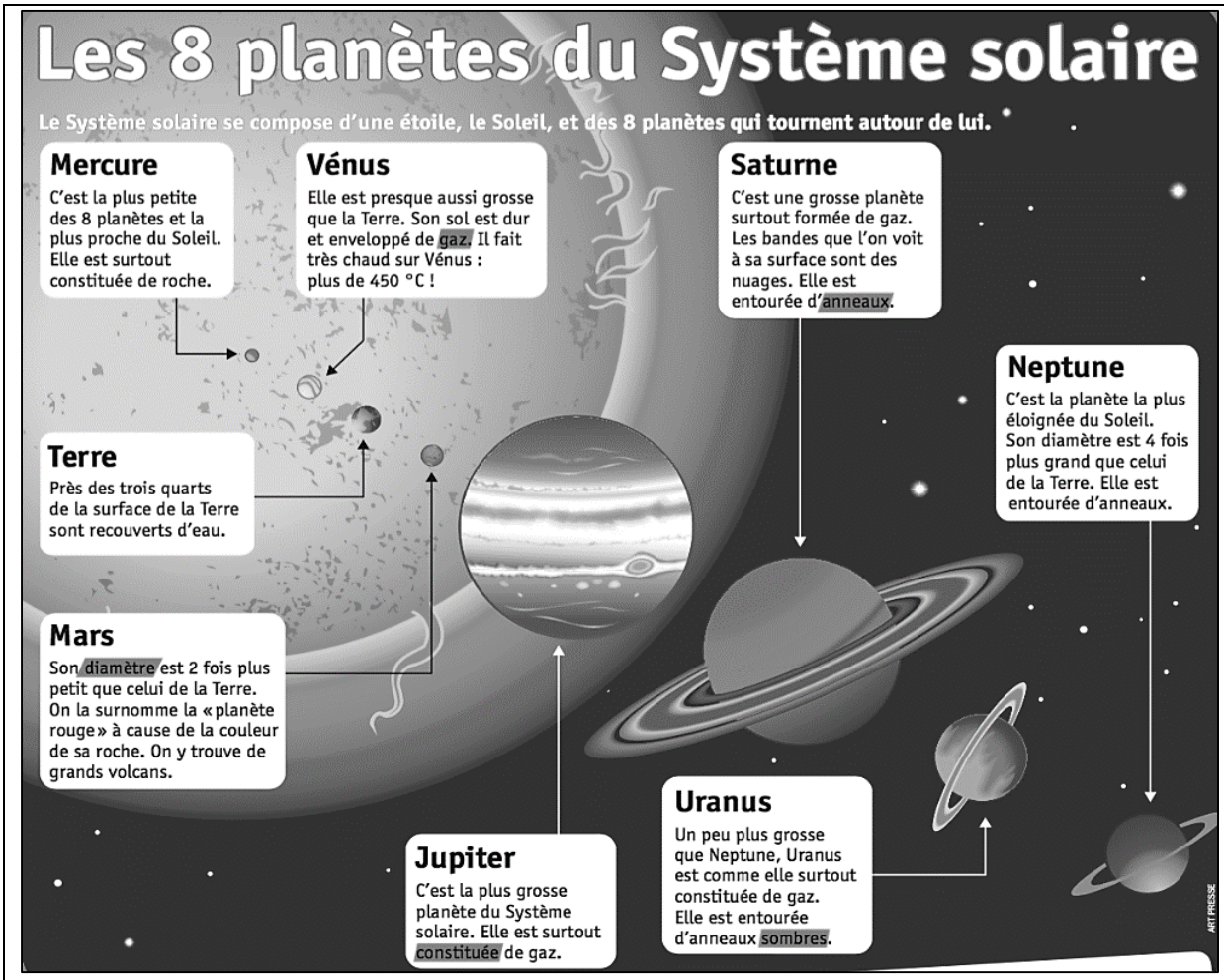


Figure 1 : le système solaire

Consigne : à partir du teste et des documents :

1. Détermine l'âge de l'univers et le phénomène à l'origine de sa formation.
2. Donne l'âge de la Terre et situe-la dans l'univers.
3. Cite les éléments intervenant dans la formation de la Terre.
4. Décris les étapes de la formation de la Terre.

Synthèse partielle :

1) L'univers s'est formé à partir du Big-Bang il y a environ 15Ga.

2) La Terre est âgée d'environ 4,6 Ga. C'est une planète du système solaire. Parmi les 8 planètes du système solaire, la Terre est la 3ème en partant du soleil.

3) Elle s'est formée comme les autres planètes du système solaire par l'agglomération (accrétion) des restes de poussières et de gaz qui n'ont pas servi à la formation du soleil.

4) Etapes de la formation de la Terre :

Accrétion ; migration des éléments suivant leurs densités ; différentiation des enveloppes et refroidissement.

Activité 2 : Evolution de la Terre.

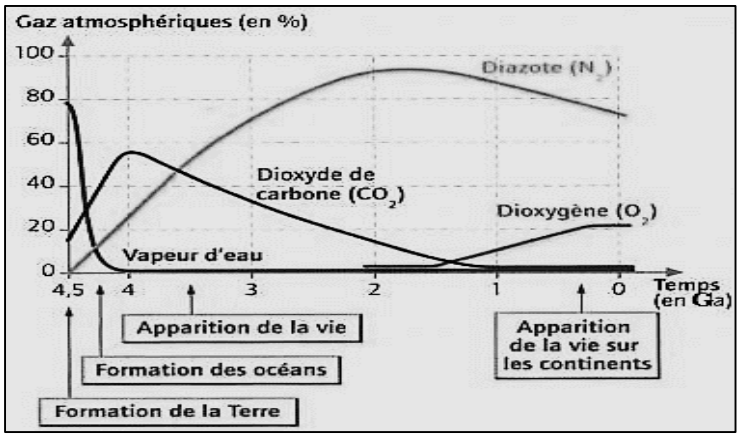


Figure 3

Au début, la Terre n'avait pas d'atmosphère. Celui-ci se forme pendant les 100 premiers millions d'années par dégazage du manteau. En ce moment, la Terre était recouverte de volcans qui ont commencé à expulser des gaz de l'intérieure de la Terre, et surtout de la vapeur d'eau. La composition de cette atmosphère primitive est très différente de celle de l'atmosphère actuelle : c'est celle des gaz rejetés par les volcans actuels. (Figure 3).

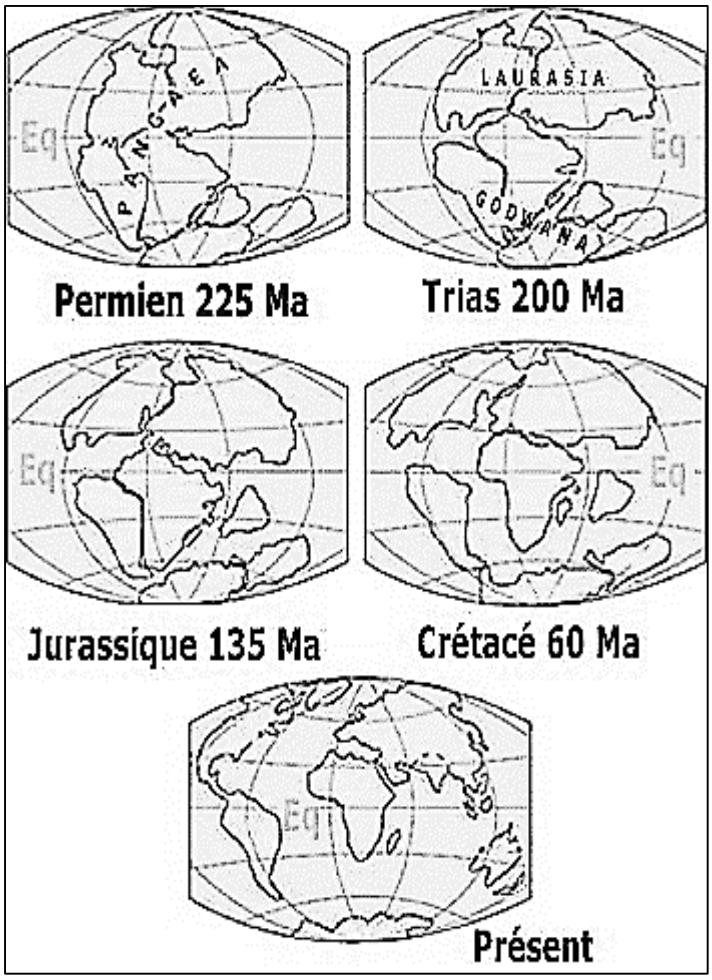


Figure 4

A la suite de cet important dégazage, la Terre se refroidi lentement, la vapeur d'eau de l'atmosphère primitive se condense ; des pluies diluviennes se sont abattues sur la Terre en formant l'océan primitif.

La production des continents résulte de l'activité magmatique intense, de l'érosion partielle et de l'accumulation des sédiments dans des bassins. Les noyaux continentaux ainsi formés à dépassent les 30% du volume actuel des masses continentales. Après les premiers noyaux continentaux à l'Archéen, le volume de la croûte continentale a augmenté progressivement tout au long du Protérozoïque qui a une durée de près de 2.000 Ma. À la fin du Protérozoïque, le volume des masses continentales avait atteint celui que nous connaissons aujourd'hui. Cette évolution résulte d'un ensemble de phénomènes géologiques durant trois grands cycles orogéniques. Depuis leurs apparitions, les continents ont subi des changements de positions. En plus de ces changements de positions, la tectonique de plaques a entrainé d'autres modifications (ouverture ou fermeture des océans, formations de chaines de montagnes, etc.). (Figure 4)

Consigne :

1. Compare la composition de l'atmosphère primitive et celle de l'atmosphère actuelle.
2. Explique la formation de l'atmosphère primitive.
3. Comment se sont formés les océans primitifs ?
4. Quelle est l'origine des premiers continents ?
5. Décris l'évolution morphologique des continents depuis le Permien.

Activité 3 : Origine de la vie sur Terre.

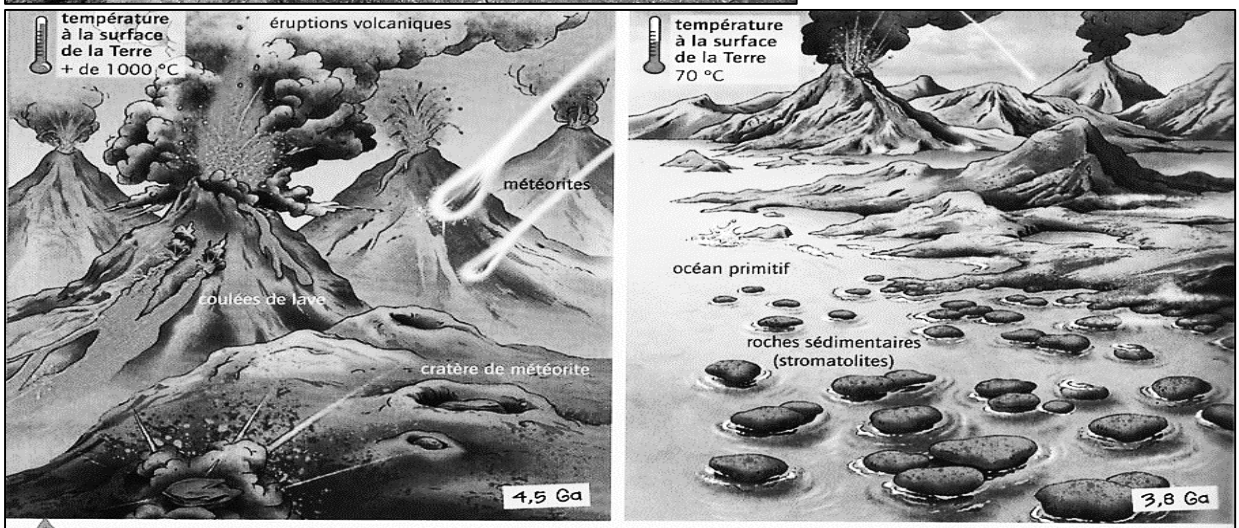
Les océans occupent aujourd'hui 71% de la surface de la Terre, d'où son appellation « la planète bleue ».

Vues les conditions sur Terre il y a 3,8 Ga (Température de l'eau : 80°C ; absence d'O2 ; les rayonnements ultraviolets intenses interdisant la vie sur les continents et dans les eaux peu profondes) ; Les premiers êtres vivants comparables à des bactéries actuelles sont apparus dans les océans il y a environ 3,8 Ga.

L'origine de la vie est encore un phénomène toujours mystérieux pour les scientifiques. L'atmosphère primitive était probablement riche en méthane, ammoniaque, CO2 et d'autres gaz encore abondants de nos jours sur d'autres planètes du système solaire. Des chimistes ont reconstitué expérimentalement ces conditions primordiales en laboratoire. Si ces gaz sont mélangés dans un flacon avec de l'eau et si on ajoute de l'énergie sous forme de décharges électriques, des substances organiques se forment spontanément y compris les acides aminés et des éléments entrants dans la composition des acides. Il est probable que quelque chose de similaire s'est produite sur la Terre primitive nucléiques (synthèses abiotiques). Les étendues d'eau à la surface de la Terre formaient une sorte de « soupe primitive » de composés organiques précurseurs de la vie à partir desquels sont formés les premiers êtres vivants. (Figure. 5)



Fig.5
Actuellement, dans les sources chaudes (geysers de Yellowstone aux USA par exemple) des bactéries vivent à une température de 90°C.



1 **Reconstitution de la surface de la Terre à deux périodes différentes.** Ga = Milliard d'années.

Fig.6

Consigne :

1. Cite les conditions d'apparition de la vie sur Terre.
2. Quels sont les premiers êtres vivants apparus sur Terre et quand sont-ils apparus ?
3. Explique l'expression synthèse abiotique.
4. Où sont apparus les premiers êtres vivants ?

Activité 4 : Evolution de la vie sur Terre.

Les formations rocheuses de l'Archéen ont fourni la preuve directe sur les premières traces de vie il y a 3,5Ga. Elles contiennent des roches carbonatées formées de feuillets superposées et se développant en forme de dômes ou de chou-fleur appelés stromatolithes. Il s'agit de constructions fossiles qui résultent de l'activité biologique des algues bleues appelés cyanobactéries. L'apparition des cyanobactéries est une révolution biologique. Ces êtres vivants fabriquent leur matière organique en utilisant l'énergie solaire. Ce phénomène appelée photosynthèse s'accompagne d'une absorption de CO_2 et un dégagement d'O_2. Pendant très longtemps cet oxygène va rester piégé dans les océans. De l'oxygène libre dans l'atmosphère n'apparait que vers -2Ga. Une nouvelle fonction la respiration devient possible. Par la suite, la couche d'ozone (O3) se forme dans la haute atmosphère à partir de l'oxygène ; elle protège des rayonnements ultra-violets nocifs et permet à la vie de s'installer sur les continents.

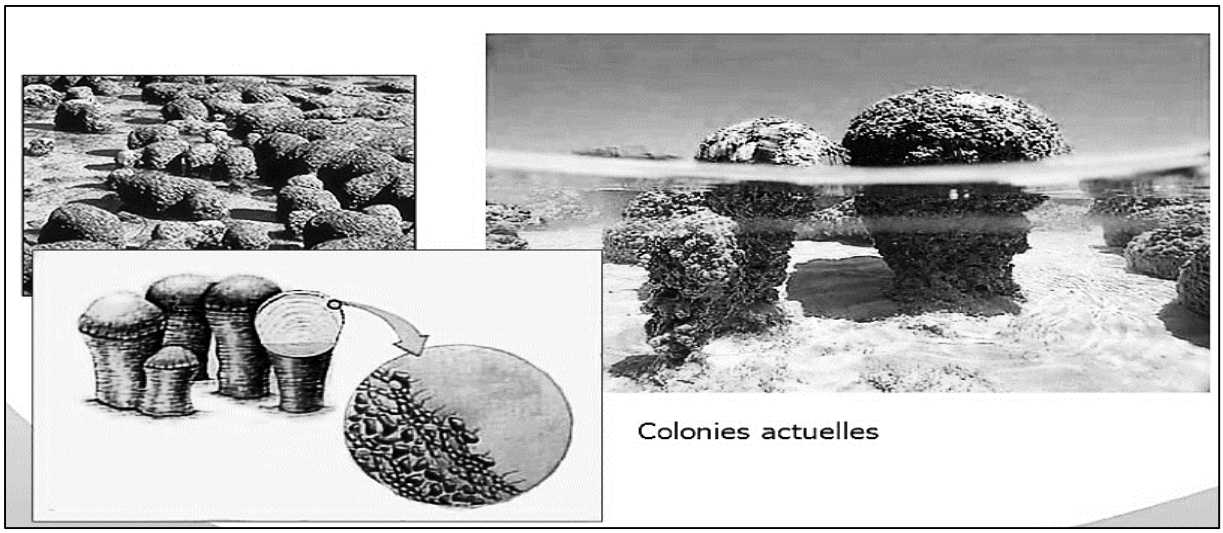
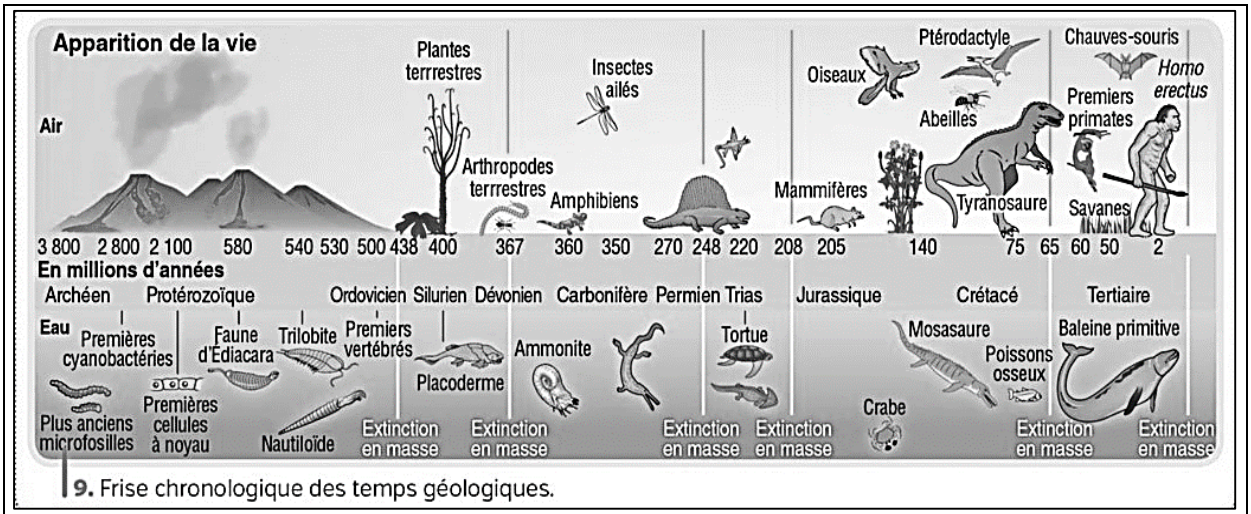


Fig.7

Il y a de très nombreux êtres vivants différents les uns des autres sur Terre, c'est ce que l'on appelle la Biodiversité. Les conditions de vie de ces êtres vivants sont intimement liées aux facteurs de leurs milieux de vie. Pourtant, on peut observer des points communs entre eux, comme la présence de cellules. La cellule est l'unité structurale et physiologique des êtres vivants à l'exception des virus

Les événements géologiques ayant affecté la surface de la Terre (déplacement des continents, formation des chaînes de montagnes, fluctuations du climat, chute sur Terre de météorites géantes…) ont modifiés les milieux et les peuplements ont changé. Depuis son apparition, la vie n'a cessé d'évoluer ; de nouvelles formes apparaissent, d'autres disparaissent. Vers la fin du Précambrien, début des peuplements dans les océans, plusieurs groupes d'invertébrés évolués encore dépourvus de squelette ou de carapace tels que les annélides, les cnidaires et les arthropodes font leurs apparitions (c'est l'explosion du cambrien). La plupart des groupes actuels étaient présents à cette époque ; d'autres ont disparues depuis. Les algues et les lichens, à cette époque, bordaient les océans. La figure 8 représente l'histoire de la vie sur Terre.



9. Frise chronologique des temps géologiques.

Fig.8

Consigne : à partir de l'analyse du texte et du document :

1. Précise le rôle des cyanobactéries dans l'évolution de l'atmosphère.
2. Détermine l'ordre d'apparition des vertébrés.
3. Quel est l'évènement ayant favorisé la colonisation des continents ?
4. Cite chez les animaux et les végétaux, deux caractères à développer pour coloniser les continents.

Synthèse partielle 2 :

1) Comparaison :

Atmosphère primitive : riche en gaz volcaniques (CO_2, H_2O, CH_4)

Atmosphère actuel : riche en O_2 et N_2.

2) L'atmosphère primitive s'est formée par dégazage du manteau (volcanisme).

3) Les océans primitifs se sont formés à la suite des pluies diluviennes résultantes de la condensation des vapeurs d'eau de l'atmosphère.

4) Les volcans sont à l'origine des premiers continents.

5) Avec la tectonique des plaques, la Pangée s'est disloquée et les continents ont dérivés pour donner la configuration actuelle.

Synthèse partielle 3 : Origine de la vie sur Terre.

1) Les conditions d'apparition de la vie sur Terre : Température de l'eau : 80°C ; absence d'O_2 ; les rayonnements ultraviolets intenses interdisant la vie sur les continents et dans les eaux peu profondes

2) Les premiers êtres vivants comparables à des bactéries actuelles sont apparus dans les océans il y a environ 3,8 Ga.

3) Synthèse abiotique : formation de molécules organique dans un monde purement minéral.

4) Les premiers êtres vivants sont apparus dans les océans.

Synthèse partielle 4 : Evolution de la vie sur Terre.

1) Grace à la photosynthèse, les cyanobactéries sont responsables de la diminution du CO_2 atmosphérique et la libération d'O_2.

2) L'ordre d'apparition des vertébrés : poissons- batraciens- reptiles- mammifères- oiseaux.

3) L'évènement ayant favorisé la colonisation des continents est la formation de la couche d'ozone.

4) Chez les animaux : respiration pulmonaire, membres.

Chez les végétaux : racines, feuilles.

Activité 5 : Les crises biologiques.

Parfois les modifications de la faune et de la flore ont été définitives suite à des extinctions massives d'espèces et l'apparition de nouvelles espèces. Ces extinctions massives ainsi que les grands événements géologiques ont été utilisés pour subdiviser les temps géologiques en ères et en périodes plus courtes. On retrouve les traces géologiques et paléontologiques d'une soixantaine de crises d'extinction. Cinq crises ont joué un rôle déterminant dans l'histoire de la vie, de la biodiversité et sur les répartitions actuelles du vivant, avec certes des « perdants » mais aussi des « gagnants ».

Notre planète a donc eu de temps de vivre d'étonnants changements (5). Parmi ceux-ci, la suite des fossiles montre bien de rares et brutales disparitions d'un très grand nombre d'espèces différentes : il a donc existé des événements exceptionnels à l'origine de crises qui diminuent la diversité des espèces (la biodiversité).

