ÉDITION 2023 – NOUVELLE FORMULE

Mes fiches de révision

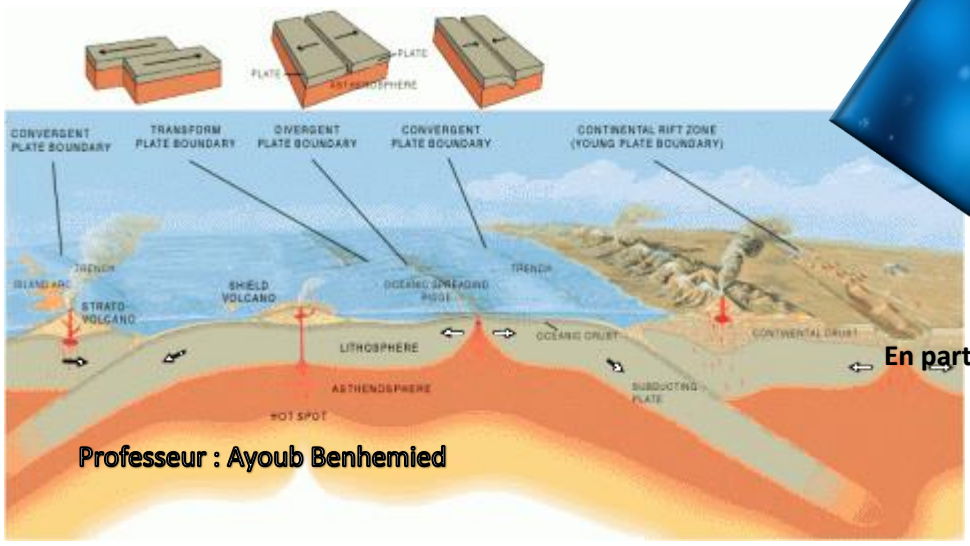
BAC SCIENCE PHYSIQUE -SVT

DES SUJETS DE BAC

- Des questions types.
- L'analyse des sujets.
- Les plans détaillés.
- Les pièges à éviter.

L'ESSENTIEL DU COURS

- Des fiches synthétiques.
- Les points et définitions clés du programme.
- Les repères importants.



Professeur : Ayoub Benhemied

En partenariat avec

Centre Red City
Formation et ecutien scolaire

pr.benhemied ayoub

Unité 1 : La consommation de la matière organique et le flux d'énergie et le rôle du muscle strié squelettique dans la conversion de l'énergie P 2

Chapitre 1 : La consommation de la matière organique et le flux d'énergie P 3

Chapitre 2 : Le rôle du muscle strié squelettique dans la conversion de l'énergie P 8

Unité 2 : La Nature et mécanisme de l'expression du matériel génétique - Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée P 15

Chapitre 1 : Notion de l'information génétique P 16

Chapitre 2 : L'information & expression génétique P 22

Chapitre 3 : La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée P 28

Chapitre 4 : Les lois statistiques de la transmission des caractères génétiques chez les diploïdes. P 30

Unité 3 : Utilisation des matières organiques et inorganiques. P 39

Chapitre 1 : Les ordures ménagères issues de l'utilisation des matières organiques P 40

Chapitre 2 : Les pollutions liées à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques dans les industries chimiques et minérales P 43