Ces crises sont des extinctions en masse, et elles sont suivies de périodes de rapide formation, diversification et multiplication de nouvelles espèces (périodes de radiations). Les archives fossiles racontent donc un scénario invariable: progressivement, depuis plus de 3,5 milliards d'années, des espèces apparaissent, se développent puis disparaissent. De nombreuses hypothèses ont été avancées pour expliquer ces crises, mais les plus crédibles restent celle selon laquelle la Terre aurait connu des cataclysmes comme la chute de météorites géantes, les volcanismes intenses, les refroidissements climatiques (figure 9).

Nom	Date et durée estimée	Intensité	Causes envisagées
Fin Ordovicien	~443 Ma entre 1,9 et 3,3 Ma	57 % des genres & 86 % des espèces auraient disparu.	Début d'épisodes glaciaires-interglaciaires ; augmentations et diminutions du niveau marin. Soulèvement et altération des Appalaches, influençant le climat.
Fin Dévonien	~359 Ma entre 2 et 29 Ma	35 % des genres & 75 % des espèces auraient disparu.	Refroidissement climatique global (suivi d'un réchauffement), peut-être lié à la diversification des plantes terrestres. Anoxie marine de grande ampleur. Impact d'astéroïde ?
Permien-Trias	251 Ma entre 160 ka et 2,8 Ma	56 % des genres & jusqu'à 96 % des espèces.	Rassemblement des continents (Pangée). Volcanisme de Sibérie. Réchauffement global. Extension des eaux océaniques anoxiques. Concentrations élevées de CO_2 et d'H_2S dans l'air et les eaux. Acidification des océans. Impact d'astéroïde controversé.
Trias-Jurassique	200 Ma entre 600 ka et 8,3 Ma	47 % des genres & environ 80 % des espèces.	Éruption de la Province Magmatique de l'Atlantique Central (CAMP). Elévation des taux de CO_2 atmosphérique, réchauffement global, acidification des océans.
Crétacé-Paléogène	66 Ma environ 2,5 Ma	40 % des genres & 76 % des espèces.	Volcanisme du Deccan (Inde), précédant et accompagnant l'impact d'une météorite (Chicxulub, péninsule du Yucatan). Incendies, tsunamis. Refroidissement global, suivi d'un réchauffement.

Ma, ka : million et millier d'années, respectivement.

Fig.9

Consigne :

1. Définis une crise biologique.
2. Quelles sont les causes probables des crises biologiques ?
3. Parmi les cinq grandes crises, laquelle a eu un grand impact sur la biodiversité.
4. Cite quelques espèces qui ont disparu pendant la crise du crétacé.

Synthèse partielle 5 :

1) **Définition** : Crise biologique : période d'extinction massive d'espèces à l'échelle planétaire.
2) **Causes** : volcanisme, chute de météorite, changement climatique (glaciations).
3) La 3ème grande extinction : crise du Permien (disparition de près de 90% des espèces).
4) Les dinosaures, les ammonites…

Activité 6 : Parenté entre les êtres vivants.

A) Unité du monde vivant.

Les espèces vivantes possèdent une origine commune. Celle-ci se traduit par des ressemblances aux niveaux cellulaires, moléculaires et fonctionnel. La cellule constitue le point commun à tous les êtres vivants.

Parmi les points communs entre unicellulaires et bactéries, il en est un qui doit vous rappeler quelque chose: les gènes. Leur étude a permis de découvrir de nouveaux points communs à tous les êtres vivants. Ainsi, tous les animaux, tous les végétaux, toutes les bactéries et même d'autres groupes d'êtres vivants plus ou moins microscopiques aux noms imprononçables ont des gènes faits de la même molécule: l'ADN.

Mais il y a plus extraordinaire encore. À partir des années 2000, de nouvelles techniques ont permis de "lire" les gènes sur l'ADN, et de les comparer entre espèces différentes. On a alors découvert que les êtres vivants possèdent en commun un très grand nombre de gènes, et que plus les êtres vivants se ressemblent plus leurs gènes sont voisins. L'ensemble des points communs (anatomie, fossiles, cellules, molécules, fonctionnement, ADN, gènes, développement....) indique donc clairement une origine commune pour l'ensemble des êtres vivants.

Espèces	chimpanzé	souris	chien	poulet	mouche du vinaigre	vers de terre	Oursin
% de gènes communs avec les humains	99%	99%	75%	70%	66%	36%	28%

Non seulement de nombreux gènes sont identiques entre espèces différentes, mais l'organisation et le fonctionnement des gènes sont souvent identiques: les gènes qui contrôlent le développement des embryons de souris sont les mêmes, organisés de la même façon que ceux qui fonctionnent chez les humains. Plus étonnant, on retrouve ces gènes chez les mouches! De plus, l'étude des gènes a permis de découvrir les traces des histoires évolutives des espèces et de la façon dont se produit l'évolution.

Consigne :

1. Pourquoi dit-on que les êtres vivants ont une origine commune ?
2. Parmi les espèces citées dans le tableau, lequel est plus proche de l'Homme ? Justifie.

B) Parenté au niveau d'un même groupe : les vertébrés

Les vertébrés actuels présentent des ressemblances moléculaires, anatomiques, et morphologiques chez l'adulte et à l'état embryonnaire. Ces ressemblances sont exploitées pour établir des relations de parenté qui existent entre eux.

L'étude de la formation et du développement des embryons de vertébrés montre que les premières étapes de ces processus sont très semblables chez les différentes espèces (Fi.10). Par exemple, tous les vertébrés ont des vaisseaux sanguins qui forment plusieurs arcs de part et d'autre de la tête. Ces arcs sont toujours présents chez les animaux à branchies adultes alors qu'ils sont ensuite profondément modifiés chez les autres vertébrés.

A l'état adulte, les vertébrés possèdent un plan d'organisation commun ; c'est-à-dire que l'on retrouve chez tous des axes de polarité (axe antéro-postérieur, axe dorso-ventral, axe droite-gauche). Le plan d'organisation se retrouve dans la disposition des organes par rapport aux différents axes : la colonne vertébrale et le système nerveux sont dorsaux, l'appareil digestif est ventral et tous les trois présentent une polarité antéro-postérieure. Les poumons, les reins les

gonades sont pairs et présentent une disposition droite gauche. Les membres antérieurs des tétrapodes sont organisés en segments : avant-bras, bras, main. Ses structures sont homologues (Fig.11). Cela suggère qu'elles sont héritées d'un ancêtre commun. On parle d'analogie si les structures assurent les mêmes fonctions mais ne sont pas hérités d'un ancêtre commun.

L'amnios est une membrane qui entoure la cavité amniotique qui est remplie de liquide. Chez l'homme, la cavité amniotique est appelée poche des eaux. Si on s'intéresse à sa présence ou à son absence chez les vertébrés, on peut faire les observations suivantes :

Il est absent chez les poissons et les batraciens qui sont donc des anamniotes.

Il est présent chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères qui sont donc des amniotes.

L'apparition de l'amnios est une modification capitale dans le processus de développement embryonnaire chez les vertébrés. En effet, chez les anamniotes, la reproduction doit se faire obligatoirement dans l'eau. En revanche, l'amnios permet à l'embryon de se développer en dehors du milieu aquatique. L'amnios étant une innovation génétique, les amniotes constituent un clade (ensemble d'êtres vivants apparentés possédant en commun une innovation génétique).

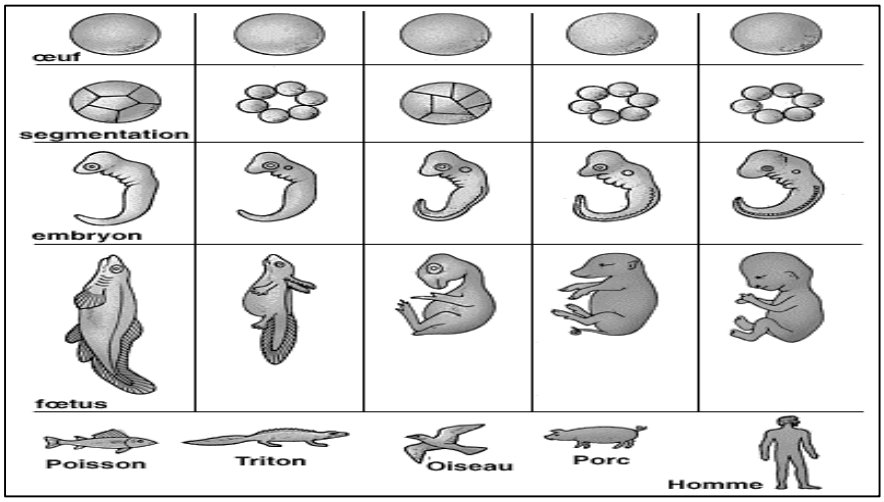


Fig.10

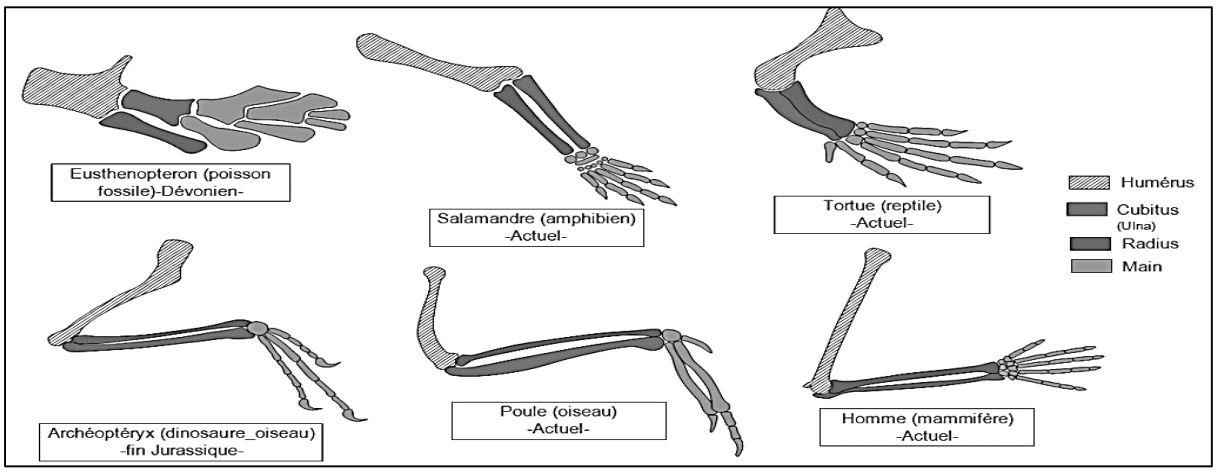


Fig.11

Consigne :

1. Quels sont les critères qui nous permettent d'établir des parentés entre les vertébrés ?
2. Définis : caractères homologues et caractères analogues.
3. Cite quelques caractères homologues chez les vertébrés.
4. Quelle est l'importance de l'amnios chez les vertébrés qui en possèdent ?
5. Tire une conclusion générale de l'analyse du texte est des documents.

Activité 7 : Arbre phylogénique.

L'étude des structures anatomiques des êtres vivants actuels et fossiles (ainsi que la détermination de l'âge des fossiles) ainsi que de leurs gènes a permis d'établir l'existence du processus d'évolution qui relie toutes les formes de vie terrestre à un ancêtre commun.

Le concept de dernier ancêtre commun à deux lignées d'êtres vivants (DAC) correspond à l'espèce la plus récente, toujours hypothétique, que ces deux lignées partagent comme ancêtre commun. Le DAC et tous ses descendants forment un groupe monophylétique ou clade qui permet de retracer l'évolution des remonter le temps dans l'arbre du vivant, jusqu'au dernier ancêtre commun universel (DACU).

Un arbre phylogénique est un schéma représentatif des relations de parentés entres différents espèces. Il montre qui est proche de qui mais pas qui descend de qui. Il montre le degré de parenté entre espèces différentes (présence de caractères homologues). Un caractère est un élément de la description du phénotype ou de génotype pour lequel il y a homologie. Quand on polarise un caractère, on le défini en tant que primitif (ancestral) ou dérivé en fonction du groupe d'êtres vivants que l'on veut classer. Les caractères ancestraux sont ceux partagés par tous, les caractères dérivés sont ceux qui isolent tel ou tel individu des autres.

Pour construire un arbre phylogénique :

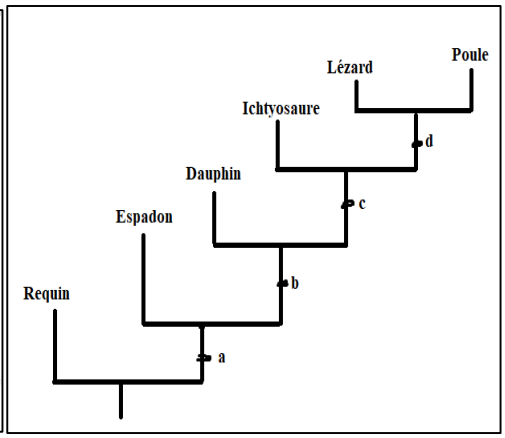
On élabore une matrice de caractère avec un échantillon d'espèces données et un certain nombre de caractères choisis. Par convention on note par «O » un caractère ancestral et par « 1 » un caractère dérivé.

Ensuite à l'aide de cette matrice, on élabore tous les arbres possibles. Et on place les innovations. En appliquant le principe de parcimonie, on élit un ; c'est-à-dire l'arbre qui nécessite le moins d'innovations.

Le tableau ci-dessous représente une matrice de caractère.

Caractères / Espèces	Squelette osseux (a)	Amnios (b)	Vertèbres cervicales à quille ventrale (c)	2 fosses temporales (d)
Requin	0	0	0	0
Espadon	1	0	0	0
Dauphin	1	1	0	0
Ichtyosaure	1	1	1	0
Lézard	1	1	1	1
Poule	1	1	1	1

(1): caractère présent (dérivé)
(0): caractère absent (ancestral)



Consigne : à partir du texte et du schéma :

1. Définis un arbre phylogénique et donnez son importance.
2. A quel état se trouve l'amnios chez le Dauphin et chez le requin ?
3. Combien d'innovations étaient nécessaire pour construire l'arbre 1 ?
4. Trouve quatre autres arbres à partir de la même matrice et placer les innovations.
5. Trouve l'arbre le plus parcimonieux (plus probable) et place sur cet arbre l'ancêtre commun à la poule et au lézard.

Synthèse partielle 6 :

A) Unité du monde vivant.

1) L'existence de plusieurs caractères communs chez les êtres vivants permet de dire que tous les êtres vivants ont une origine commune : la présence de cellule, le matériel génétique sous forme d'ADN, l'universalité du code génétique et la présence de plusieurs gènes identiques.

2) parmi ces espèces le chimpanzé est le plus proche de l'Homme car il partage plus de gènes identiques (99%).

B) Parenté au niveau d'un même groupe : les vertébrés

1. Les critères qui permettent d'établir la parenté entre les vertébrés :

Le plan d'organisation générale, le squelette osseux, le développement embryonnaire.

2. Définitions :

Caractères Homologues : structures ayant le même plan d'organisation, même position, même origine, fonctions identiques ou différentes.

Caractères Analogues : structures ayant les mêmes fonctions, mais de structures et d'origines différentes.

3. Quelques caractères homologues chez les vertébrés :

Ailes des oiseaux et membres antérieurs des mammifères ; la colonne vertébrale.

4. L'amnios permet à l'embryon de se développer en dehors du milieu aquatique.

Cette analyse montre que les vertébrés ont plusieurs structures homologues et donc ont un ancêtre commun hypothétique.

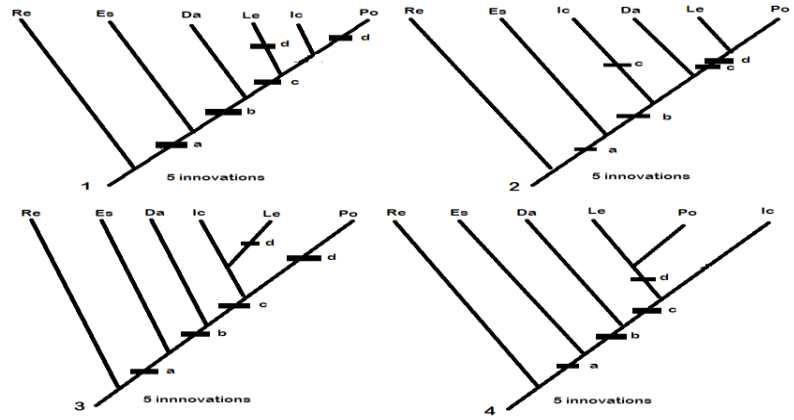
Synthèse partielle 7 :

1) Définition : Un arbre phylogénique est un schéma représentatif des relations de parentés entres différents espèces. Il montre le degré de parenté entre espèces différentes.

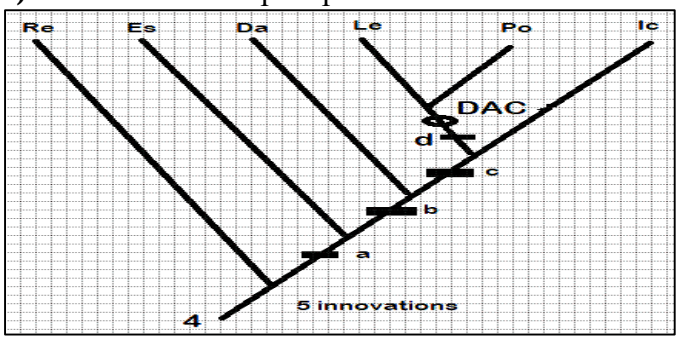
2) Chez le requin : état ancestral. Chez le dauphin : état dérivé.

3) 4 innovations étaient nécessaires.

4) Autres arbres



5) L'arbre 4 est le plus parcimonieux car il nécessite moins d'innovations (4)



Synthèse générale :

1) Formation de la Terre :

Il y a plus de 15 milliards d'années, le monde était totalement différents ; les étoiles, les planètes qui nous entourent n'existaient pas ; la Terre n'existait pas ; le soleil, la lune n'existaient pas ; rien de connu dans l'immensité de l'espace. Dans cet espace infini, apparut une sorte de nuage, un immense nuage fait de gaz et de poussière. Ce nuage s'agitait comme dans une tempête en tournant sur lui-même et en grossissant. Devenu immense, il s'agita tellement que ses particules se heurtèrent les unes contre les autres. Et plus les particules s'agitaient, virevoltaient, et se heurtaient plus le nuage devenait brûlant. Et plus le nuage de gaz et de poussière grossissait, plus sa chaleur devenait ardente. Tellement chaud, qu'il ferait ressembler notre soleil actuel à un morceau de glace. Le nuage est devenu tellement ardent et agité qu'il finit par exploser dans un gros bang : « le BIG-BANG ». Les particules qui avaient été projetées partout dans l'espace lors de l'explosion se collèrent entre elles en différents tas, un peu comme des boules de neige. D'autres particules vinrent peu à peu se coller sur ces tas qui devinrent de plus en plus gros jusqu'à former les galaxies qui ressemblaient à d'immenses feux d'artifices. L'espace est alors parsemée de galaxies.

Une de ces galaxies s'appelle la Voie lactée.

Il y a 4,6 milliards d'année, dans cette galaxie s'est formée une boule de feu beaucoup plus grosse que les autres, une étoile qu'on appelle le soleil. Le soleil dégageait tellement d'énergie que, peu à peu, d'autres boules plus petites se mirent à tourner autour de lui tout en tournant sur elle-même. Ce sont ces boules plus petites qui deviendront plus tard des planètes même si à ce moment ce sont des conglomérats de gaz et de poussières ressemblant à des boules de feu. Une de ces plus petites boules était notre Terre. En tournant autour du soleil, la Terre récolta de plus en plus de petits matériaux : du cuivre, du fer, de la silicone et bien d'autres matériaux… Plus la récolte était abondante, plus la Terre devenait compacte mais toujours brûlante. Au fur et à mesure que les matériaux s'amalgamaient, à la Terre, les plus lourds et les plus bouillants plongeaient en son centre, alors que les plus légers flottaient en surface. Le centre de notre Terre était donc beaucoup plus compact que sa surface et ressemblait à un noyau, composé de roches liquides. Sa surface, quant à elle, était comme une mer de lave. La Terre était toujours brûlante, mais quand même moins que le Soleil. L'espace était très froid et le Soleil suffisamment loin : la Terre commença peu à peu à refroidir. Cela prit des milliards d'années. Au contact de la Terre bouillante avec la température glacée de l'espace survint un phénomène de condensation. Un brouillard de vapeur se créa. Des gaz comme l'hydrogène, le souffre et l'azote s'échappèrent de la croûte terrestre et s'élevèrent en formant un immense nuage qui couvrit la planète et la priva des bienfaits du soleil (chaleur et lumière).

Pendant des millions d'années, la croûte terrestre se refroidit et se durcit lentement. Le centre de la Terre demeurait fluide et par endroit, les gaz toujours contenus à l'intérieur de la Terre percèrent la surface. La surface de la Terre se recouvrit de gigantesques volcans flamboyants. En refroidissant la croûte de notre planète forma des sortes de plaques gigantesques qui se ratatinèrent, se heurtèrent et se cassèrent, formant ainsi montagnes, vallées et bassins. L'immense nuage qui entourait notre planète continuait de s'épaissir. Certains gaz qui le formaient commencèrent à se mélanger. Deux de ces gaz, l'oxygène et l'hydrogène, formèrent l'eau en se mélangeant. Mélangé à d'autres gaz comme le nitrogène, l'oxygène forma l'air. Le nuage colossal qui recouvrait la Terre s'éventra et laissa échapper toute sa charge. Ainsi, il commença à pleuvoir, pleuvoir sans arrêt. La croûte de la Terre était encore très chaude, les gouttes se changeaient en vapeur aussitôt qu'elles touchaient le sol. Cette vapeur s'élevait et venait reformer le nuage. Il plut ainsi pendant des millions d'années. Avec toute cette eau, la Terre se refroidit plus rapidement. Les gouttes de pluie ne s'évaporaient plus en touchant le sol. La pluie envahit tous les creux de la Terre et forma les océans. Les ruisseaux, les rivières et les fleuves transportèrent toutes sortes de débris rocheux qui se déposèrent sur le plancher des océans. Il ne cessa pas de pleuvoir et toute la surface de notre planète Terre fut totalement inondée d'eau. Après quelques millions d'années, quelques rayons du soleil pénétrèrent la couche amincie de nuages. Enfin, le soleil brilla sur ce paysage tout en eau. La Terre devint plus calme, plus tranquille. Rien ne grouillait, juste de l'eau immobile. Il aura fallu un milliard d'année à la croûte terrestre pour se former.

2) Apparition et évolution de la vie.