Chapitre 3 : Les matières radioactives et l'énergie nucléaire. P 48

Chapitre 4 : Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels P 52

Unité 4 : Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques. P 60

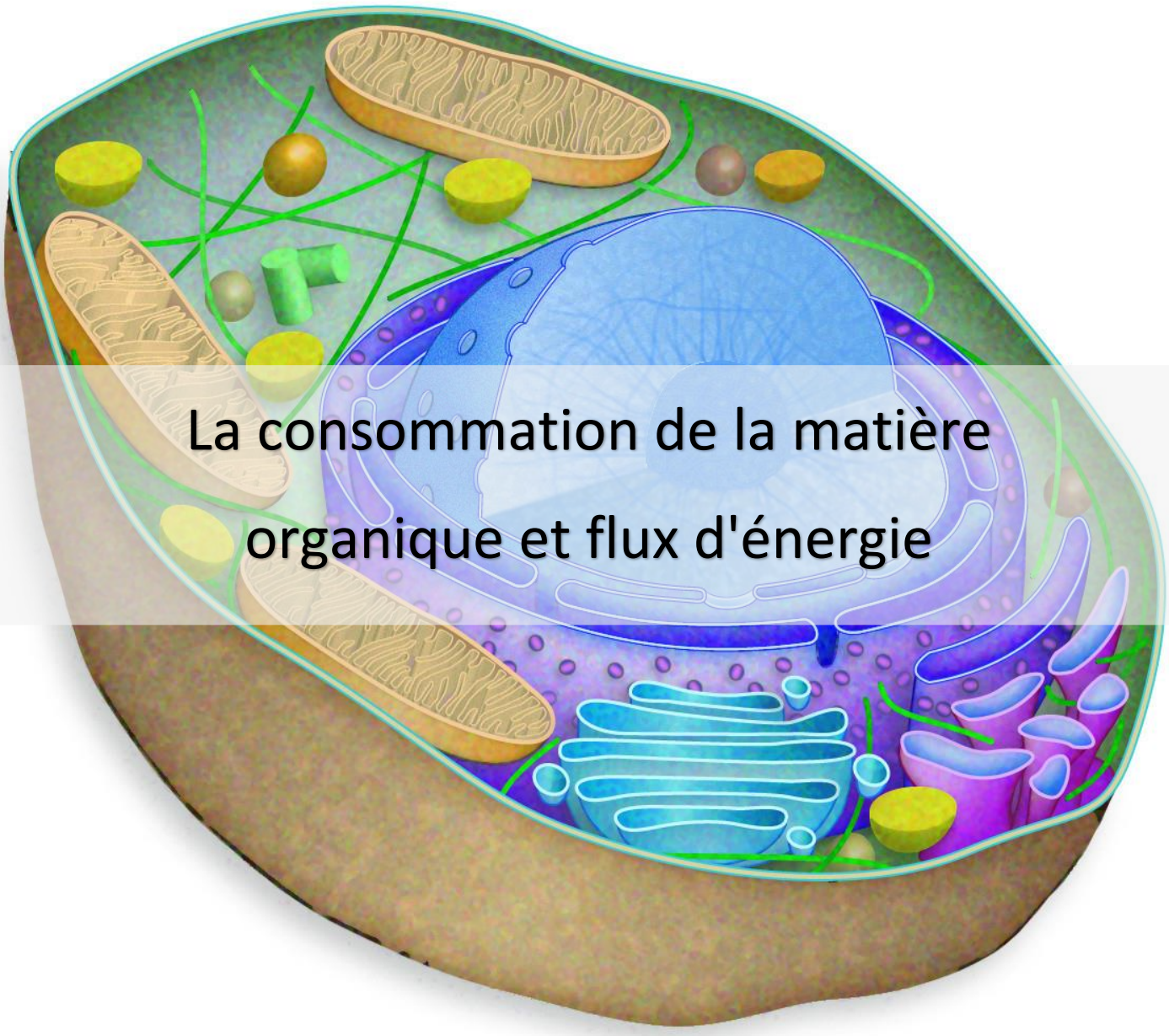
Chapitre 1 : Les chaines de montagnes récentes et leurs relations avec la tectonique des plaques P 61

Chapitre 2 : Les déformations tectoniques P 66

Chapitre 3 : le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques P 68

Chapitre 4 : La granitisation et sa relation avec le métamorphisme P 71

pr.benmeriem ayoub



La consommation de la matière organique et flux d'énergie

Chapitre 1 : Consommation de la matière organique et production de l'énergie

❖ DÉFINITION DE LA RESPIRATION CELLULAIRE :

- C'est **la dégradation complète (totale)** de la matière organique **(glucose)** en **aérobiose** avec **consommation d'O2** et **dégagement de CO2** et d'**H2O** comme **matière minérales**. La **production d'énergie** est **importante (38 ATP)** et fait intervenir **la mitochondrie** dans **les cellules eucaryotes**.

Réaction globale de la respiration cellulaire : !

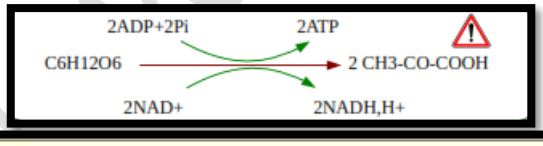
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O +$ Energie (2860 Kj) → 38 ATP + Chaleur

❖ ÉTAPES DE LA RESPIRATION CELLULAIRE (LA DÉGRADATION DU GLUCOSE) :

LORS DE LA RESPIRATION (+Oxygène)

ÉTAPE I : La glycolyse

- Elle se produit dans **l'hyaloplasme (=cytosol) ;**
- Elle est **commune** à la **respiration** et à la **fermentation** ;
- Elle transforme **1 glucose** en **2 pyruvates ;**
- Elle donne : **+ 2 ATP** et + **2NADH2.**