Les premières étapes de l'évolution de la Terre (diminution de température, formation des océans…) ont permis l'apparition de la vie, environ un milliard d'année après sa formation (-3,8Ga). Les premiers êtres vivants étaient sans doute des bactéries comparables à celles vivant actuellement dans les sources chaudes

(90°c). Nous savons assez peu de choses sur les êtres vivants du précambrien (de la formation de la terre à -570 millions d'années), parce que les fossiles sont rares et si mal conservés qu'il est souvent difficile de savoir de quels organismes ils proviennent. On a pourtant la certitude que les êtres vivants étaient déjà nombreux et variés : algues, éponges, vers, mollusques et crustacés. Une comparaison des formes vivantes depuis le précambrien jusqu'à nos jours permet de constater que les espèces animales et végétales n'ont pas toujours été celles que nous connaissons (contemporaines) : il y a des espèces contemporaines qui existaient déjà au primaire comme les blattes, d'autres sont plus récentes, beaucoup d'espèces ont disparu.
Les événements géologiques ayant affecté la surface de la Terre (déplacement des continents, formation des chaînes de montagnes, fluctuations du climat, chute sur Terre de météorites géantes…) ont modifiés les milieux et les peuplements ont changé. Ainsi, la tectonique des plaques change les conditions de vie en un milieu. Des fluctuations de climat, indépendantes de la tectonique des plaques, modifient les peuplements. Des événements cataclysmiques comme la chute d'une météorite géante sur la terre peuvent bouleverser complètement la faune et la flore.
Parfois ces modifications de la faune et de la flore ont été définitives suite à des extinctions massives d'espèces et l'apparition de nouvelles espèces. Ces extinctions massives ainsi que les grands événements géologiques ont été utilisés pour subdiviser les temps géologiques en ères et en périodes plus courtes.

3) Parentés entre les êtres vivants et fossiles :

Les espèces vivantes possèdent une origine commune. Celle-ci se traduit par des ressemblances au niveau cellulaire, moléculaire et fonctionnelle. Le monde vivant est constitué des : procaryotes (bactéries), des eucaryotes (animaux + végétaux + champignons) ; et des virus (parasites cellulaires obligatoires, classés « à la limite du vivant »). Tous les êtres vivants ont des caractéristiques communes. Ils sont composés de cellules (unité structurale et fonctionnelle du vivant) ; leur information génétique est constituée d'ADN (Acide Désoxyribonucléique) ; les mécanismes assurant le maintien du caryotype et des caractères d'une génération à la suivante au sein d'une même espèce sont les mêmes : la réplication de l'ADN, la mitose l'expression des gènes grâce à l'universalité du code génétique.

4) Phylogénèse et ontogénèse :

Phylogenèse : étude évolutive d'une entité anatomique ou d'un phénomène biologique à travers les espèces qui se sont succédé par filiation.
Ontogenèse : étude évolutive d'un organe ou d'un phénomène biologique chez un même individu, depuis la fécondation jusqu'à l'âge adulte (embryogenèse et organogenèse).
Un arbre phylogénétique permet de représenter simplement des liens hypothétiques entre des espèces. Pour les trouver, il faut étudier un échantillon d'espèces et quelques caractères.
Après avoir sélectionné les espèces à étudier et les caractères à utiliser, construire un tableau (en colonnes, les caractères / en lignes, les espèces).
Compléter le tableau en précisant si le caractère est présent ou absent chez chaque espèce étudiée.
Faire une classification selon la méthode des groupes emboîtés.
Construire l'arbre phylogénétique selon la méthode expliquée ci-dessous :
Tracer un axe d'évolution (apparition successive de nouveau caractères = évolution des espèces).
Tracer la flèche du temps (en bas, les temps anciens et en haut, les temps actuels)
La première espèce à placer est celle qui a le plus de caractères ancestraux.
Placer un nœud (= ancêtre commun de tous ses descendants)
Tracer un trait (= branche) à partir du nœud jusqu'au sommet de l'arbre : noter en haut de cette branche le nom de l'espèce qui a le plus de caractères ancestraux.
Placer un second nœud (en suivant le sens de la lecture de l'arbre)
Tracer une branche à partir du nœud jusqu'au sommet de l'arbre : noter le nom de l'espèce qui possède le nouveau caractère et qui ne possède pas les autres caractères
Faire de même avec les autres espèces et terminer en notant celle qui possède tous les caractères étudiés sur la dernière branche de l'arbre.
Si une espèce a disparu, ne pas tracer la branche jusqu'au sommet de l'arbre puisqu'elle n'existe plus.
Toutes les espèces qui sont présentes aujourd'hui sur Terre sont autant évoluées par rapport au premier ancêtre commun (la cellule ancestrale LUCA pour Last Universal Common Ancestor). L'Homme n'est donc pas plus évolué.

Sous-concept 2 : Les mécanismes de l'évolution

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que l'évolution biologique ?

Comment les nouvelles espèces apparaissent ?

Situation problème :

Selon la théorie d'évolution, toute espèce provient d'espèces qui l'ont précédée sur Terre. Les êtres vivants et fossiles ont donc une origine commune et dérivent les uns des autres. L'évolution conduit à une grande diversité des êtres vivants. L'ADN, support de l'information génétique dirige la synthèse des protéines. Le gène est l'unité de l'information génétique. L'ensemble des gènes d'un individu forme son génotype.

Le génotype d'un individu détermine sont phénotype, qui dépend aussi de l'influence de l'environnement.

Comment apparait une nouvelle espèce à partir d'espèces ancestrales ?

Comment les gènes et l'environnement sont impliqués dans les processus d'évolution biologique.

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Polymorphisme et diversité génétique.

A) Polymorphisme génétique.

Les caractères des individus (donc des espèces) sont liés aux gènes. Les variations des caractères, qui sont le matériel de base de l'évolution, sont liées aux variations des gènes. Les ***gènes***, unités de l'information génétique sont constitués d'ADN (longue molécule formée de deux chaines unies par des paires de bases complémentaires. Le ***génome*** est l'ensemble des gènes présents dans les cellules d'un organisme. Tous les individus d'une même espèce ont le même génome.

Cependant, la séquence des nucléotides de l'ADN d'un gène peut être modifiée par une mutation, événement accidentel qui crée de nouvelles versions du gène ; ***les allèles.*** Les allèles d'un même gène occupent le même emplacement sur le même chromosome appelé locus. Un gène est poly allélique s'il possède plusieurs allèles. L'ensemble des allèles d'un individu constitue son ***génotype***. Donc chaque individu a son génotype.

A l'échelle d'une population (ensemble d'individus de l'espèce partageant un même habitat), les allèles d'un gène sont répartis chez les individus avec des fréquences inégales. Certains allèles sont représentés chez de nombreux individus d'une population, d'autres ne le sont que rarement ou même pas du tout. Par conséquent la fréquence des allèles varie d'une population à l'autre.

Presque tous les gènes ont plusieurs allèles. Par convention, on qualifie de gènes polymorphes (ou poly allélique) ceux qui ont au moins deux allèles avec au moins 1% chez les individus d'une population. Les gènes du système HLA sont qualifiés de très polymorphes car il existe de nombreux allèles pour chacun de ces gènes et beaucoup de ces allèles sont largement répandus dans les populations humaines.

Allèles	Nombre de nucléotide	Nombre de différence			
HLA. A1	1098	0			
HLA. A2	1098	50	0		
HLA. A11	1098	12	45	0	
HLA. A24	1098	47	49	48	0
		HLA. A1	HLA. A2	HLA. A11	HLA. A24

Consigne :

1. En quoi les allèles d'un gène diffèrent-ils ?
2. Pourquoi chaque individu a son phénotype ?
3. Pourquoi dit-on que les gènes du système HLA sont polymorphes ?
4. Analyse le tableau de comparaison des gènes du système HLA.

Synthèse partielle 1A :

A) Polymorphisme génétique.

1. les allèles d'un gène diffèrent par leurs séquences de nucléotides (ADN).
2. Chaque individu a son phénotype car chaque individu possède son propre génotype.
3. Les gènes du système HLA sont dit polymorphes car ils possèdent plusieurs allèles.
4. analyse : Les gènes du système HLA possèdent le même nombre de nucléotides et chaque allèle possède quelques différences par rapport aux autres.

B) Formation de nouveaux allèles.

Les allèles sont créés par les mutations modifiant la séquence des bases, les mutations géniques. La différence minimale entre 2 allèles concerne une seule base, conséquence d'une mutation ponctuelle. Les mutations sont des modifications qui surviennent au hasard. Elles résultent d'erreurs de copie lorsqu'un chromosome duplique son ADN avant la division cellulaire. De mutation en mutation les allèles d'un gène sont de plus en plus nombreux. Les mutations qui affectent des cellules germinales sont héréditaires car transmissibles à la descendance par les gamètes. Le polyallélisme actuel résulte de mutations survenues dans le passé, chez les ancêtres proches ou lointains. Cet enrichissement progressif du génotype contribue à la grande diversité des individus.

C) Formation de nouveaux gènes.

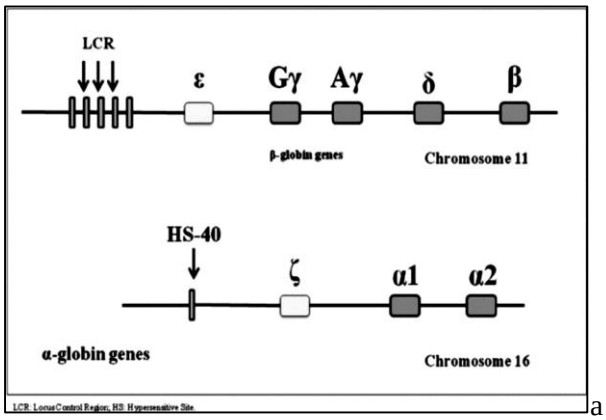
Le génome de la plupart des espèces contient des milliers de gènes.

Parmi ces gènes, certains ont des séquences de nucléotides en commun : ils constituent des familles. Les gènes d'une famille sont issus d'un seul gène ancestral selon un mécanisme qui explique à la fois leur nombre (duplication) et leur diversité (mutation). (Document 1b)

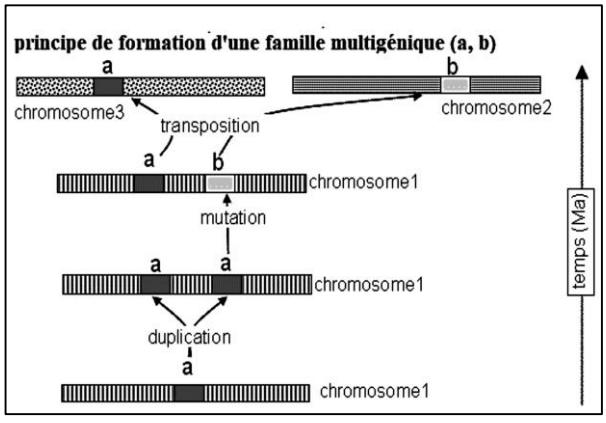
Lorsque plusieurs gènes ont des séquences de nucléotides communes, les protéines correspondantes ont des séquences d'acides aminés communes. Les ressemblances entre les protéines permettent de détecter les familles de gènes, comme par exemple pour le génome humain : la famille des « globines », la famille des « hormones hypophysaires », la famille des « gènes homéotiques ».

Les globines sont des protéines qui captent l'oxygène. Elles sont situées dans le sang, comme l'hémoglobine ou dans les muscles comme la myoglobine. Plusieurs gènes ayant des séquences de nucléotide voisines codent pour les globines. Dans ce cas la fonction assurée est toujours la même dans les grandes lignes, mais il y a des différences, notamment dans le fait que les gènes de cette famille ne s'expriment pas tous en même temps : le fœtus, le jeune et l'adulte n'ont pas les mêmes hémoglobines. (Document 1a)

Le mécanisme de duplication suivi de mutation peut se répéter plusieurs fois, chaque gène formé pouvant être à son tour à l'origine de nouveaux gènes. Chaque gène suit une évolution indépendante de celle des autres, livrée en partie au hasard, les duplications et les mutations étant des phénomènes aléatoires. Le génome d'une espèce s'enrichit par addition de nouveaux gènes à l'échelle des temps géologiques. De nouvelles protéines peuvent être fabriquées par les cellules, permettant dans certains cas de nouvelles fonctions, un nouveau mode de vie pour les organismes.



a



b

Doc.1

Consigne :

1. Quels mécanismes sont à l'origine de la formation des allèles ?
2. Définis une famille multigénique et cite quelques familles multigéniques.
3. Quels mécanismes sont à l'origine de la formation des familles multigéniques ?

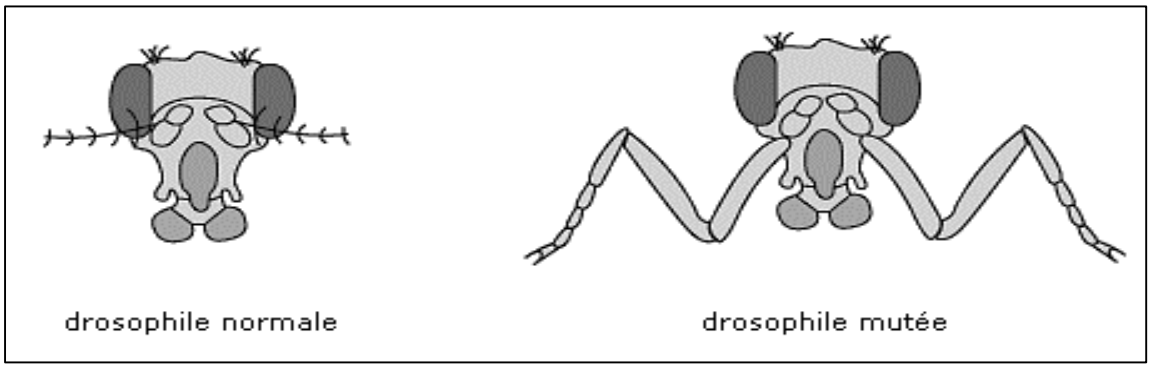
Activité 2 : Conséquences des mutations sur le phénotype.

A) Du génotype au phénotype.

Le phénotype dépend des protéines et par conséquent du génotype, les allèles déterminant la nature des protéines de l'organisme. Chaque séquence de nucléotides de l'ADN code pour une suite précise d'acides aminés. En modifiant l'ADN, une mutation génique a, ou non, des répercutions sur le phénotype, selon sa nature et sa localisation. L'information contenue dans un gène est transcrite en ARNm, puis traduite en séquence d'acides aminés dans le cytoplasme. Au cours de cette traduction, les bases de l'ARNm sont lues 3 par 3. Ces unités de lecture sont les codons. Il existe une correspondance précise entre les différents codons et les acides aminés. Les mutations interviennent de façon aléatoire et ne dépendent pas des caractéristiques de l'environnement. En faisant apparaitre de nouveaux allèles, ainsi de nouvelles protéines, les mutations sont à l'origine de l'apparition de nouvelles caractères (innovations génétiques) et donc des modifications du phénotype.

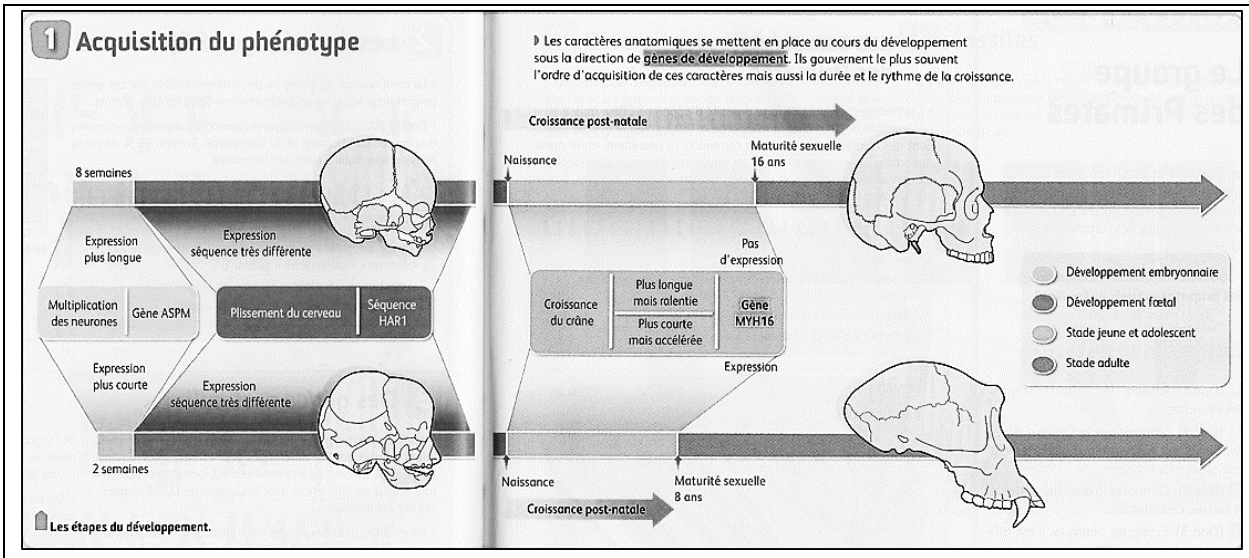
B) Les mutations des gènes du développement.

Les gènes de développement peuvent être l'objet de mutations qui compromettent la transformation de l'œuf en un embryon organisé selon le plan de l'espèce. Les conséquences sur le phénotype de l'organisme sont importantes : parfois mortelles, parfois créatrices de nouvelles formes ce qui leur fait attribuer un rôle possible dans l'évolution des êtres vivants. Certains gènes du développement appartiennent à la famille des gènes homéotiques (ou homéogènes). Ils codent pour des protéines qui contrôlent la mise en place des différentes parties du futur organisme selon un plan d'organisation de son espèce. Les mutations de certains d'entre eux bouleversent ce plan comme le montre le document 2. On émet l'hypothèse que de telles mutations seraient à l'origine de la transformation de nageoires en pattes chez les vertébrés aquatiques.



Doc.2

Un enchainement précis des étapes du développement embryonnaire est programmé par des gènes qui déterminent pour les gènes de structure quand et pour quelle durée ils seront actifs. Ces chronogènes fixent aussi la vitesse à laquelle se développent les différentes parties de l'embryon. De nouveaux phénotypes peuvent résulter de décalages temporels auxquels certains biologistes attribuent un rôle dans l'évolution, en particulier dans la lignée humaine. Le crâne de l'Homme adulte ressemble plus au crâne de fœtus de chimpanzé qu'à celui de l'adulte : forme globuleuse, front bombé, position centrée du trou occipital. D'où l'hypothèse d'un développement embryonnaire ralenti pour l'Homme sans allongement de sa durée, ce qui fait qu'il nait « non fini ». Selon cette hypothèse de l'origine néoténique de l'Homme, le nouveau-né correspond à un stade juvénile de l'ancêtre commun aux deux espèces, le chimpanzé ayant poursuivi son développement embryonnaire au-delà de ce stade. Par rapport aux singes, le développement embryonnaire du système nerveux est plus lent, il se poursuit au-delà de la naissance, se perfectionne. On appelle hétérochronie une modification de la durée et/ou de la vitesse de développement de l'organisme au cours de l'évolution.



Document 3

Consigne :

1. Explique le mécanisme permettant l'apparition de nouveau phénotype ?
2. Pourquoi il y a une ci-grande différence entre l'Homme et le chimpanzé à l'état adulte ?

Synthèse partielle 1B et C :

1. les mutations sont à l'origine de la formation de nouveaux allèles.
2. famille multigénique : ensemble de gènes issus d'un gène ancestral par duplication et transposition.
3. Exemple : la famille des globines ; des hormones hypophysaires ; des gènes homéotiques.

Mécanismes : mutations, duplications, transpositions.

Synthèse partielle 2 :

1) Apparition de nouveaux phénotypes :

Le phénotype dépend des protéines et par conséquent du génotype. Une mutation fait apparaitre de nouvelles protéines et donc de nouveaux caractères.

Les gènes homéotiques contrôlent la mise en place des organes suivant le plan d'organisation général de l'espèce. Une mutation au niveau de ces gènes peut provoquer une modification structure, de la durée, de la chronologie de mise en place de certains organes, faisant apparaitre de nouveaux caractères.

2) Cela est dû à la différence des phases de développement embryonnaire et post natal.

Activité 3 : le maintien des innovations génétiques.

A) La sélection naturelle.

De nombreux individus tous génétiquement différents composent une population. Certains génotypes sont plus avantageux que d'autres dans les conditions écologiques du moment. Les individus qui en sont les porteurs ont plus de chance que les autres de survivre et de se reproduire, transmettant ainsi certains de leurs allèles à leurs descendances. Cette sélection naturelle joue un rôle important dans l'évolution des êtres vivants comme celle des phalènes par exemple. (Doc.4)

Un allèle défavorable peut être maintenu dans une population comme le cas de la drépanocytose. La molécule d'hémoglobine comprend quatre chaines polypeptidiques semblables deux à deux (2α et 2β). Une mutation du gène codant pour la chaine β, noté βS ou S, entraine une forme en faucille des hématies qui ne fixe plus normalement l'oxygène. Les sujet qui ne peuvent synthétiser l'hémoglobine normale, de type A, sont atteints de drépanocytose, une maladie qui sévit en Afrique intertropicale.

Trois génotypes sont possibles, avec les conséquences suivantes :

A/A (sujets sains) ; ***A/S*** (quelques troubles, longévité normale) ; ***S/S*** (atteints de drépanocytose).

La sélection naturelle favorise les sujets hétérozygotes. Tandis que les sujets de génotype A/A sont décimés par le paludisme, les hétérozygotes A/S sont résistants et transmettent l'allèle S à la moitié de leurs enfants (statistiquement).

La phalène du bouleau est un papillon nocturne qui est caractérisé par deux sous-espèces :



Biston blatularia



Biston carbonaria

Pendant le jour, les phalènes s'immobilisent sur les troncs d'arbres ; elles sont alors des proies faciles pour les oiseaux.

On peut observer que dans les régions rurales, les arbres sont plutôt clairs puisqu'ils sont recouverts de lichen. Au contraire, dans les régions industrielles, les arbres sont plutôt foncés. En effet, les lichens, sensibles à la pollution, disparaissent tandis que les arbres se couvrent de suie.

Jusqu'au milieu du 19ème siècle, avant l'industrialisation massive, les populations de phalènes du bouleau étaient composées, en Angleterre, exclusivement de la sous-espèce claire.

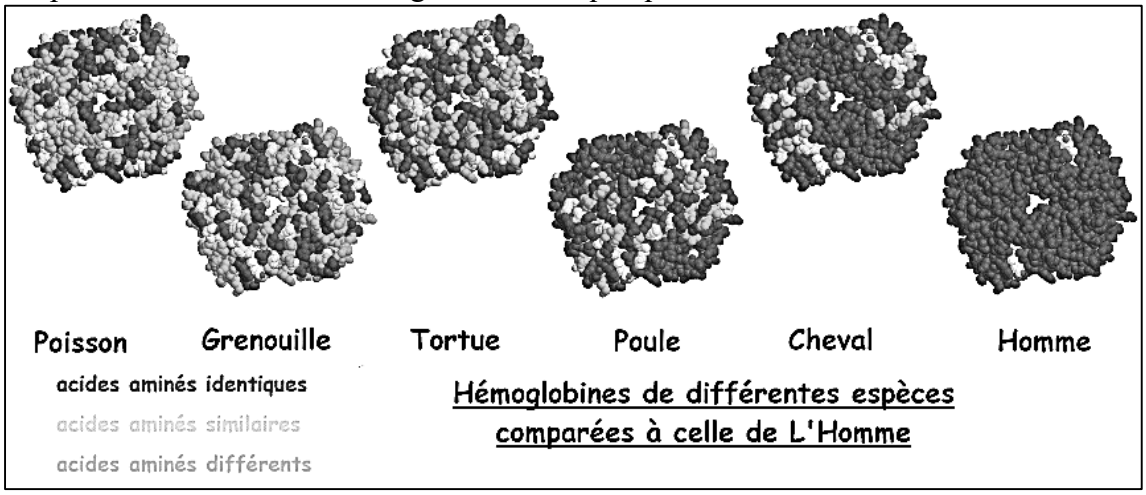
Suite à l'industrialisation qui a eu lieu en Angleterre, un recensement du début du 20ème siècle a mis en évidence que l'importance relative de ces deux phénotypes a fluctué au cours du temps dans les régions rurales et industrielles. La sous-espèce claire était majoritaire dans les régions rurales et la sous-espèce foncée était quand à elle largement majoritaire dans les régions industrielles.

Doc.4

B) Mutations neutres et évolution.

Il existe des mutations neutres sur lesquelles la sélection ne s'exerce pas. Transmises d'une génération à la suivante sur de longues périodes, elles constituent des archives permettant de retracer l'évolution d'espèces apparentées. Ces mutations n'offrent ni avantage ni désavantage pour les individus porteurs. Elles concernent surtout des enzymes, des hormones, des hémoglobines ou d'autres biomolécules. La comparaison de familles de molécules issues de ces mutations permet de reconstituer quelques maillons de l'évolution biologique.

Les molécules d'hémoglobine des vertébrés comportent 4chaines polypeptidiques identiques deux à deux. Il existe 6 types de chaines, variant par la séquence des acides aminés. Le document 5 représente les chaines d'hémoglobine chez quelques vertébrés.



Doc.5

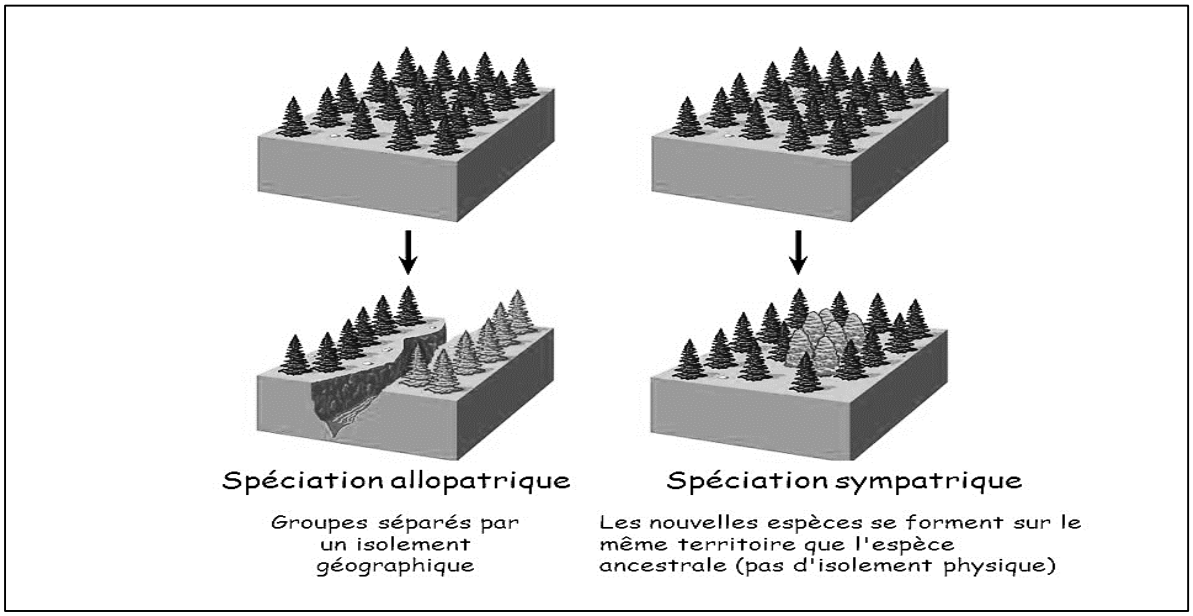
Consigne :

1. Analyse et interprète la répartition des phalènes dans les différents écosystèmes.
2. Pourquoi les individus de génotypes A/S sont avantagés dans les régions où sévit le paludisme ?
3. Quelle est l'importance des mutations neutres ?

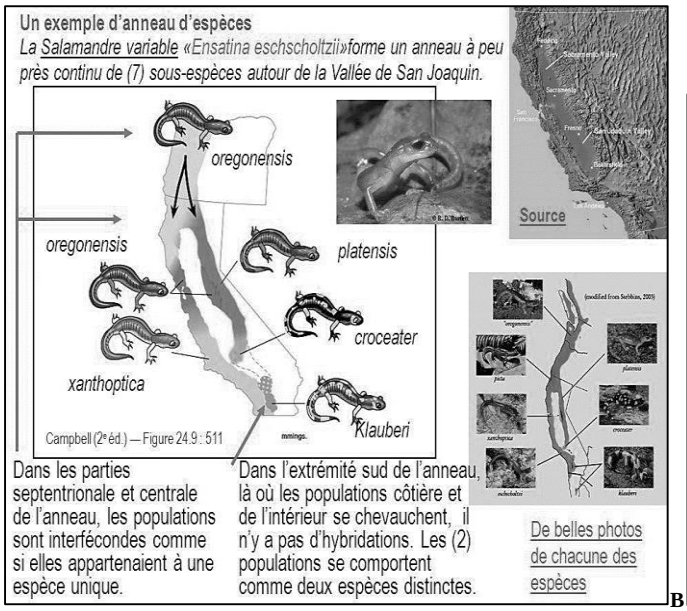
Activité 4 : La spéciation

Au sein d'une espèce, deux populations isolées par une barrière géographique ou comportementale ont des échanges génétiques liés à la reproduction sexuée réduits et accumulent ainsi des différences génétiques. Ces différences, au-delà d'un certain seuil peuvent empêcher les individus de deux populations isolées de se reproduire entre eux. Il y a alors apparition d'une nouvelle espèce à partir d'espèce ancestrale : c'est la spéciation. L'isolement reproducteur entre deux populations est associé à l'isolement génétique et il n'y a plus d'échange d'allèle entre elles. Chaque population est alors considérée comme une nouvelle espèce (s'il n'y a plus de reproduction sexuée possible entre les individus des deux populations), qui continuera à évoluer séparément, sous l'effet du hasard et de la sélection naturelle.

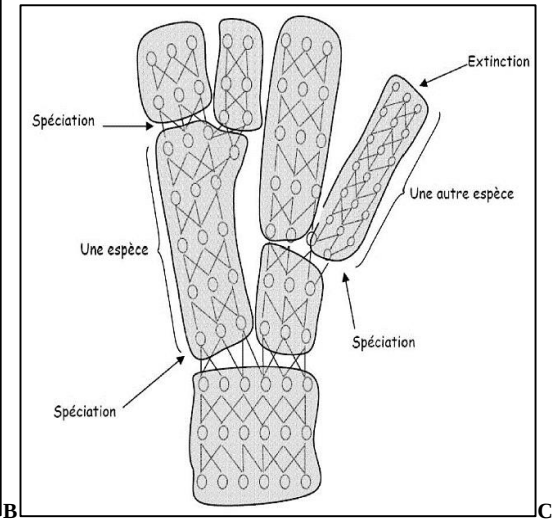
Le document 6 représente les différents types et le processus de la spéciation.



A



B



C

Document 6

Consigne : à partir du texte et du document 6 :

1. Définis la spéciation et donne les différents types de spéciation ?
2. Quels mécanismes sont à l'origine de l'isolément reproducteur entre deux populations ?
3. Quelle est la conséquence de la spéciation sur la biodiversité ?

Synthèse partielle 3 : le maintien des innovations génétiques.

1) La répartition des phalènes dans les différents écosystèmes.

Dans les régions rurales les phalènes claires sont majoritaires car les troncs des arbres étant couvert de lichens claires, elles sont difficiles à être repérer par les prédateurs et les phalènes noires sont des proies faciles.

Dans les régions urbaines, les phalènes sombres sont majoritaires car avec la pollution, les troncs sont devenus sombres et le phénotype sombre devient avantagé.

2) Dans les régions où sévit le paludisme les individus de génotypes A/S sont avantagés car ils résistent mieux au paludisme.
3) Elles constituent des archives permettant de retracer l'évolution d'espèces apparentées.

Synthèse partielle 4 : La spéciation.

1) Définition :

La spéciation est l'apparition d'espèces nouvelles à partir d'une ou deux espèces ancestrales.

On distingue la spéciation allopatrique (groupes séparé par des barrières géographiques) et la spéciation sympatrique (la nouvelle espèce apparait dans le même territoire que l'espèce ancestrale.

2) Mécanismes à l'origine de l'isolément reproducteur entre deux populations : barrières géographiques, migrations.

3) la spéciation permet une grande diversification des êtres vivants et donc une augmentation de la biodiversité.

Synthèse générale :

Le génome est l'ensemble des gènes présents dans les cellules d'un organisme. Chaque espèce a son génome. Le génotype d'un individu détermine son phénotype, qui dépend aussi de l'influence de l'environnement.

Au sein des espèces, il existe un polymorphisme aux différents niveaux d'organisation, depuis les séquences d'ADN jusqu'aux individus des différentes populations et à l'espèce elle-même. La reproduction sexuée assure une stabilité relative du génome d'une espèce tout en réalisant un brassage génétique. Il y a donc à la fois stabilité et variabilité des génomes.

Les mutations géniques, en modifiant la séquence de l'ADN, sont innovatrices. Certaines sont transmises aux descendants et s'accumulent de génération en génération.

1) La formation de nouveaux allèles.

Le génome de la plupart des espèces contient des milliers de gènes.

Parmi ces gènes, certains ont des séquences de nucléotides en commun : ils constituent des familles. Les gènes d'une famille sont issus d'un seul gène ancestral selon un mécanisme qui explique à la fois leur nombre (duplication) et leur diversité (mutation). Lorsque plusieurs gènes ont des séquences de nucléotides communes, les protéines correspondantes ont des séquences d'acides aminés communes. Les ressemblances entre les protéines permettent de détecter les familles de gènes, comme par exemple pour le génome humain : la famille des « globines » ; celle des « hormones hypophysaires » ; celle des « gènes homéotiques ».

Le mécanisme de duplication suivi de mutation peut se répéter plusieurs fois, chaque gène formé pouvant être à son tour à l'origine de nouveaux gènes. Chaque gène suit une évolution indépendante de celle des autres, livrée en partie au hasard, les duplications et les mutations étant des phénomènes aléatoires. Le génome d'une espèce s'enrichit par addition de nouveaux gènes à l'échelle des temps géologiques. De nouvelles protéines peuvent être fabriquées par les cellules, permettant dans certains cas de nouvelles fonctions, un nouveau mode de vie pour les organismes.

2) Conséquences des mutations sur le phénotype.

Le phénotype dépend des protéines et par conséquent du génotype, les allèles déterminant la nature des protéines de l'organisme. Chaque séquence de nucléotides de l'ADN code pour une suite précise d'acides aminés. En modifiant l'ADN, une mutation génique a, ou non, des répercutions sur le phénotype, selon sa nature et sa localisation. Les mutations interviennent de façon aléatoire et ne dépendent pas des caractéristiques de l'environnement. Certaines innovations génétiques apportent aux individus qui en sont porteurs de meilleures chances de survivre et de se reproduire dans un milieu donné. Il s'exerce ainsi une sélection naturelle des individus et par conséquent des allèles résultant de mutation favorable dont la fréquence augmente dans les populations concernées. Ce mécanisme de mutation-sélection est une cause importante de l'évolution des êtres vivants. Il existe des mutations neutres sur lesquelles la sélection ne s'exerce pas. Transmises d'une génération à la suivante sur de longues périodes, elles constituent des archives permettant de retracer l'évolution d'espèces apparentées. Les gènes de développement peuvent être l'objet de mutations qui compromettent la transformation de l'œuf en un embryon organisé selon le plan de l'espèce. Les conséquences sur le phénotype de l'organisme sont importantes : parfois mortelles, parfois créatrices de nouvelles formes ce qui leur fait attribuer un rôle possible dans l'évolution des êtres vivants.

3) La sélection naturelle :

De nombreux individus tous génétiquement différents composent une population. Certains génotypes sont plus avantageux que d'autres dans les conditions écologiques du moment. Les individus qui en sont les porteurs ont plus de chance que les autres de survivre et de se reproduire, transmettant ainsi certains de leurs allèles à leurs descendances. Cette sélection naturelle joue un rôle important dans l'évolution des êtres vivants

Sous-concept 3 : La lignée humaine

Pré-évaluation :

Quelle est la place de l'Homme dans le règne animal ?

Quelle est l'origine de l'Homme ?

Situation problème :

Chaque espèce possède son génome propre à lui. Toutes les populations humaines actuelles partagent le même génome et les mêmes allèles, avec une fréquence variable. Ces différences de fréquences alléliques sont liées à des mécanismes d'isolement et de migration de populations. L'Homme actuel serait issu d'une seule population ancestrale.

Comment retracer l'histoire évolutive de l'Homme ?

Quelles sont les critères de l'hominisation ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

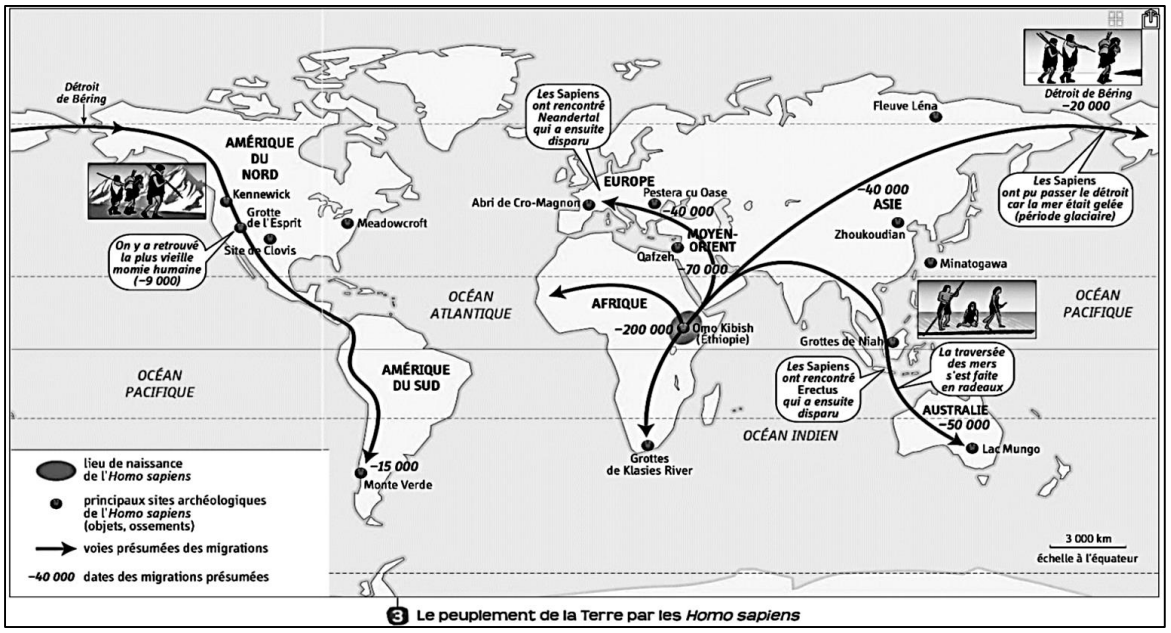
Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Origine de l'Homme.



3 Le peuplement de la Terre par les *Homo sapiens*

Doc.1

Possédant des cellules nucléées et une colonne vertébrale, l'Homme est un eucaryote, métazoaire, et un vertébré. Les primates dont appartient l'Homme, font leur apparitions au sein du groupe des mammifères il y a environ 65 Ma. Ils sont caractérisés par :

Les orbites orientées vers l'avant permettant la vision binoculaire qui facilite l'appréciation des distances.

Le pouce opposable aux autres doigts facilitant la préhension et le déplacement dans les branches.

Les griffes sont remplacées par les ongles plats.

L'étude de quelques primates actuels, met en évidence l'existence des primates anthropomorphes ou Hominoïdes (absence de queue) dont l'apparition est datée à -23 Ma.

Parmi les primates Hominoïdes, on distingue les Pongidés (orang-outang) des Hominidés (gorille, chimpanzé, Homme). Les Homininés constituent une famille regroupant les êtres appartenant à la lignée humaine qui comprennent : Le genre Australopithecus (plusieurs espèces en Afrique de l'est et du sud) et le genre Homo (plusieurs espèces) en Afrique d'abord, puis sur les autres continents. Pour différencier les Homininés des Hominidés, il faut s'appuyer sur des critères anatomiques et culturels qui sont notamment : la bipédie, l'évolution du crâne et de l'encéphale, la fabrication d'outils et le langage articulé.

Si l'homme partage un ancêtre commun avec les Panidés (chimpanzé) cet ancêtre ne ressemble ni aux uns ni aux autres. En effet, les Panidés ont évolué indépendamment des Homininés. L'origine de l'Homme est connue aujourd'hui grâce à l'étude des fossiles trouvés dans plusieurs régions du monde. (Doc.1)

Consigne : à partir du texte et du document.

1. Détermine la place de l'Homme dans le règne animale.
2. Quelle différence fais-tu entre Hominidés et Homininés.
3. Dans quelle région du monde est apparu l'Homme ?
4. Cite les caractères permettant de classer une espèce dans la lignée humaine.

Synthèse partielle 1 :

1) La place de l'Homme dans le règne animal :

Règne animal ; embranchement des vertébrés ; classes des mammifères ; ordre des primates ; famille des hominidés ; sous-famille des Homininés.

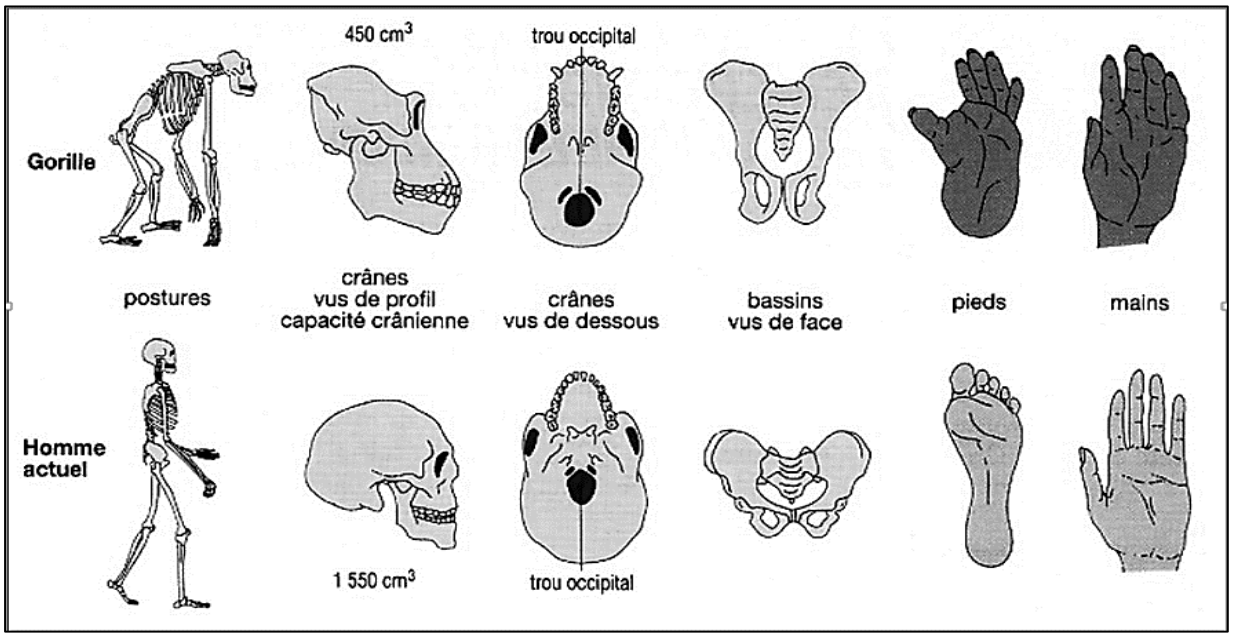
2) Les hominidés comprennent l'Homme et les grands singes sans queue tandis que les Homininés correspondent aux Hommes (actuels et fossiles) et les australopithèques, caractérisés par la bipédie.
3) Les premiers Hommes sont apparus en Afrique oriental (Ethiopie).
4) Les critères d'appartenance à la lignée humaine : la bipédie, l'évolution de l'encéphale, la fabrication d'outils, le langage articulé.

Activité 2 : Les critères de l'hominisation.

A) La bipédie

C'est l'étude de certains caractères du squelette qui permet de mettre en évidence la station debout et le déplacement sur les deux membres postérieurs. La position du trou occipital, la forme de la colonne vertébrale, celle du bassin, la position du pouce du pied sont les caractères qui déterminent l'existence de la bipédie. Ces éléments anatomiques sont utilisés pour classer les restes fossiles dans le groupe des Hominidés.

On pense que la bipédie a précédé tous les autres caractères hominiens ; c'est l'innovation fondamentale dans l'évolution de l'Homme. Le doc.2 représente la comparaison du squelette de l'Homme et celui du gorille.



Document 2

Consigne :

1. Compare le squelette de l'Homme et celui du gorille.
2. Quels sont les caractères qui ont permis la bipédie chez l'Homme.
3. Pourquoi le gorille n'appartient pas à la lignée humaine.

Synthèse partielle 1A : La bipédie

1) Comparaison :

Chez l'Homme : Volume crânien élevé (1400cm^3), colonne vertébrale présentant 4courbures, bassin court et large, trou occipital centré, mâchoires réduites (en v), les mains, libérées du rôle locomoteur et contrôlée par un cortex cérébral développé, est capable d'une grande dextérité, membres inférieurs plus développés, pieds adaptés à la marche (orteils courts, gros orteil non-opposable, voûte plantaire).

Chez le gorille : Volume crânien moins élevé (450 cm^3), colonne vertébrale présentant une seule courbure, bassin long et étroit, trou occipital excentré, mâchoire en U (lourde), membres antérieurs plus développés, pieds adaptés à la brachiation (pouce opposable).