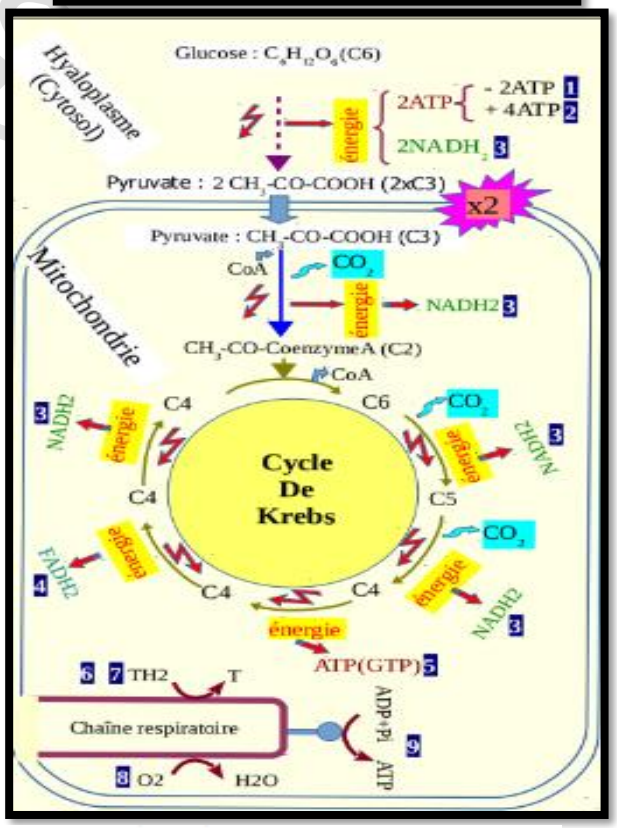


ÉTAPE II : La formation de l'acétyl-CoA

- Elle se produit dans **la matrice mitochondriale ;**
- Elle appartient **uniquement** à la **respiration** ;
- Elle dégage **1 CO2 (décarboxylase/décarboxylation) ;**
- Elle donne : **1 NADH2 (déshydrogénase/déshydrogénation).**

ÉTAPE III : Le cycle de Krebs

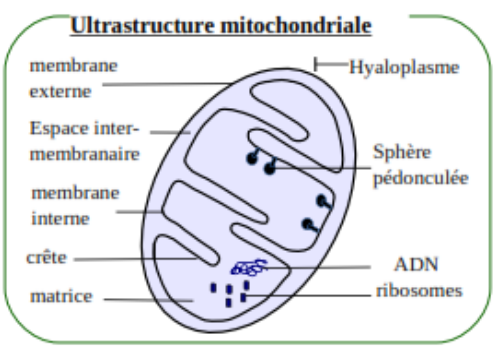
- Elle se produit dans **la matrice mitochondriale ;**
- Elle appartient **uniquement** à la **respiration** ;
- Elle dégage **2 CO2 ;**
- Elle donne : **3 NADH2 + 1 FADH2 + 1 ATP (GTP)**

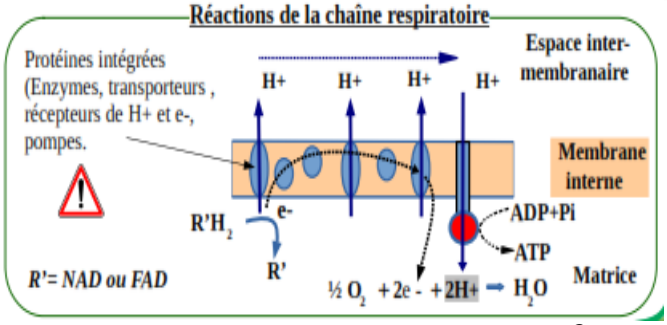


ÉTAPE IV : Réactions de la chaîne respiratoire

- Elle se produit dans **la membrane interne mitochondriale** ;
- Elle appartient **uniquement** à la **respiration** ;
- Elle est caractérisée par :

+ L'oxydation des transporteurs **NADH2** et **FADH2** ;
+ la naissance d'un **gradient de concentration** en H+ ;
+ Le transfert des **e-** et le **flux des H+** via **la sphère pédonculée** ;
+ La réduction de l'**O2** et **la formation** de **l'eau H2O** ;
+ La phosphorylation oxydative de **l'ADP** en **ATP.**





Méthodologie : le rendement énergétique et l'importance des mitochondries :

- ***Respiration :*** du nombre + taille + crête des mitochondries => beaucoup d'énergie => rendement fort => croissance, multiplication, mouvement, synthèse ...