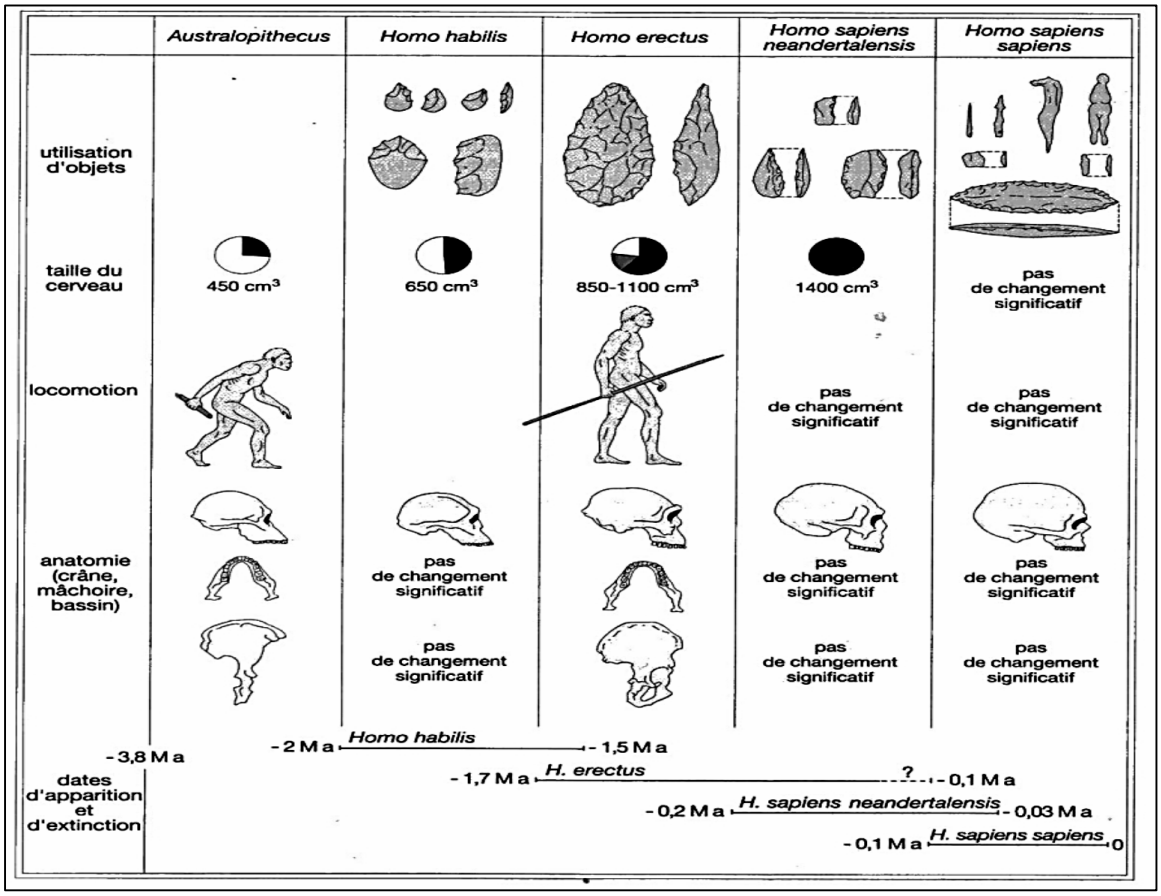
2) Les caractères responsables de la bipédie :

4courbures de la colonne vertébrale, bassin court et large, trou occipital centré, gros orteil du pied non opposable.

Le gorille n'appartient pas à la lignée humaine car il n'est pas bipède.

B) L'évolution du crâne et de l'encéphale.

L'anatomie du cerveau des différents Hommes fossiles est connue grâce à la mesure de la boite crânienne et aux moulages endocrâniens. Le volume endocrânien ou capacité crânienne des Hommes est supérieur à celui des autres primates **(> 450cm^3)**. Les vaisseaux sanguins irriguant l'encéphale laissent des traces sur la face interne des os du crâne. On considère que plus une région est vascularisée, plus elle est active. Ces traces de vascularisation traduisent donc un développement cérébral plus ou moins important. On peut par exemple étudier la vascularisation de la zone du langage et déduire la capacité à produire un langage articulé. La vascularisation assez simple chez les australopithèques devient plus complexe chez l'Homme. Il y a un lien étroit entre le volume cérébral, la vascularisation et le développement des aires corticales chez les Hommes fossiles et actuels. Le document 3 représente quelques caractéristiques des différents Homininés.



Doc.3

Consigne :

1. Décris l'évolution morphologique des crânes des différents Homininés.
2. Décris l'évolution du volume crânien et de la vascularisation du cerveau des Homininés.
3. Pourquoi les australopithèques ne sont pas des Hommes ?

Synthèse partielle 2B :

1) L'évolution morphologique du crâne :

Forme arrondie, arcades et bourrelets diminués, front bombé, angles faciales augmentés, réduction de la mâchoire et en v

2) De l'australopithèque à l'Homo sapiens, on constate une augmentation du volume crânien (de 450cm3 à 1400cm3) : c'est la céphalisation.

La vascularisation et le développement des aires corticales deviennent de plus en plus complexe : c'est la cérébralisation.

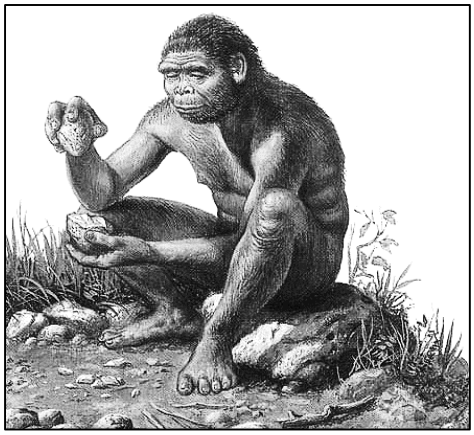
3) Les australopithèques ne sont pas des Hommes car leur volume crânien n'a pas évolué.

C) La fabrication d'outils et la culture.

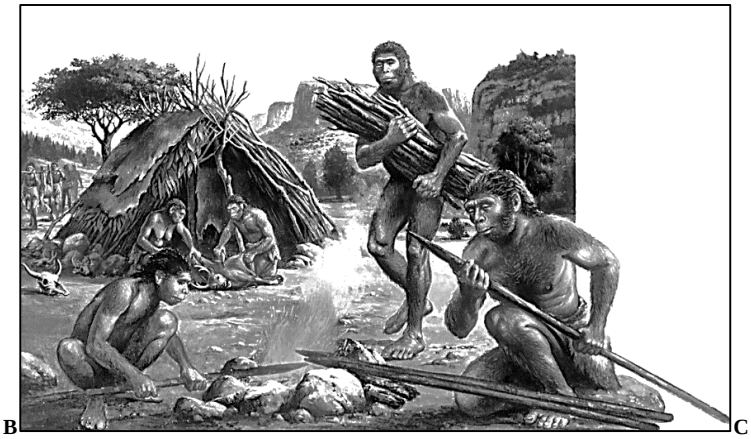
Le développement cérébral et psychique (pensé et conceptualisation) associé à la libération des mains par la bipédie, ont permis la création progressive d'objets de fonctions différentes :
Des objets à usage domestiques : outils, armes, ustensiles de cuisine, habitats et foyer (maitrise du feu).
Des objets culturels et productions artistiques : sépultures, peintures, sculptures…
Ces inventions sont liées à l'évolution du mode de vie : nomade d'abord, puis progressivement sédentaire.
Le document 4 représente les caractéristiques des différents groupes (A), un Homo habilis (B) et un groupe d'Homo erectus (C).

genre	Extension temporelle	Répartition géographique	taille	Volume cranien cm3	outils	rites	Larynx Langage articulé
Australopithècus	-4 Ma à −1Ma	Afrique(E)	1.20m	400	Non connus	_	?
HOMO habilis	-2.5 à −1.3Ma	Afrique(E)	1.30m	600 à 700	Galets aménagés	-	?
HOMO erectus	-1.6 à -0.2 Ma	Afrique, Asie Europe	1.60m	850 à 1250	biface	Utilise le feu	Oui
HOMO sapiens Néanderthalensis	-200 000 -100 000 ans à	Europe	1.70m	1600	Outils de + en + spécialisés	Rites funéraires	Oui
HOMO sapiens sapiens	-200 000 -100 000 à actuel	Partout Asie ,Afrique, Europe, Amériques,etc	1.70m	1400	et petits	Rites funéraire art	oui

A



B



C

Document 4

Consigne :

1. Décris l'évolution de l'outillage des différents groupes d'hominidé.
2. Quelle est l'espèce qui a découvert le feu et celle qui a été la première à quitter l'Afrique ?
3. Quelle est l'espèce qui a commencé à enterrer ses morts ?

Synthèse partielle 2C :

1) L'évolution de l'outillage : plus simple chez les premiers hommes il devient de plus en plus complexe et diversifié.

Australopithèques : pas d'outillages connus.
Homo habilis : galets aménages (industrie oldowayéenne).
Homo erectus : bifaces (industrie acheuléenne).
Homo sapiens Neanderthalensis : bifaces perfectionnés : couteaux, lames, perçoires, flèches…). Industrie moustérienne.
Homo sapiens : outillage perfectionné et diversifié : sagaies, harpons, propulseurs…

2) L'Homo erectus a découvert le feu et est le premier à quitter l'Afrique.
L'Homo sapiens Neanderthalensis est le premier à enterrer les morts.

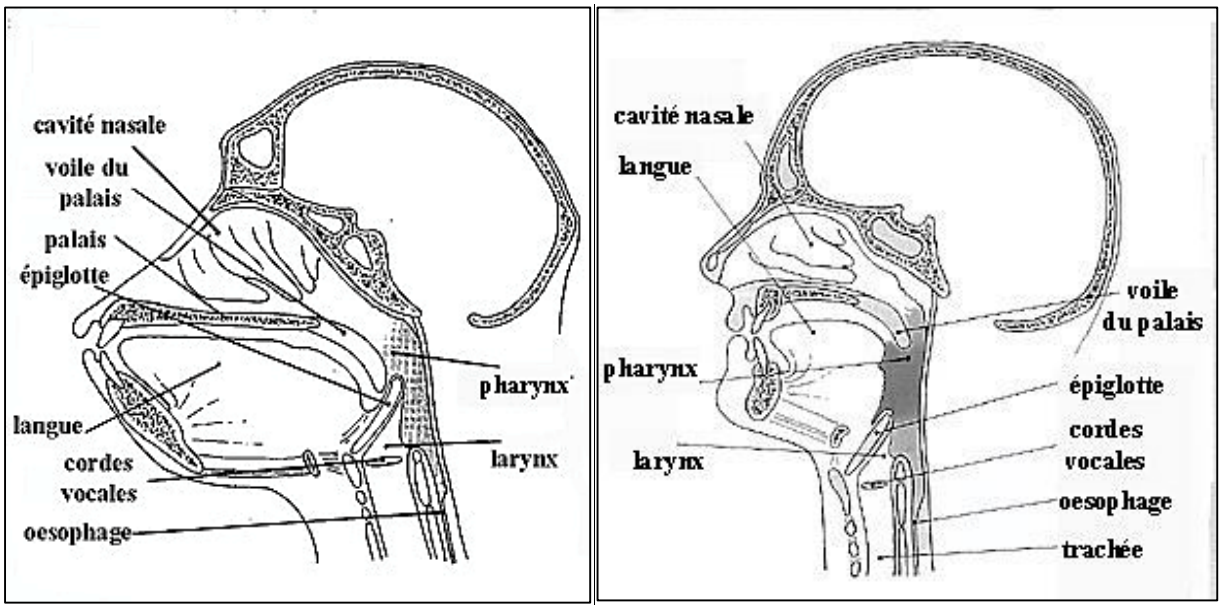
D) Acquisition du langage articulé.

Le larynx permet de produire différents sons en fonction de la tension des cordes vocales. Ces sons sont plus ou moins amplifiés et modulés par le pharynx.

Chez l'Homme, la position basse du larynx augmente l'espace disponible pour le pharynx qui devient alors une véritable caisse de résonance qui module et amplifie les sons émis. Chez les singes, la position haute du larynx laisse peu d'espace au pharynx, ce qui ne permet pas au pharynx de moduler les sons émis.

Les australopithèques avaient sans doute un appareil vocal proche de celui des singes. Le larynx d'Homo erectus a commencé à descendre et on pense qu'il est le premier à avoir un langage articulé. Cette évolution met en jeu des centres cérébraux moteurs (pour l'émission du langage) et sensoriels (pour la compréhension du langage). Ces centres sont localisés dans les lobes frontaux et pariétaux du cerveau.

Le document 5 représente la comparaison des appareils vocaux de l'Homme et du gorille.



Document 5

Consigne :

1. Compare l'appareil vocal de l'Homme et celui du gorille.
2. Pourquoi le gorille n'a pas de langage articulé ?
3. Quel autre mécanisme est impliqué dans l'acquisition du langage articulé.

Synthèse partielle 2D

1) Comparaison :

Chez l'Homme : le larynx est en position basse ce qui laisse suffisamment d'espace au pharynx pour moduler les sons émis en langage articulé.

Chez le gorille : le larynx est en position haute et laisse peu d'espace au pharynx.

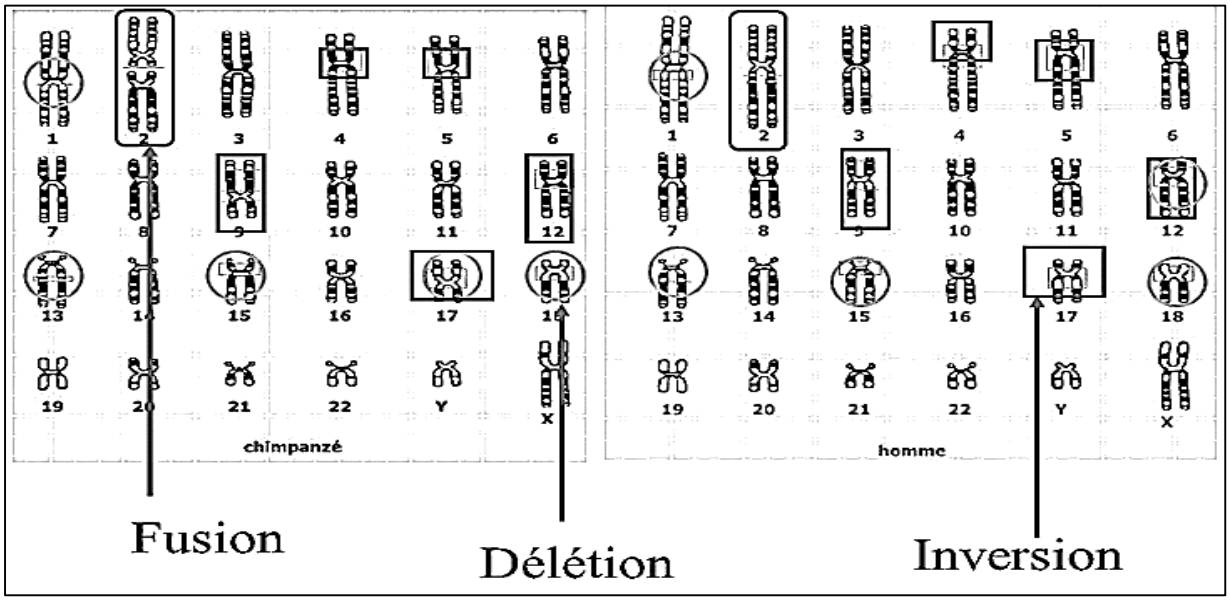
2) Le gorille n'a pas de langage articulé car la position haute du larynx laisse peu d'espace au pharynx qui ni peu plus moduler les sons en langage articulé.

3) Le développement des aires de Wernicke (pour la compréhension du langage) et de Broca (pour l'émission du langage) est aussi impliqué dans l'acquisition du langage articulé.

Activité 3 : Données permettant d'établir les liens de parentés et l'arbre phylogénique des Hominidés.

A) Données chromosomiques.

Le séquençage des génomes de l'homme et du chimpanzé a révélé une identité de plus de 99 %. Ainsi, les études génétiques et l'observation du développement de l'homme et de son plus proche parent permettent de comprendre comment se construisent leurs phénotypes différents à partir d'un patrimoine génétique très proche. Le document 6 représente le demi-caryotype de l'Homme (à droite) et celui du chimpanzé (à gauche).



Document 6

Consigne :

1. Combien de paires de chromosome sont morphologiquement identiques. Lesquelles ?
2. Combien de paires de chromosome sont morphologiquement différentes ? Lesquelles ?
3. Explique la différence du nombre de chromosome des deux espèces.

B) **Données moléculaires.**

La NAD déshydrogénase est une enzyme qui sert à la production de l'énergie dans les mitochondries. Comme chez tous les vertébrés, elle se trouve chez l'Homme, le chimpanzé, le gorille et l'orang-outang. En tant que protéine, elle est codée par un gène qui a 79 codons, soit 237 nucléotides. En comparant 2 à 2 tous ces nucléotides chez les quatre primates ci-dessus, on s'est rendu compte qu'un certain nombre de codons était identiques pour deux espèces. (Voir Doc.7)

	Homme	Chimpanzé	Gorille	Orang-outang
Homme	x	20	15	0
Chimpanzé		x	17	1
Gorille			x	1
Orang-outang				x

Doc.7

Consigne : à partir des données du document 7 :

1. Laquelle de ces espèces est plus proche de l'Homme ? Justifie.
2. Laquelle de ces espèces est plus éloignée de l'Homme ? Justifie.
3. Détermine l'ordre d'apparition de ces quatre primates et illustre ta réponse par un arbre phylogénique.

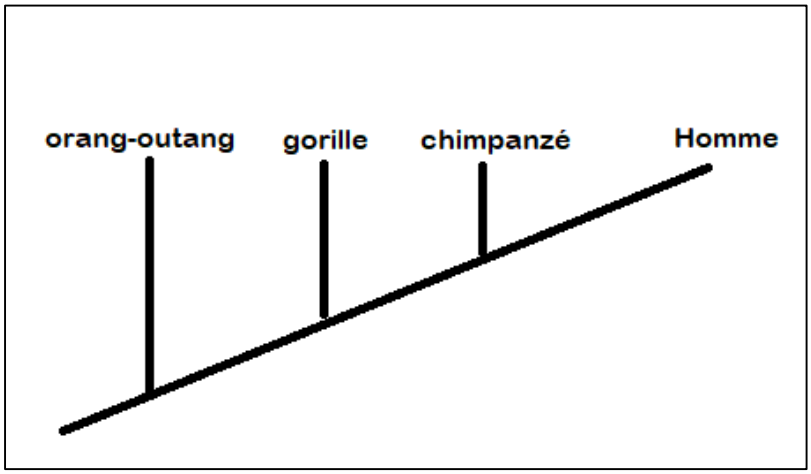
Synthèse partielle 3A :

1) 13 paires sont identiques : 3, 6, 7, 8, 10, 11, 14, 16, 19, 20 21, 22, 23.
2) 10 paires sont différentes : 1, 2, 4, 5, 9, 12, 13, 15, 17, 18.
3) La différence s'explique par la fusion de deux paires de chromosomes en une paire chez l'Homme (la paire n° 2).

Synthèse partielle 3B :

1) Le chimpanzé est le plus proche de l'Homme. Il partage avec l'Homme plus de nucléotides identiques (20).
2) L'orang-outang est le plus éloigné de l'Homme. Il ne partage pas de codons identiques avec l'Homme.
3) L'ordre d'apparition est : orang-outang, gorille, chimpanzé, Homme.

Arbre phylogénique :



Synthèse générale :

Si la lignée humaine n'est actuellement représentée que par une seule espèce, plusieurs espèces d'Homininés se sont succédé durant quatre millions d'années.

On parle de lignée humaine parce que ces différents genres et espèces semblent dérivées les uns des autres par évolution (mutation, sélection…).

Les Homininés correspondent à une famille regroupant deux genres, apparus successivement sur la Terre et caractérisés par la bipédie :

- le genre Australopithecus (plusieurs espèces en Afrique de l'est et du sud) ;
- le genre Homo (plusieurs espèces) en Afrique d'abord, puis sur les autres continents.

Ils sont actuellement représentés par un seul genre et une seule espèce : Homo sapiens.

1. Origine de l'Homme

Tous les plus anciens fossiles de la lignée humaine ont été découverts en Afrique. On peut donc supposer que c'est en Afrique que la lignée humaine fait son apparition, dans une population à ancêtre communs aux Hommes et aux chimpanzés. L'évolution de l'Homme est marquée par : l'acquisition de la bipédie ; augmentation du volume de l'encéphale, la fabrication d'outils et l'acquisition du langage articulé.

2. Les critères de l'hominisation :

La bipédie : liée à certaines modifications du squelette (bassin cours et large, trou occipital centré, courbures de la colonne vertébrale, fémur oblique).

L'évolution de l'encéphale : le volume crânien augmente progressivement des australopithèques (400cm3) à l'Homo sapiens (1400cm3) et la vascularisation devient de plus en plus complexe.

La fabrication d'outils : elle commence avec l'Homo habilis qui fabrique des outils très simples (galets aménagés) et l'outillage devient de plus en plus perfectionné et diversifié.

L'acquisition du langage articulé : elle est due à la position basse du larynx qui laisse suffisamment d'espace au pharynx qui amplifie et module les sons émis en langage articulé.

3. Données permettant d'établir les liens de parentés et l'arbre phylogénique des Hominidés.

Les données chromosomiques :

La comparaison du caryotype de l'Homme actuel et des singes anthropomorphes montre de grandes similitudes. Le caryotype du chimpanzé comporte 48 chromosomes alors que celui de l'Homme en a 46. Les deux caryotypes présentent une grande similitude indiquant une étroite parenté entre les deux espèces et montrant qu'elles possèdent un ancêtre commun.

Les données moléculaires :

La comparaison du nombre de mutations communes à deux espèces permet d'évaluer leur degré de parenté. L'Homme et le chimpanzé présentent le plus grand nombre de mutations communes, ils sont les espèces les plus proches.

Sous-concept 4 : La géologie du Mali

Pré-évaluation :

Qu'est-ce que la géologie régionale ?

Quels sont les types de formations rocheuses qu'on rencontre au Mali.

Situation problème :

Notre Territoire nous offre une surface limitée où vit une importante population et exigeante en subsistances naturelles et en matière énergétique. Les diverses études faite au Mali ont permis de reconnaitre un certain nombre d'ensemble correspondant à de véritables provinces géologiques caractérisées par leurs stratigraphie et leur pétrographie, mais aussi ont permis la découverte et l'exploitation de divers ressources naturelles.

Quels sont les grands ensembles géologiques du Mali et leurs constitutions ?

Quelles sont les ressources exploitées au Mali et les conséquences de leurs exploitations ?

Compétence :

- Résoudre une situation problème,
- Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- Communiqué à l'aide de mathématique scientifiques, techniques, travaillé en coopération avec ses camarades.

Composantes :

- Diagnostiquer la situation problème
- Participer à des échanges à caractère scientifique
- Divulguer des savoirs ou des résultats scientifiques et technologiques
- Partager des informations relatives à la demande scientifique et technique
- Comprendre des phénomènes naturels
- Interpréter et produire ces messages à caractère scientifique et technique

Manifestations

- Sélectionner les connaissances qui sont en rapport avec la situation
- Etablir des liens entre les données retenues
- Choisir un mode de représentation approprié
- Utiliser le mode retenu
- Décrire le phénomène de manière qualitative
- Expliquer les phénomènes à l'aide de la loi et de modèle
- Utiliser des informations scientifique et technique provenant de diverses sources.

Stratégies d'animation :

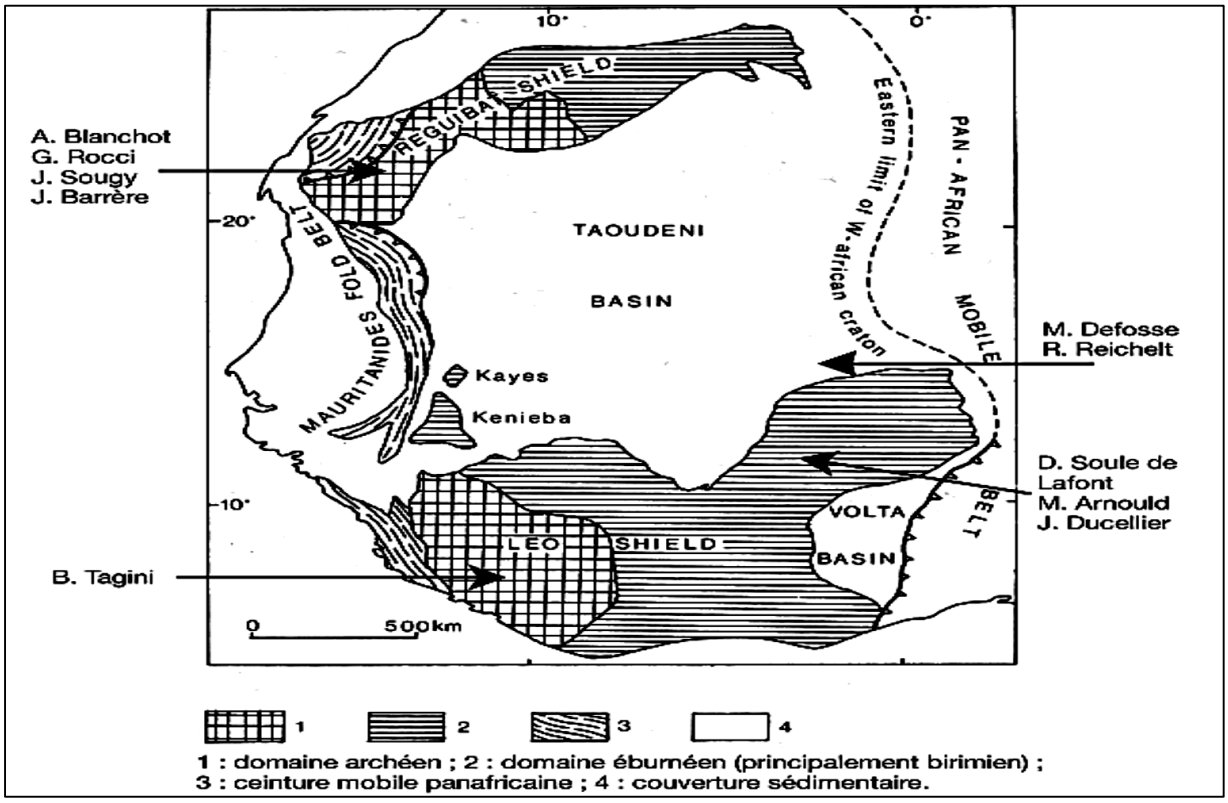
Travail de groupe, questions réponses.

Activité 1 : Situation géologique du Mali

Le craton Ouest africain est formé par l'assemblage de chaines arasées largement granitisées qui appartiennent au Précambrien ancien. Sur ce craton s'installe à partir du précambrien supérieur et pendant la plus grande partie du Primaire, un immense bassin marin subsident, le bassin de Taoudéni et ses prolongements, bordé localement par des sillons dont des dépôts épais volcano-sédimentaires ou uniquement sédimentaires, ont été plus ou moins profondément transformés et plissés lors de plusieurs orogénèses. Après une période **d'émersion**, un nouveau bassin se dessine dans la partie centrale et orientale de la plate-forme ouest-africaine : à partir du Jurassique et jusqu'au Néogène alternant influences marines et continentale. Au quaternaire, des dépôts lacustres éoliens anciens ou fluviatiles forment d'importantes accumulations, tandis que les sédiments marins viennent relayer les dépôts du continental dans les bassins côtiers. Enfin des formations dunaires recouvrent de larges étendus dans la zone saharienne. (Doc.1)

Un craton (du grec *kratos* - force) est une partie ancienne et stable de la lithosphère continentale possédant une identité géologique, notamment en ce qui concerne la nature des roches.

En effet, le Mali est située à cheval sur le craton Ouest africain à l'Ouest et le bouclier Touareg à l'Est.



Doc.1

Consigne : à partir du texte et du document 1 :

1. Quelle est la situation géologique du Mali ?
2. Quelles sont les grands ensembles du craton Ouest-africain ?

Synthèse partielle 1 :

1) Situation géologique :

Le Mali est située à cheval sur le craton Ouest africain à l'Ouest et le bouclier Touareg à l'Est.

2) Les grands ensembles du craton Ouest-africain :

La dorsale de Reguibat, la dorsale de Man et les fenêtres de Kayes et Kéniéba.

Activité 2 : Les grands ensembles géologiques du Mali.

Les formations géologiques qui affleurent dans les principales régions géologiques du Mali se répartissent en trois grands ensembles : le socle, la couverture sédimentaire et les formations récentes du quaternaire.

Le socle :

C'est l'ossature du sous-sol. Celui du mali appartient au craton de l'ouest africain et plus précisément au bouclier éburnéo-libérien, formé à la suite de l'orogénèse éburnéenne. Il est constitué de :

- ✓ Formations métamorphiques plissées où l'on distingue d'anciennes roches volcaniques apparentées aux dolérite, gabbros, andésites, basaltes et d'anciennes roches sédimentaires (schistes, micaschistes, grauwackes, cipolins, gneiss, quartzites métamorphiques).
- ✓ Formations granitiques, datées de 1850-2095 millions d'années, mises en place au cours du cycle éburnéen.

Ces formations du socle d'âge birrimien, contiennent des gisements ou indices d'or, de lithium, de nickel et de cuivre.

Le craton est représenté au Mali par les fenêtres de Kayes et de Kéniéba à l'Ouest, l'extrémité Nord de la dorsale de Man au Sud dans la zone de Bougouni. Il affleure au Nord-Est dans l'Adrar des Iforas où il a subi en même temps que les formations infracambriennes, la remobilisation de l'orogénèse panafricaine.

La couverture sédimentaire :

Soumises à une longue érosion, les chaînes birrimiennes sont en grande partie démantelées. Les matériaux résultants de cette destruction remplissent bassins et fosses et constituent à partir du Précambrien supérieur la couverture sédimentaire. Les formations sédimentaires occupent 2/3 du pays. Déposées dans la vaste synéclyse de Taoudéni, elles prennent les dénominations suivantes :

L'infracambrien, pour les sédiments du précambrien ; paléozoïque pour les sédiments du primaire ; continental intercalaire pour ceux du secondaire ; le crétacé supérieur et le continental terminal pour les sédiments du tertiaire et le quaternaire pour les sédiments du quaternaire.

- ✓ **L'infracambrien**

Ces formations affleurent sur une large auréole sur la bordure Sud du Bassin de Taoudéni en discordance majeure sur les formations du socle. Elles sont représentées par des sédiments à dominance gréseuses d'épaisseurs très variables. Au Gourma, les faciès deviennent plus schisteux.

- ✓ **Le Paléozoïque :**

Ces formations sont surtout présentes à l'Ouest à la frontière avec la Mauritanie et au Nord. Elles sont surtout constituées de pélites, de grès feldspathiques dans le fossé de Nara, d'âge supposé Cambrien.

- ✓ **Le continental intercalaire :**

Il est représenté par des dépôts gresso-sableux à passés conglomératique et d'argile bariolée. Elles affleurent au Nord, au Nord-Est et à l'Ouest du pays. La série est supposée Jurassique.

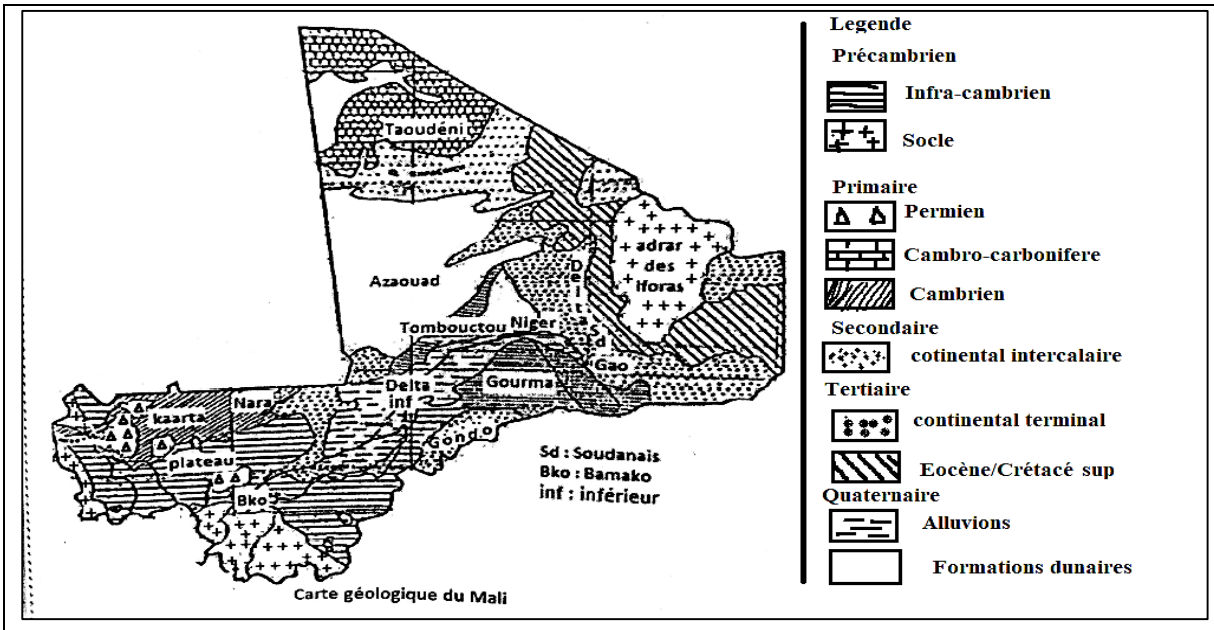
- ✓ **Les formations du tertiaire :**

Le crétacé supérieur est représenté par des sédiments marins localement lagunaire dans le détroit soudanais, le bassin des Lullemenden et en bordure de l'Adrar des Iforas. Les faciès calcaires et marno-calcaire sont prédominants à la base. La partie supérieure est constituée de sédiments sablo-argileux d'origine lagunaire ou continentale. Le continental terminal d'âge oligo-mio-pliocène est formé de grès et de sable peu consolidés. Il affleure dans le fossé de Nara.

- ✓ **Les formations récentes du quaternaire.**

Le quaternaire a été marqué par de profonds changements des climats qui ont eu pour conséquences, la latérisation, la silicification et la formation des Sebkas. Les latérites et les cuirasses ferrugineuses se sont surtout développées sur les plateaux gréseux et le socle. Des tufs lacustres et des dépôts de sebkas se rencontrent localement en zone saharienne. Les plus connus sont les salines de Taoudéni exploitées depuis le moyen âge. Les alluvions quaternaires occupent la cuvette nigérienne et au Nord du 10ème parallèle, s'étendent de vastes superficies de sables dunaires fixes ou mobiles.

La figure 2 représente la carte géologique du Mali.



Carte géologique du Mali

Fig.2A

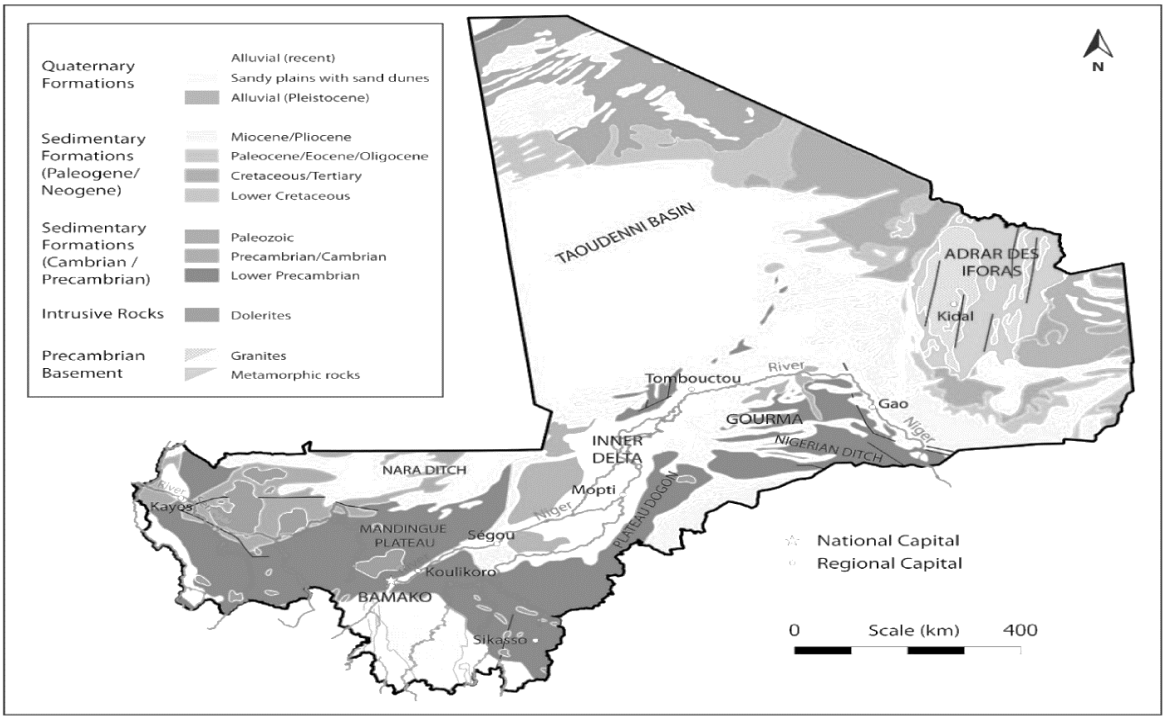


Figure 2B

Consigne : à partir du texte et de la figure 2 :

1. Cite les grands ensembles géologiques du Mali.
2. Cite les affleurements du socle au Mali.
3. A quelle période géologique appartient le socle ?
4. Colore en rouge sur la carte, la zone de l'infracambrien située entre Gao et le gourma.
5. Colore en jaune les zones d'affleurement du socle sur la carte.

Synthèse partielle 2 :

1) Les grands ensembles géologiques du Mali :

Le socle, la couverture sédimentaires, les formations récentes du quaternaire.

2) Le Socle du Mali appartient au Précambrien.

Ses affleurements sont : Les fenêtres de Kayes et de Kéniéba à l'Ouest, l'extrémité Nord de la dorsale de Man au Sud dans la zone de Bougouni, l'Adrar des Iforas au Nord-Est.

Coloriage : voir carte.

Activité 3 : La stratigraphie régionale.

Suivant les régions et la disposition des couches sédimentaires, on distingue :

- **Le Mali occidental : Kayes-Bamako-Nara-Ségou.**

Les formations géologiques qui affleurent se répartissent en quatre ensembles :

- ✓ Le socle précambrien au Nord et au Sud de Kayes et Bamako.
- ✓ Les formations sédimentaires primaires constituant le plateau manding.
- ✓ Un recouvrement du continental terminal dans les régions plus au Nord.
- ✓ Des intrusions doléritiques avec pour caractéristiques lithographiques :

A Dinguira (région de Kayes) : de haut en bas :

Des alluvions ; schistes ardoisés du cambrien ; jaspes et dolomites du cambrien ; tillites du cambrien ; série gréseuse de l'infracambrien ; socle granitique.

De Nara à Bamako : de haut en bas :

Série gréseuse de Koulouba (claire) ; série gréseuse de de Sotuba (vert bleu glauconien) ; série de Nara (schiste, jaspe calcaire) ; tillites ; série de base (grès feldspathiques).

- **Le Mali méridional (Sud) :** C'est la région s'étendant entre Sikasso et Gao.

La zone de Sikasso-Mopti : on distingue de haut en bas :

Grès de Bandiagara (massif, dure, siliceux et conglomératique) ; grès de Koutiala surmonté d'une cuirasse latéritique ; schiste de Toun (tendre) ; grès de Bobo-Dioulasso (jaunes argileux) ; grès de Sikasso, (glauconien, bleu, violet) ; grès de base (grossier) ; socle précambrien granitique.

Bandiagara : de haut en bas on distingue :

Grès massif siliceux de Bandiagara (ordovicien) ; grès conglomératiques du cambrien ; grès de Sotuba (glauconien, bleu violet du cambrien) ; socle granitique de l'infracambrien.

- **Le Mali oriental (Est) :**

Le haut Tilemsi : on distingue de haut en bas :

Les cuirasses ferrugineuses ; argiles ; grés du continental terminal ; schiste ; poudingues phosphatés ; calcaires marins de l'éocène inférieur ; sable et grès ; calcaire marin ; grès du continental intercalaire ; socle granitique de l'antécambrien.

- **Le Mali septentrional (Nord)**

On distingue de haut en bas :

Grès et argile ; calcaire marin du carbonifère supérieur ; calcaire et schistes du dévonien ; grès de l'ordovicien ; grès de schistes du cambrien ; socle granitique de l'infracambrien.

Consigne : à partir du texte :

1. Cite les grands ensembles régionaux du Mali.
2. Comment appelle-t-on la partie qui renferme Taoudéni et quelle est sa structure lithographique ?
3. Quelle est la région dont la structure lithographique est la suivante : Les cuirasses ferrugineuses ; argiles ; grés du continental terminal ; schiste ; poudingues phosphatés ; calcaires marins de l'éocène inférieur ; sable et grès ; calcaire marin ; grès du continental intercalaire ; socle granitique de l'antécambrien ?

Synthèse partielle 3 :

1) Les grands ensembles régionaux du Mali.

Le Mali occidental (Ouest) : Kayes-Bamako-Nara-Ségou.
Le Mali méridional (Sud) : C'est la région s'étendant entre Sikasso et Gao.
Le Mali oriental (Est) : Le haut Tilemsi.
Le Mali septentrional (Nord)

2) La partie qui renferme Taoudéni est le Mali septentrional.

Structure lithographique : Grès et argile ; calcaire marin du carbonifère supérieur ; calcaire et schistes du dévonien ; grès de l'ordovicien ; grès de schistes du cambrien ; socle granitique de l'infracambrien.

3) Cette région est le Mali oriental.

Activité 4 : Le cadre hydrogéologique du Mali

Les formations hydrogéologiques du Mali se distinguent selon le type de gisement en deux catégories : les formations à porosité primaire (aquifères de types généralisé) et les formations à porosité secondaire (aquifères de types fissuré).

Les aquifères de types généralisés : Ces aquifères caractérisés par une porosité inter granulaire sont des nappes continues couvrant 51% de la superficie du Mali. Ils sont constitués par des formations essentiellement détritiques d'origine continentale déposées au secondaire et au tertiaire dans de vastes bassins sédimentaires.

Les aquifères fissurés : Ils sont caractérisés par de très faibles perméabilités intrinsèques ou primaires. Les ressources en eau sont essentiellement associées à des perméabilités secondaires provenant de la fissuration de la partie profonde des formations et de l'altération de leur partie supérieure. Ces aquifères se rencontrent ailleurs sur le territoire du Mali excepté dans le delta intérieur du Niger et dans la zone Nord. La figure 3 indique la localisation schématique des différents types d'aquifère du Mali.

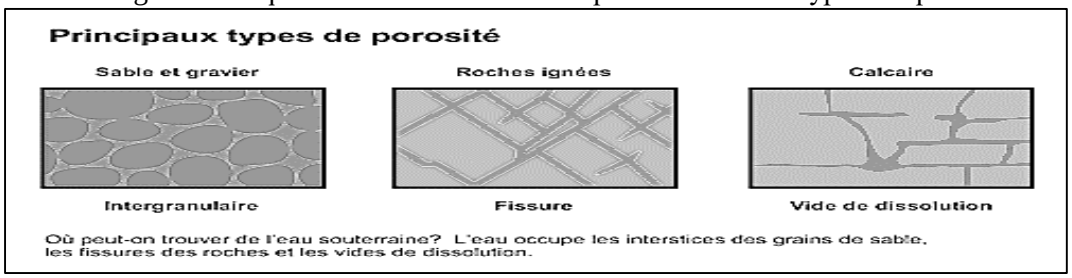


fig.3A

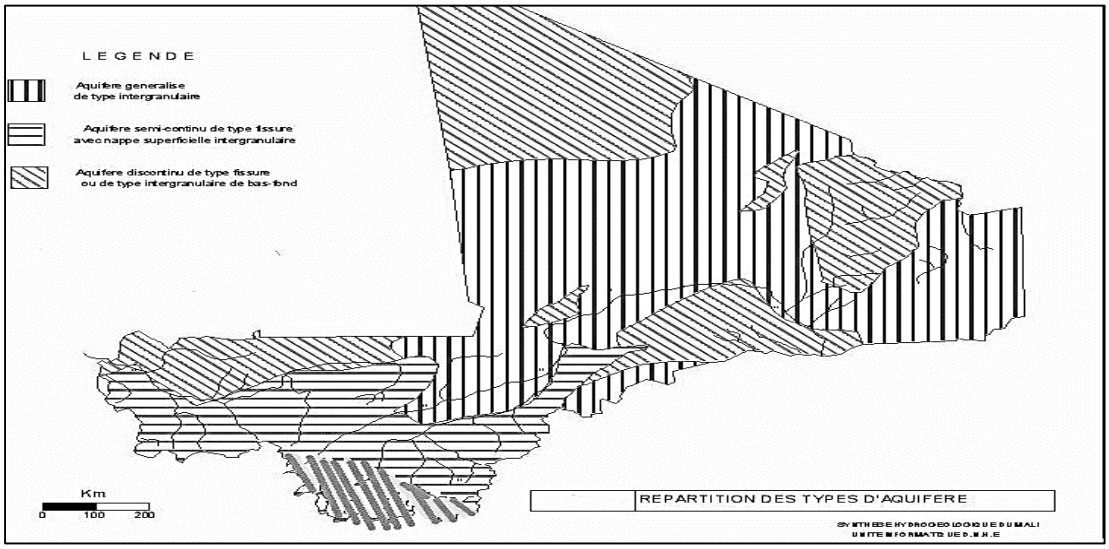


Fig.3B

Consigne : à partir du texte et de la figure 3 :

1. Définis une nappe aquifère et explique comment se forme une nappe souterraine ?
2. Cite les différents types d'aquifère au Mali.
3. Cite quelques importances des nappes aquifères.
4. Quel est le type de nappe qui fournit une eau plus propre ? justifie.

Synthèse partielle 4 :

1) Une nappe aquifère est une zone souterraine contenant de l'eau.

Formation d'une nappe : à la suite des pluies les eaux s'infiltrent dans le sol en traversant les roches perméables. Arrivée au niveau d'une roche imperméable, l'eau s'accumule et forme une nappe aquifère.

2) Les types de nappes aquifères :

Nappes continues : aquifères de types généralisés (à porosité primaire).

Nappes semi-continues : aquifères de types fissurées et à porosité primaire.

Nappes discontinues : aquifères de types fissurées (à porosité secondaire).

3) Quelques importances des nappes aquifères : Grâces aux forages, l'eau des nappes est puisée et utilisée pour différentes activités : L'usage domestique, le jardinage, l'élevage.

4) Les nappes continues fournissent une eau plus propre car les roches perméables filtrent l'eau.

Activité 5 : Perspectives minières et hydrogéologiques du Mali.

Au Mali malgré les nombreux indices mis en évidences en maints endroits du territoire, les ressources exploitées du sous-sol demeurent en dessous des espérances.

En plus des barrages hydro-électriques existants (Sélingué, Manantali) du barrage hydraulique de Markala, et des centrales thermiques (Sotuba et Felou), on a :

La construction à long terme de barrages sur le Niger (Tossaye et Labbézanga) ;

Aménagement des cours d'eau et zones irriguées à grande échelle ;

Aménagement d'un plus grand nombre de petits barrages de retenue d'eau à travers tout le pays.

Plusieurs ressources comme le fer, les salines de Taoudéni, les phosphates de Tilemsi, l'or dans de nombreux localités sont exploitées.

Le ciment provient du marbre qui est une roche sédimentaire détritique argilo-calcaire. Il est exploité dans la région de Kayes (Diamou) et dans la région de Koulikoro (Nara).

Toute fois l'exploitation de ces ressources a plusieurs conséquences que ce soit positive (sur notre économie) ou négatives (sur notre environnement).

La figure 4 représente la répartition des ressources minières du Mali.

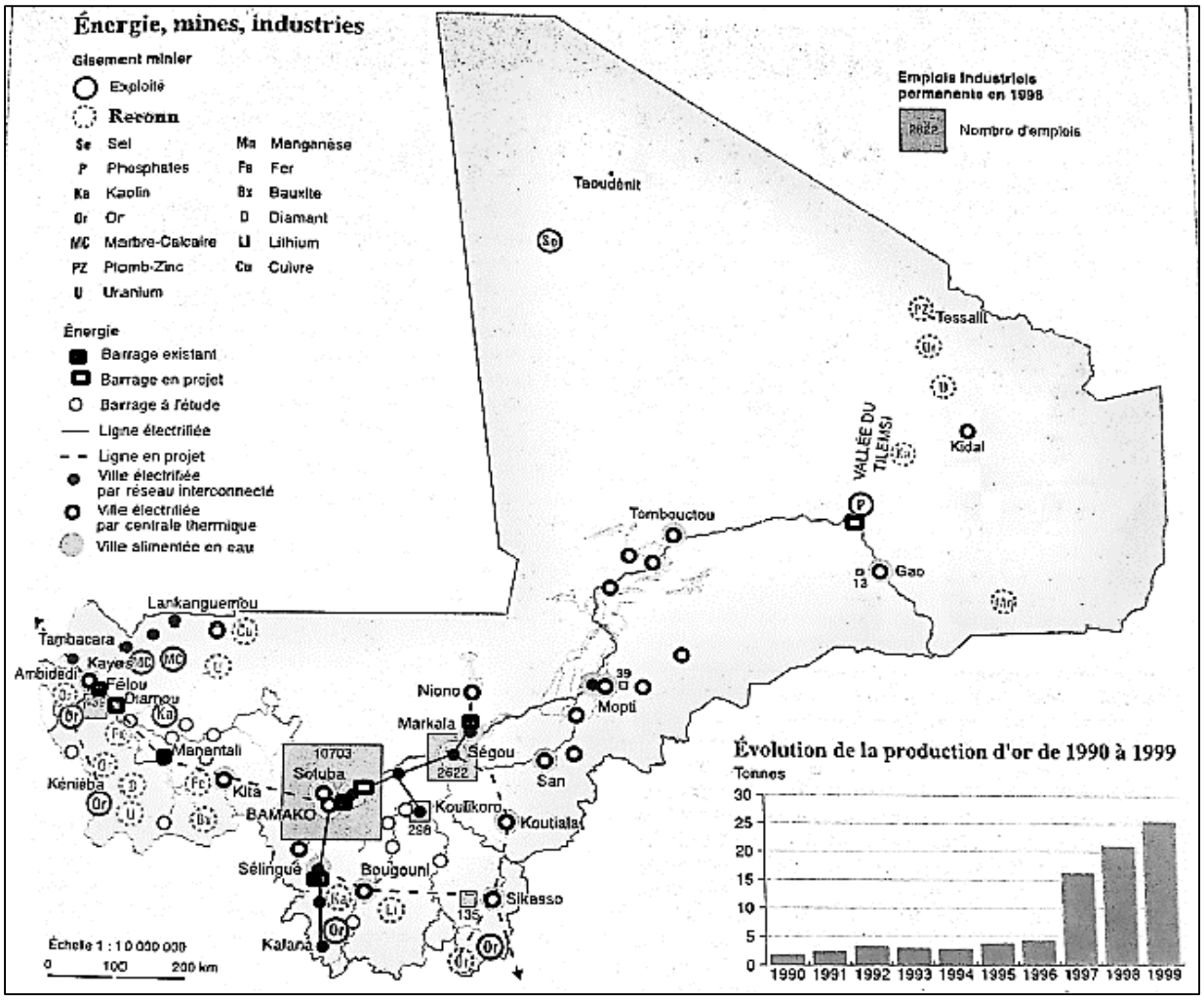


Figure 4

Consigne : à partir de l'analyse du texte et de la figure 4 :

1. Recense les barrages du Mali ? Lesquels sont déjà fonctionnels ?
2. Recense les ressources minières du Mali. Lesquelles sont exploitées ?
3. Quelles sont les conséquences de l'exploitation des ressources minières ?

Synthèse partielle 5 :

1) Les barrages du Mali :

Le barrage hydroélectrique de Sélingué : il est construit sur le fleuve Niger (Sankarani) depuis 1920. Sa capacité de production est de 44000 K watt.

Le barrage hydroélectrique de Manantali : il est construit sur le fleuve Sénégal, le Bafing, à 90 Km au Sud-Est de Bafoulabe. Les travaux ont commencés en Juin 1982 et la mise en service en 1988 par l'organisation pour la mise valeur du fleuve Sénégal (OMVS) associant le Sénégal, la Mauritanie et le Mali. L'électricité produite à Manantali est distribuée à Bamako, Dakar et Nouakchott. Sa capacité de production est de 144000 K Watt.

Le barrage hydraulique de Markala : il est construit sur le fleuve Niger dans la région de Ségou. Les travaux ont débutés en 1934 et ont pris fin en Juin 1947. Il constitue le principal projet d'irrigation en Afrique de l'Ouest.

Le barrage de Sotuba : construit sur le Niger à Bamako. C'est un central thermique.

Le barrage de Felou : il est construit sur le fleuve Sénégal dans la région de Kayes. C'est un central thermique.

Les petits barrages du pays Dogon : plusieurs petits barrages hydrauliques sont aménagés au pays Dogon.

Le barrage hydraulique de Talo (Yangasso) : construit sur le Baní dans la région de Ségou. Les travaux on débutés en 2005 et ont pris fin en 2008.

Le barrage de Tossaye (Taoussa) : c'est un barrage hydroélectrique en construction sur le Niger à Gao. Les Travaux ont débutés en février 2010 et devraient prendre fin en 2016.

Le barrage de Djenné : c'est un barrage hydraulique en construction sur le Niger dans la région de Mopti. Les travaux ont débutés en 2016 et devraient prendre fin en 2018.

Les perspectives hydrologiques : la construction de plusieurs barrages sur le Niger et le Sénégal ; l'aménagement des cours d'eaux et de plusieurs petits barrages à travers tout le pays à des fins agropastorales.

2) Les ressources minières du Mali

Exploités : l'or, le sel, **Le phosphate, le Kaolin, le marbre.**

Non exploites :

Le diamant : dont l'existence est avérée dans une vingtaine de pipes de kimberlite dans la zone minière de Kéniéba, dans la région de Kayes.

Le manganèse : avec environ 20 millions de tonnes de ressources prouvées auxquelles est associé l'or.

Le fer : estimé à 1 milliard 360 millions de tonnes dans les secteurs de Kita et Narena.

Le plomb : dans les secteurs de de Tessalit et Tamanrasset avec 1million 700 milles tonnes.

Le cuivre, le gypse, le Nikel, la platine : dont les indices ont étés retrouvés respectivement à Nioro, Kadiolo et au Nord de Taoudéni.

Le calcaire : à Bafoulabe et à Hombori totalisant 50 millions de tonnes de ressources très approprié pour la fabrication du ciment, de la chaux vive et des carreaux. Les réserves sont évaluées à plus de 122 millions de tonnes répartis dans plusieurs localités.

La bauxite : à l'Est et au Sud-ouest avec un potentiel de plus de 1 milliard de tonne.

3) Les conséquences de l'exploitation des ressources :

Positives : augmentation de l'économie nationale et locale, constructions de routes ; d'école ; de petits barrages…

Négatives : la dégradation de l'environnement (pollution, déforestation…).

Synthèse générale

1. Les grands ensembles géologiques du Mali :

On distingue :

Le socle : c'est l'ensemble des terrains anciens, hors sismique qui forment la base des continents. Il est constitué par des roches magmatiques et métamorphiques d'âge précambrien.

La couverture sédimentaire : les chaînes birrimiennes soumises à une longue érosion, sont en grande partie démantelées. Les matériaux résultants de cette destruction remplissent bassins et fosses et constituent à partir du Précambrien supérieur la couverture sédimentaire. Les formations sédimentaires occupent 2/3 du pays. Déposées dans la vaste synéclyse de Taoudéni, elles prennent les dénominations suivantes :

L'infracambrien, pour les sédiments du précambrien ; paléozoïque pour les sédiments du primaire ; continental intercalaire pour ceux du secondaire ; le crétacé supérieur et le continental terminal pour les sédiments du tertiaire et le quaternaire pour les sédiments du quaternaire.

Les formations sédimentaires récentes :

Le quaternaire a été marqué par des profonds changements climatiques favorisant la formation :

Des latérites : sol de couleur rouge résultant de la décomposition des roches.

Des tufs : roches poreuses formées de cendres volcaniques ou de dépôts de calcaires.

Des dépôts de sebkhas : lac d'eau salée.

Des alluvions : dépôts de matériaux et de résidus laissés par l'eau en se retirant.

2. La stratigraphie régionale :

Suivant les régions et la disposition des couches sédimentaires, on distingue :

Le Mali occidental : Kayes-Bamako-Nara-Ségou.

Le Mali méridional (Sud) : C'est la région s'étendant entre Sikasso et Gao.

Le Mali oriental (Est) : Le haut Tilemsi

La Mali septentrional (Nord) : Taoudéni

3. Le potentiel minier du Mali :

En plus de l'or, d'autres ressources existent dans le pays parmi lesquelles on a :

Le diamant : dont l'existence est avérée dans une vingtaine de pipes de kimberlite dans la zone minière de Kéniéba, dans la région de Kayes.

Le manganèse : avec environ 20 millions de tonnes de ressources prouvées auxquelles est associé l'or.

Le fer : estimé à 1 milliard 360 millions de tonnes dans les secteurs de Kita et Narena.

Le plomb : dans les secteurs de de Tessalit et Tamanrasset avec 1million 700 milles tonnes.

Le cuivre, le gypse, le Nikel, la platine dont les indices ont étés retrouvés respectivement à Nioro, Kadiolo et au Nord de Taoudéni.

Le calcaire à Bafoulabe et à Hombori totalisant 50 millions de tonnes de ressources très approprié pour la fabrication du ciment, de la chaux vive et des carreaux. Les réserves sont évaluées à plus de 122 millions de tonnes répartis dans plusieurs localités.

Le marbre au Nord se Bafoulabe avec plus de10 millions de tonnes.

La bauxite à l'Est et au Sud-ouest avec un potentiel de plus de 1 milliard de tonne.

Le phosphate : véritable engrais naturel pour l'agriculture, constitue une réserve prouvée à 20 millions de tonnes à Tamaguilett dans la préfecture de Bourem, région de Gao.

L'étain, le lithium, le Kaolin, les pierres ornementales, l'argile, les sables de verrerie dans le lac Faguibine et les bassins sédimentaires, favorables pour la recherche et l'exploitation des pétroles et gaz. Cependant, parmi toutes ces ressources citées, seul l'or es connait de nos jours une exploitation artisanale et industrielle intense, matérialisée par l'existence de nombreux placers et de mines industrielles.

LEXIQUE

Ablation : Action d'enlever du corps un de ses organes ou une formation pathologique
Accepteur : Substance qui reçoit une autre substance et se combine à elle ; plus spécifiquement, substance capable d'accepter l'hydrogène (accepteur d'hydrogène) ou l'oxygène au cours des réactions d'oxydation biologique.
Accrétion terrestre : selon certaines hypothèses, formation de la Terre à partir d'un noyau primitif par l'agglomération, sous l'effet de l'attraction newtonienne, de météorites, astéroïdes, etc.
Acétylcoenzyme A : Composé essentiel dans le métabolisme intermédiaire, dans le catabolisme des glucides, des lipides et des protides. Il sert de précurseur à la synthèse des acides gras et des stéroïdes
Acinus : Petite cavité glandulaire arrondie en forme de cul-de-sac, se déversant dans un canal excréteur.
Acquis : Qui n'est pas congénital, mais apparaît après la fécondation.
Actine : Protéine du système contractile musculaire et tout particulièrement du muscle qui, combinée à la myosine A, constitue l'actomyosine, responsable de la contraction musculaire.
ADH : Abréviation pour antidiurétique hormone, désignant la vasopressine.
ADN : Abréviation de l'acide désoxyribonucléique. Polymère de poids moléculaire élevé, constitué d'une double chaîne spiralée où alternent des groupements de désoxyribose et des phosphates, les deux chaînes étant antiparallèles et réunies par des bases puriques et pyrimidiques. Le nucléotide, unité primaire de l'ADN, est formé par trois constituants : désoxyribose, phosphate, base purique. L'ADN sert à stocker les informations déterminées par la séquence des nucléotides dans la chaîne poly nucléotidique.
Adénosine : Nucléoside formé par l'union d'une molécule d'adénine (base purique) et d'une molécule de D-ribose.
Adénosine di phosphate (ADP) : Nucléotide qui contient deux acides phosphoriques, formé par hydrolyse de l'ATP avec libération d'énergie.
Adrénaline : Hormone sécrétée par la médullosurrénale. Elle agit en stimulant les récepteurs adrénergiques postsynaptiques du système orthosympathique.
Aérobiose : Vie dans un milieu contenant de l'air ou de l'oxygène libre.
Affleurement : Partie d'un terrain visible à la surface de la Terre. Sur les cartes géologiques, les affleurements sont généralement limités par des traits fins qui sont les contours géologiques.
Agglutination : Groupement en petits amas de cellules ou de microorganismes porteurs d'un antigène (agglutinogène), en suspension dans un liquide en présence de l'anticorps spécifique (agglutinine) correspondant.
Albumen : Tissu riche en matières nutritives dans les graines végétales.
Albinisme : Absence congénitale, partielle ou totale, de pigment mélanique dans la peau, le système pileux et les yeux, se transmettant suivant le mode dominant autosomique pour l'albinisme partiel, récessif autosomique pour l'albinisme total ou lié au sexe pour l'albinisme oculaire. Il est dû à une anomalie du métabolisme de la mélanine.
Algues : Végétaux aquatiques, marins ou d'eau douce, souvent fossilisés quand ils s'incrustent de calcaire ou de silice.
Allergène : Antigène d'origine animale ou végétale capable de provoquer une réaction allergique.
Allergie : État de sensibilité spécifique, pathologiquement exagérée, à une substance antigénique, se manifestant après au moins deux contacts avec ledit antigène.
Allèle : Chacun des deux gènes occupant un même locus sur les chromosomes homologues, de même fonction, mais exercée de façon différente. Il s'agit d'une des versions d'un même gène par ses séquences nucléotidiques. **Dominant (**Allèle qui nécessite un seul locus pour s'exprimer). **Récessif** (Allèle qui nécessite deux loci pour s'exprimer).
Allogreffe : Greffe où donneur et receveur appartiennent à la même espèce et diffèrent par un ou plusieurs antigènes d'histocompatibilité.
Alluvion : Sédiment des cours d'eau, à granulométrie liée au débit, et composé de galets, de gravier et de sable en dépôts souvent lenticulaires, la fraction fine correspondant à des argiles et limons
Altération : Modification des propriétés physico-chimiques des minéraux, et donc des roches, par les agents atmosphériques, par les eaux souterraines et les eaux thermales.
Amniocentèse : Ponction de la cavité amniotique et prélèvement de liquide amniotique en vue d'une analyse. Son indication principale est la recherche d'anomalies chromosomiques ou enzymatiques graves.
Ammonites : Groupe de Céphalopodes Ammonoïdés caractérisé par la situation du siphon du côté ventral et le dessin des lignes de suture comportant des selles et des lobes découpés.

Amnios : Membrane mince tapissant tout l'intérieur de la cavité où se trouve le fœtus (cavité amniotique).
Analogues : structures ayant les mêmes fonctions, mais de structures et d'origines différentes.
Anatoxine : Toxine inactivée par l'action combinée du formol et de la chaleur, qui a perdu ses propriétés toxiques, mais qui conserve ses propriétés immunisantes.
Anaérobiose : Vie en milieu dépourvu d'air ou d'oxygène libre.
Antécambrien : Division stratigraphique équivalant au Précambrien.
Antibiotique Toute substance, naturelle ou synthétique, capable d'inhiber le développement des bactéries.
Anticodon : Triplet de nucléotide de l'ARNt s'hybridant avec le codon homologue de l'ARN messager.
Anticorps : Complexe glycoprotéique, se liant spécifiquement à une substance appelée antigène, produit par les cellules lymphoïdes B (surtout les plasmocytes), généralement après contact avec ledit antigène.
Antigène : Substance qui, introduite dans un organisme, provoque la formation d'un anticorps spécifique. Les protéines et les polysaccharides de poids moléculaire élevé sont des antigènes forts.
Anthropoïdes : Groupe zoologique comprenant les singes et les Hominidés.
Apoptose : Mort cellulaire génétiquement programmée (suicide cellulaire).
Arcade : Structure anatomique de forme arquée. Terme général utilisé pour désigner des éléments de nature osseuse, fibreuse ou vasculaire.
Aquifère : Terrain perméable contenant une nappe d'eau souterraine.
Archéen : Période la plus ancienne des temps géologiques, antérieure à 2 500 ma.
Archéoptéryx : Oiseau primitif à caractères reptiliens (dents, griffes, écailles,...) du Jurassique sup.
ARN : Abréviation d'acide ribonucléique.
Artère : Chacun des vaisseaux qui conduisent le sang lancé par les ventricules du cœur, vers les organes
Aster : Structure en forme d'étoile qui entoure la sphère attractive au cours de la mitose.
ATP : Adénosine triphosphate. Energie chimique utilisable par les cellules.
Atrophie : Réduction du volume d'une cellule, d'un tissu ou d'un organe au cours de phénomènes physiologiques, ou de processus pathologiques.
Auto-immunité : Condition caractérisée par une réponse immunitaire dirigée contre les propres constituants d'un organisme. Ce phénomène est à l'origine de maladies auto-immunes parmi lesquelles certaines anémies hémolytiques, la thyroïdite d'Hashimoto, le lupus érythémateux systémique, etc.
Autosome : chromosome ne portant pas de gènes lié au sexe.
Azoïque : Protérozoïque (division stratigraphique du Précambrien).
Bactérie Microorganisme unicellulaire appartenant au règne (ni végétal, ni animal) des Protistes procaryotes.
Barorécepteur : Récepteur nerveux sensible aux variations de la pression artérielle.
Basalte : Roche magmatique effusive ; roche grenue équivalente : gabbro) très commune, les basaltes, avec les andésites à pyroxène, constituant 95 % des laves continentales et océaniques.
Bassin : Dépression ovale ou circulaire, à fond plat ou concave, et largement évasée, à flancs en pente douce, de dimension très variable (du kilomètre à plusieurs milliers de kilomètres), qui est ou a été un lieu de sédimentation.
Bauxite : Roche sédimentaire ou résiduelle qui est un minerai d'aluminium.
Biface : Outil de pierre (silex en général) taillé sur ses deux faces, en forme d'amande ou de triangle allongé. Il caractérise particulièrement les industries du Paléolithique inf.
Biologie. Science de la vie ou étude des êtres vivants, animaux et végétaux, et des phénomènes qui régissent leur vie.
Biopsie : Prélèvement sur le corps vivant d'un fragment de tissu ou d'organe en vue d'un examen microscopique ou d'une analyse biochimique.
Biosphère : Partie du globe terrestre occupée par les êtres vivants.
Biosynthèse : Formation d'une substance chimique au cours du métabolisme, dans un organisme vivant.
Biotechnologie : ensemble des techniques utilisant les biomolécules comme l'ADN et les enzymes.
Bouclier : Vaste portion stable de socle ancien constitué surtout de roches magmatiques (granite,…) et de roches métamorphiques (gneiss,...) généralement d'âge précambrien, dépourvu de couverture sédimentaire.
Brassage inter-chromosomique : répartition aléatoire des chromosomes au cours de la méiose.
Brassage intra-chromosomique : échange entre chromatides homologues par crossing-over au cours de la méiose.
Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite CaCO3 pouvant être accompagnée d'un peu de dolomite, d'aragonite, de sidérite.

Cancer : Tumeur maligne. Le cancer résulte d'un déséquilibre dans les mécanismes de croissance et de multiplication cellulaire. La cellule cancéreuse se caractérise par des anomalies nucléaires avec mitoses fréquentes et anarchiques.
Caractère : Ensemble des propriétés morphologiques et physiologiques qui différencient un organisme des autres.
Caractères sexuels primaires : mises en place des gonades, voies génitaux et glandes annexes.
Caractères sexuel secondaire : ensemble de caractères sexuels masculin et féminin développés à partir de la puberté (voix, pilosité, glandes mammaires, morphologie du bassin).
Caryotype : Représentation chromosomique complète d'un individu. Elle présente les chromosomes par paires, classés par ordre de taille décroissante, et en fonction de la position du centromère.
Caryogamie : Fusion, lors de la fécondation, des noyaux des deux gamètes pour former le noyau du zygote.
Castration : Ablation des gonades, c'est-à-dire des testicules chez l'homme ou des ovaires chez la femme.
Catalyse : Augmentation de la vitesse d'une réaction chimique produite par la présence d'une substance qui n'entre pas dans la réaction. Les processus de catalyse de l'organisme sont régis par les enzymes.
Cellule : Unité morphologique et fonctionnelle des tissus vivants. Douée d'une vie propre, elle est composée d'une masse de protoplasme limitée par une membrane et contenant un noyau.
Cénozoïque : Ère géologique dans laquelle on groupe généralement le Tertiaire et le Quaternaire
Cerveau : Partie principale de l'encéphale, comprenant une partie médiane (diencéphale) et les deux hémisphères cérébraux (télencéphale).
Chopper : Outils de pierre primitifs constitués par des galets rendus tranchants par l'enlèvement d'éclats respectivement sur une ou sur deux faces.
Chromatide : produit de la duplication d'un chromosome. Bras d'un chromosome.
Chromatine : Substance basophile présente dans le noyau cellulaire, où elle apparaît sous forme de granules. La chromatine est essentiellement constituée d'ADN et de protéines basiques.
Chromosome : Chacun des éléments essentiels du noyau cellulaire visibles lors de la mitose sous forme de bâtonnets. Chaque chromosome se divise de façon longitudinale, donnant naissance à deux filaments jumeaux parfaitement égaux. Le nombre des chromosomes est constant pour une espèce déterminée (chez l'homme, 46, dont 44 sont autosomes et 2 gonosomes). Ils sont constitués essentiellement d'une double chaîne d'acide désoxyribonucléique (ADN) et sont les supports des gènes, facteurs déterminants de l'hérédité.
Chromosome sexuel (gonosome) : chromosome porteur de gènes liés au sexe. XX pour la femme, XY pour l'homme.
Chronogènes : gène dont la mutation modifie la durée d'une étape du développement embryonnaire.
Ciment : En construction, poudre qui, mélangée à de l'eau constitue une pâte qui fait prise en un temps variable. Le ciment utilisé couramment est fabriqué par cuisson à haute température d'un mélange de calcaire et d'argile.
En pétrographie, toute matière liant entre eux des éléments figurés et conduisant à des roches sédimentaires compactes.
Clone : Ensemble des individus nés par réplication asexuée d'un seul organisme ou d'une seule cellule. Les membres d'un clone sont génétiquement identiques.
CMH : Abréviation de complexe majeur d'histocompatibilité.
Coenzyme : Petite molécule associée à une protéine enzymatique et nécessaire à son activité. Elle participe à la réaction catalysée par cette enzyme et se retrouve identique à la fin de cette réaction.
Complément : Système Complexe de protéines présentes sous forme inactive dans le sérum normal et représentant le principal support de l'immunité humorale non spécifique. Il existe en dehors de toute immunisation. Il complète en quelque sorte l'action des anticorps, d'où son nom.
Complexe immun : ensemble formé par un antigène neutralisé par des anticorps.
Contraception : Emploi de moyens en vue d'éviter une grossesse.
Corail : Nom vulgaire des Cnidaires.
Coronaradiata : Cellules les plus internes de la membrane granuleuse du follicule ovarien, disposées en forme de couronne.
Coronavirus : Genre de virus de la famille des Coronaviridae. Il comprend différentes espèces : Coronavirus humain (responsable d'infections des voies respiratoires supérieures et de gastro-entérite chez l'homme), virus de la bronchite infectieuse aviaire, virus de l'hépatite murine, virus de la gastro-entérite porcine, etc.

Couche (strate) : Ensemble sédimentaire, compris entre deux surfaces approximativement parallèles qui correspondent à des discontinuités ou à de brusques variations pétrographiques permettant de délimiter nettement cet ensemble des terrains voisins.
Craton : Vaste portion stable du domaine continental par opposition aux zones instables déformées
Crise biologique : période d'extinction massive d'espèces à l'échelle planétaire.
Cortex : Partie externe d'un organe, distincte de la capsule, située autour de la partie centrale de cet organe.
Crossing-over : Terme anglais désignant l'échange réciproque de matériel génétique entre chromosomes homologues lors de la méiose.
Cuirasse : En pédologie, croûte superficielle épaisse (jusqu'à plusieurs mètres) fortement durcie par des précipitations d'hydroxydes de Fe et Al, se formant surtout en climat intertropical à saisons sèches bien marquées
Culture : En bactériologie, procédé consistant à placer dans un milieu artificiel approprié une petite quantité de microorganismes en vue d'obtenir leur multiplication.
Curare : Substance toxique extraite de diverses espèces des genres Strychnos et Chondodentron et utilisée depuis longtemps comme poison pour flèches par les indiens d'Amérique du Sud.
Cytokine : Glycoprotéine médiateur des interactions à courte distance entre les cellules.
Cytosine : Base pyrimidique entrant dans la composition des acides nucléiques et représentant un produit de dégradation des nucléoprotéines.
Cytosol : phase liquide du cytoplasme des cellules, dans laquelle se déroulent divers réactions cellulaires.
Cytosquelette : Microfilaments d'actine intracellulaire, assurant l'armature de la cellule.
Dégénérescence : Transformation d'une structure biologique organisée (cellule, tissu, organe) en une structure ayant perdu ses caractères distinctifs et sa fonction habituelle.
Délétion : En génétique, perte d'une ou plusieurs paires de bases consécutives sans rupture de la molécule d'ADN.
Dendrite : Prolongement cytoplasmique arborisé de la cellule nerveuse.
Déshydrogénation : Enlèvement de l'hydrogène d'un composé. Les déshydrogénations représentent le mode habituel des oxydations biologiques.
Désoxyribose : Pentose dérivant du ribose par réduction d'une fonction alcool.
Diabète : Terme générique désignant un groupe d'affections caractérisées par une polyurie avec polydipsie.
Dialyse : Séparation de différentes substances en solution fondée sur la vitesse avec laquelle elles traversent une membrane semi-perméable.
Diamant : Carbone pur cristallisé dans le système cubique, en cristaux souvent maclés, parfois à faces courbes pouvant être finement striées, à clivage facile, à éclat spécial dit adamantin, incolore et limpide ou diversement coloré : jaune, vert, rouge et parfois noir.
Diastole : Période de la révolution cardiaque pendant laquelle une cavité du cœur se remplit de sang et se dilate.
Diffusion : Propriété de certains corps de se disséminer dans le milieu qui les contient ; dissémination d'une substance dans l'organisme.
Diphtérie : Maladie infectieuse aiguë, contagieuse, due à Corynebacterium diphteriae (bacille de Klebs- Löffler), caractérisée par l'apparition de fausses membranes, fortement adhérentes, et d'exsudats fibrineux qui se forment principalement sur les muqueuses des voies respiratoires et digestives où elles produisent des symptômes locaux.
Di hybridisme : croisement expérimental entre deux individus de la même espèce ne se distinguant que par 2 caractères.
Diploïdie : État d'une cellule dont le noyau contient deux jeux de chromosomes homologues.
Disjonction : En génétique, séparation des chromosomes durant la mitose ou des chromatides durant la méiose.
Drépanocytose : anomalie sanguine caractérisée par une falciformation des hématies sous l'influence de la baisse de la pression partielle de l'oxygène. On distingue une forme grave (état homozygote) provoquant une anémie souvent mortelle, avec remplacement total de l'hémoglobine A par de l'hémoglobine S dans les hématies, et une forme cliniquement inapparente (état hétérozygote), dans laquelle le remplacement de l'hémoglobine A par de l'hémoglobine S est seulement partiel.
Efférent : Qui conduit ou transporte du sang, une substance quelconque ou des impulsions, hors d'un organe, ou du centre vers la périphérie. Se dit d'un vaisseau, d'un nerf, d'un canal. S'oppose à afférent.
Éjaculation : Acte physiologique réflexe par lequel le sperme, parvenu dans l'urètre, est expulsé hors du pénis.
Embryon : Produit de la conception depuis les premières modifications de l'œuf fécondé jusqu'à la fin du troisième mois de la grossesse où il est appelé fœtus.

Encéphale : Partie du système nerveux central logée dans la boîte crânienne, qui comprend le cerveau (hémisphères cérébraux et diencéphale), le cervelet et le tronc cérébral (pédoncules cérébraux, pont et bulbe).
Endocrine : Se dit d'une glande dont le produit de sécrétion se déverse directement dans le sang.
Endocytose : Transport de molécules de grande taille et de particules étrangères à travers les membranes vers l'intérieur des cellules.
Endomètre : Muqueuse de la cavité utérine
Enzyme : Substance capable d'accélérer ou de provoquer certains processus chimiques en ne faisant l'objet d'aucune modification. Ce sont des complexes organiques qui catalysent les réactions biochimiques et qui se composent d'un groupement prosthétique ou coenzyme, possédant une spécificité fonctionnelle, et d'un groupe protéique ou apoenzyme, ayant une spécificité de substrat.
Eolien : Se dit des processus où intervient le vent, et de ce qui en résulte.
Épitope : déterminant antigénique.
Ere : Une des plus longues divisions géochronologiques.
Érythrocyte : Cellule anucléée du sang, de couleur rose-rouge, en forme de disque biconcave, qui contient de l'hémoglobine et transporte l'oxygène nécessaire à l'organisme.
Érythropoïèse : Production de globules rouges dans les organes hématopoïétiques.
Espèce : Groupement de base des classifications des êtres vivants. Pour des animaux actuels, l'espèce peut être définie comme l'ensemble des individus interféconds avec une descendance fertile.
Eucaryote : Organisme qui possède un noyau bien différencié, un génome pourvu de plusieurs chromosomes enveloppés par une membrane unitaire, un cytoplasme à structure réticulaire pourvu d'organites.
Evolution : Théorie selon laquelle les animaux et les végétaux seraient issus d'un stock restreint d'êtres vivants primitifs à partir desquels ils se seraient diversifiés.
Excitation : Augmentation du fonctionnement normal d'une fonction quelconque.
Exocytose : Expulsion d'une cellule de particules de taille trop importante pour diffuser.
Exon : Séquence de gènes dont le transcrit persiste dans l'ARN messager mûr après maturation du transcrit primaire, représentant une séquence codante et traduite continue.
Fécondation : Pénétration du spermatozoïde dans l'ovule et fusion de ceux-ci pour constituer l'œuf (zygote).
Fenêtre : Zone où affleure le substratum d'une unité allochtone, et qui, est complètement entourée par cette dernière
Fermentation : dégradation partielle de molécules organiques par oxydation, avec production d'une petite quantité d'ATP lors de la première partie de la réaction, et libération d'une autre molécule organique.
Fœtus : Produit de la conception depuis la fin du troisième mois de la grossesse jusqu'à l'accouchement.
Follicule ovarien : structure constituant le tissu ovarien, présentant des stades d'évolution successifs pendant la phase folliculaire.
Fossile : Reste ou moulage naturel d'organisme conservé dans des sédiments
FSH : hormone folliculostimulante sécrétée par l'hypophyse.
Gaba : Abréviation d'acide gamma aminobutyrique. (Neurotransmetteur).
Galets aménagés : Outils préhistoriques très frustes fabriqués à partir de galets rendus tranchants par enlèvement d'éclats sur une face (« chopper ») ou sur les deux (« shopping Tools»).
Gamète : Cellule reproductrice ou germinale haploïde.
Gamétogenèse : Formation des éléments sexuels ou gamètes.
Ganglion : Amas cellulaire constitué de cellules nerveuses formant un renflement. (Les ganglions lymphatiques sont maintenant désignés par le terme nœud lymphatique.
Gène : Ensemble des séquences d'acide désoxyribonucléique contenant l'information nécessaire à la production régulée d'un ARN particulier (transcription) ou d'un polypeptide particulier. C'est l'unité de l'information génétique.
Gène homéotique : gène intervenant pendant le développement embryonnaire sur la mise en place des différentes parties de l'organisme.
Gène polymorphe : gène ayant plusieurs allèles dont au moins 2 représentés chez les individus à une fréquence supérieur ou égale à 1%.
Génétique : discipline de la biologie qui étudie le fonctionnement du matériel chromosomique.
Génome : Ensemble des gènes d'un organisme, caractéristique de l'espèce.
Génotype : ensemble des allèles d'une cellule ou d'un organisme, propre à l'individu.

Géologie : Science comprenant l'étude des parties de la Terre directement accessibles à l'observation, et l'élaboration des hypothèses qui permettent de reconstituer leur histoire et d'expliquer leur agencement.
Gisement : Lieu où l'on rencontre une substance ou des objets déterminés, (gisement de pétrole, gisement de fossiles).
Glaciation : Période durant laquelle la quantité de glace stockée à la surface du globe est supérieure à la moyenne.
Glucagon : Hormone polypeptidique hyperglycémiante sécrétée par les cellules alpha-2 des îlots de Langerhans du pancréas. Antagoniste de l'insuline, elle contribue à la régulation permanente de la glycémie, en particulier en activant la glycogénolyse hépatique.
Glycolyse : Transformation du glucose dans le cytosol d'une cellule sous l'effet d'enzymes.
Gneiss : Roches métamorphiques du métamorphisme général, très commune, méso à cata zonale le plus souvent, à grain moyen ou grossier à foliation souvent nette caractérisée par des lits généralement de teinte sombre, riches en minéraux ferromagnésiens alternant avec des lits clairs de quartz et de feldspaths.
GnRH : neurohormone hypothalamique ou hormone gonadolibérine, fabriquée par neurosécrétion pulsatile des cellules nerveuses de l'hypothalamus et stimule la sécrétion des hormones hypophysaires (FSH et LH).
Gonade : Glande qui produit les gamètes et les hormones mâles (testicule) ou femelles (ovaire).
Gondwana : Masse continentale d'un seul tenant, du Carbonifère au Trias, et maintenant dissociée en plusieurs morceaux (Amérique du Sud, Afrique, Madagascar, Inde, Australie).
Gradient : Taux de variation d'une grandeur physique en fonction d'une distance ou du temps.
Granite : Roche magmatique plutonique très commune (roche effusive équivalente : rhyolite), grenue, de teinte claire.
Grès : Roche sédimentaire détritique terrigène composée à 85 % au moins de grains de quartz plus ou moins arrondis.
Guanine : Base purique entrant dans la constitution des acides ribonucléique et désoxyribonucléique.
Guanosine : Nucléoside composé de guanine et de ribose. C'est le produit de l'hydrolyse de l'acide guanylique.
Gypse : Sulfate hydraté $CaSO_4, 2H_2O$, du système monoclinique, à clivages parfaits, à aspect vitreux translucide, nacré ou soyeux suivant les faces, en cristaux tabulaires ou lenticulaires
Haploïde : Qui possède un seul lot de n chromosomes, à la différence du nombre diploïde ou complet (2n) de chromosomes présent dans les cellules somatiques normales. Chez l'homme, le nombre haploïde est de 23 chromosomes.
Hématie : Globule rouge, érythrocyte. Cellule sanguine des animaux à sang rouge.
Hémoglobine : Hétéroprotéine de couleur rouge présente dans les hématies, de poids moléculaire 68 000 daltons et dont la fonction principale est de transporter l'oxygène vers les tissus.
Hérédité : Transmission aux descendants des caractères par l'intermédiaire des gènes.
Hétérozygote : Se dit d'un individu pourvu de deux allèles distincts d'un même gène.
Hominidés : Groupe formé par les Homininés et les singes anthropomorphes, caractérisé par l'absence de queue.
Homininés : Groupe formé des Hommes actuels et fossiles ainsi que les Australopithèques, caractérisés par la bipédie.
Homologue : se dit de structures ou de molécules dont l'origine est commune.
Homozygote : cellule ou organisme diploïde dont le gène étudié est représenté par deux allèles identiques.
Hydrogéologie : Partie de la géologie qui s'occupe de la circulation des eaux dans le sous-sol.
Immunité acquise (adaptative ou spécifique) : immunité se mettant en place à la suite d'un contact antigénique.
Immunité innée (non spécifique) : défenses immunitaires activés par un contact antigénique.
Immunoglobuline : anticorps.
Interleukine : substance produite par les LT4 activant la réaction immunitaire.
Jaspe : Roche sédimentaire siliceuse, dérivant d'une vase à radiolaires silicifiée dès le début de la diagenèse.
Kaolin : Roche argileuse formée essentiellement de kaolinite (Minéral argileux provenant principalement de l'altération des roches acides riches en feldspath), et qui est blanche et friable.
Lacune : Dans une série sédimentaire, absence des dépôts correspondant à un certain laps de temps.
Lave : Roche émise en fusion à l'état liquide ou pâteux par les volcans, et donnant en général des coulées.
LH : hormone lutéinisante produite par l'hypophyse.
Limon : Dépôt détritique meuble, argileux et silteux, à grain très fin (classe des lutites).
Lithologie : Nature des roches d'une formation géologique.
Lutite : Ensemble des roches sédimentaires détritiques dont les éléments sont de diamètre inférieur à 1/16 mm.

Lymphocytes mémoire : lymphocytes à longue durée de vie pouvant réagir rapidement lors d'un contact avec l'antigène.
Lymphocyte T cytotoxique (LTC) : LT8 différentiés qui a la capacité de détruire les cellules infectés par un virus et les cellules cancéreuses.
Lymphocytes T CD4 (LT4) : cellules immunitaires pivot de l'immunité adaptative.
Méiose : ensemble de deux divisions cellulaires donnant 4cellules haploïdes à partir d'une cellule diploïde.
Ménopause : arrêt du fonctionnement cyclique de l'ovaire dû à son vieillissement, arrive chez la femme vers 50 ans.
Menstruation : synonyme de règles, correspond à la destruction partielle de la muqueuse utérine.
Métabolisme : ensemble des réactions cellulaires de synthèse ou de dégradation de molécules.
Météorite : corps rocheux céleste tombant sur Terre.
Minerai : Ensemble rocheux contenant des substances utiles en pourcentage suffisant pour justifier une exploitation.
Mitose : division cellulaire assurant la reproduction conforme des cellules.
Monohybridisme : croisement expérimental entre 2 individus d'une même espèce se distinguant par un seul caractère.
Mutation : modification de la séquence des nucléotides de l'ADN, ou toute modification de l'information génétique.
Mutation génique : modification de la séquence de nucléotide de l'ADN affectant un gène.
Mutation ponctuelle : mutation limitée à la modification d'une seule paire de nucléotide de l'ADN.
Nappe d'eau souterraine) - Eaux souterraines remplissant entièrement les interstices d'un terrain poreux et perméable (l'aquifère) de telle sorte qu'il y ait toujours liaison par l'eau entre les pores. Une nappe se forme par accumulation des eaux d'infiltration au-dessus d'un terrain imperméable qui interdit leur progression vers le bas.
Néoglucogenèse : Formation de glucose à partir de substances non glucidiques.
Nucléotide : unité constitutive de l'ADN ou de l'ARN comprenant un sucre (ribose ou désoxyribose), l'acide phosphorique, une base azotée.
Œstrogène : hormone femelle produite par le tissu du follicule ovarien pendant la première phase du cycle.
OGM : organisme génétiquement modifié par l'apport d'un gène étranger.
Organite : compartiment cellulaire délimité par une membrane plasmique jouant un rôle bien précis.
Orogenèse : Tout processus conduisant à la formation de reliefs
Ovulation : émission du gamète femelle vers le 14ème jour du cycle menstruel.
Pangée : Continent unique existant à la fin du Paléozoïque et qui s'est ensuite séparée en Laurasie, au Nord, et Gondwana, au Sud.
Pathogène : qui provoque une maladie.
Phagocyte : cellule immunitaire réalisant la phagocytose.
Phénotype : ensemble des caractères apparentes, qui résulte de l'expression du génotype.
Phénotype immunitaire : ensemble des lymphocytes spécifiques présents chez un individu à un moment donné.
Phosphate : Minerai caractérisé par le radical $(PO4)^{3-}$.
Photosynthèse : ensemble des réactions chimiques permettant la synthèse de molécules organiques par fixation du CO2 grâce à l'énergie lumineuse accompagné par un dégagement de dioxygène.
Placodermes : Groupe de poissons uniquement fossiles, dont la partie antérieure du corps était protégée par une cuirasse formée de plaques osseuses.
Plan d'organisation : caractéristiques de l'organisation d'un être vivant correspondant aux axes de polarités et à la disposition des principaux organes par rapport à ces axes.
Plaque lithosphérique : Partie rigide superficielle de la Terre, épaisse d'une centaine de kilomètres, qui, avec d'autres, constitue la lithosphère.
Plasmide : ADN circulaire de petite taille chez les bactéries et les levures.
Plasmocyte : cellules issus de la différentiation des lymphocytes B et produisant les anticorps.
Polypeptide : enchainement d'acides aminés.
Population : ensemble d'individus de la même espèce limité dans l'espace.
Poudingue : Roche sédimentaire détritique formée pour 50 % au moins d'éléments arrondis (galets) de diamètre supérieur à 2 mm liés par un ciment.
Primates : Groupe de Mammifères caractérisés par un développement important du cerveau, et dont les doigts, au nombre de cinq à chaque membre, sont pourvus d'ongles et non de griffes.
Procaryote : essentiellement les bactéries, dont les cellules n'ont pas de vrai noyau ni d'organites.

Progestérone : hormone ovarienne, produite par le corps jaune pendant la phase lutéinique.
Quartz : Forme cristalline très commune de la silice (SiO_2).
Race pure (ligné pure ou variété pure) : homozygote.
Réducteur : se dit d'une molécule B ayant la capacité de perdre des électrons au profit d'une molécule A.
Répertoire immunologique : ensemble des lymphocytes présents dans un organisme à la naissance.
Respiration : ensemble des réactions chimiques aboutissant à l'oxydation complète d'une molécule organique comme le glucose et permettant la synthèse d'une grande quantité d'ATP. Ce processus utilise l'oxygène comme dernier accepteur de protons et d'électrons ce qui le réduit en H_2O. C'est une minéralisation totale.
Rétrovirus : virus dont le matériel chromosomique est sous forme d'ARN.
Roche : Matériau constitutif de l'écorce terrestre, formé en général d'un assemblage de minéraux et présentant une certaine homogénéité statistique, le plus souvent dur et cohérent, parfois plastique, ou meuble, à la limite liquide.
Sarcomère : unité contractile du muscle constitué d'actine et de myosine qui se répète un grand nombre de fois dans les cellules musculaires.
Schiste : Au sens large (qu'il vaut mieux éviter), toute roche susceptible de se débiter en feuillets.
Sebkha : Dépression temporairement occupée par un lac, en général salé, et où se déposent des évaporites.
Sédiment : Ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport.
Sélection naturelle : survie des individus d'une espèce les mieux adaptés à l'environnement.
Série : Ensemble de couches sédimentaires, considérées dans leur succession chronologique.
Silex : Roche siliceuse constituant des accidents dans des couches calcaires, formée de silice (calcédoine, quartz, un peu d'opale) d'origine biochimique, précipitant dès le début de la diagenèse dans le sédiment encore meuble.
Socle : Vaste ensemble de terrains, très plissés, en général métamorphisés et souvent largement granitisés, qui a été pénéplané, et sur lequel reposent en discordance des terrains sédimentaires (et/ou volcaniques) formant la couverture.
Sphère pédonculé : unité transmembranaire des crêtes mitochondriales et des thylakoïdes des chloroplastes permettant le transfert de protons (H^+) et la synthèse d'ATP.
Stratigraphie : Science qui étudie la succession des dépôts sédimentaires, généralement arrangés en couches (strates).
Stromatolithe : Construction discoïde ou mamelonnée due à des Cyanophycées (Algues bleues).
Synéclyse : Vaste portion de plate-forme de quelques centaines ou milliers de kilomètres carrés, dont le socle, affaissé à grande profondeur, est recouvert par des sédiments épais (quelques kilomètres) et continus alors que, alentour, il se relève et est surmonté corrélativement par une couverture moins épaisse et moins complète stratigraphiquement.
Test-cross : croisement d'un individu dont on veut connaitre le génotype avec un homozygote récessif pour le caractère considéré.
Testostérone : hormone mâle produite de façon continue à partir de la puberté, fabriquée par les cellules interstitielles.
Téthys : Mer située, durant les ères secondaires et tertiaires, entre l'Eurasie et l'Afrique, en partie à l'emplacement approximatif de l'actuelle Méditerranée.
Transgénèse : transfert dans le génome d'un individu d'un gène qui lui est étranger.
Vaccination : procédé d'activation des défenses immunitaires par injection d'antigène atténué.
Zygote : cellules-œuf provenant de la fusion des deux gamètes.

RÉFÉRENCES

- G. et G. Menant : Géologie 4e, Hatier, Paris 1980, ISBN : 2.218.04737.3.
- Annick Noël, Marc Dupin, Béatrice Levilly, Anne Quentin : Sciences de la vie et de la terre Term S Nathan /VUEF, 2002-9.
- Programme de SVT (enseignement secondaire général).
- R. Tavernier/C. Lizeaux : Sciences de la vie et de la terre, LAROUSSE BORDS, Paris, 1958, I .S.B.N. 2-O4-02862-4.
- Marin Terrible et Denis Winkoun Hein : Géologie d'Afrique 4e Edition de l'Ecole, Paris1964.