Fermentation : du nombre + taille + crête des mitochondries => peu d'énergie => rendement faible => croissance, multiplication, mouvement, synthèse ...

Les réactions chimiques annexes :

1 : ATP+H2O→ ADP+Pi	**Hydrolyse**
2/5/9 : ADP+Pi → ATP+ H2O	**Phosphorylation**
3 : NAD++$2H^+$+2e- → NADH+H^+	**Réduction**
4 : FAD +$2H^+$+2e- → FADH2	**Réduction**
5 : GDP+Pi→ GTP + H2O GTP+ADP → GDP+ATP	**Phosphorylation**
6 : NADH+H+ → NAD++$2H^+$+2e-	**Oxydation**
7 : FADH2→ FAD +$2H^+$ +2e-	**Oxydation**
8 : 1⁄2 O2+ 2H++2e- → H2O .	**Formation H2O /ou réduction O2**

❖ DÉFINITION DE LA FERMENTATION :

- C'est la **dégradation incomplète (partielle)** de la matière organique **(glucose)** en **anaérobiose (= absence d'O2)** avec **production d'un résidu organique** (**Éthanol** ou **lactate**) et **d'énergie** qui est **faible (2 ATP)**.

Réaction globale de la fermentation alcoolique !

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3{-}CH_2{-}OH + 2CO_2 +$ Energie (140Kj)

Réaction globale de la fermentation lactique

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3{-}CHOH{-}COOH +$ Energie (140Kj)

2 ATP
Chaleur

❖ ÉTAPES DE LA FERMENTATION (LA DÉGRADATION DU GLUCOSE) :

ÉTAPE I : La glycolyse

- Elle se produit dans **l'hyaloplasme (cytosol) ;**
- Elle est **commune** à la **respiration** et à la **fermentation** ;
- Elle transforme **1 glucose** en **2 pyruvates** ;
- Elle donne : **+ 2 ATP** et + **2NADH2.**

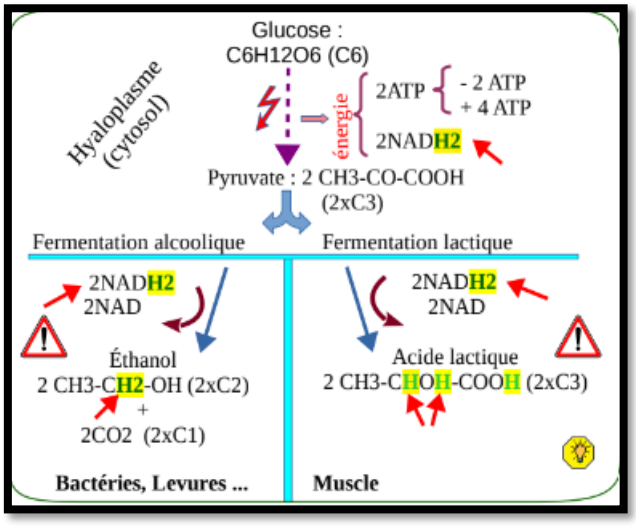
ÉTAPE II : Formation des résidus organiques

Cas de la fermentation alcoolique

- Elle produit **un alcool éthylique** ;
- Elle **dégage du CO2** par **décarboxylation** ;
- Elle s'accompagne d'une **oxydation** de **la NADH2**.

Cas de la fermentation lactique

- Elle produit **un acide lactique**
- Elle s'accompagne d'une de **la NADH2**



Pr. Benhemied Ayoub

❖ BILAN ET RENDEMENT ENERGETIQUE :

Respiration

- **Réaction globale :** $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 38\ ATP$
- **Bilan énergétique :** Nombre de molécules d'ATP résultant de l'oxydation d'une molécule de glucose

Bilan énergétique = 38 ATP

- **Rendement énergétique :** Pourcentage de l'énergie récupérée par la cellule par rapport à l'énergie contenue dans le glucose dégradé $\frac{38 \times 30,5}{2840} \times 100 = 40,8\%$

Fermentation

- **Réaction globale :**
  - **Fermentation lactique** $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ CH_3COCOOH + 2\ ATP$
  - **Fermentation alcoolique** $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 + 2\ ATP$

- **Bilan énergétique :** Nombre de molécules d'ATP résultant de l'oxydation d'une molécule de glucose

Bilan énergétique = 2 ATP

- **Rendement énergétique :** Pourcentage de l'énergie récupérée par la cellule par rapport à l'énergie contenue dans le glucose dégradé $\frac{2 \times 30,5}{2840} \times 100 = 2,14\%$

Définitions :

- **La glycolyse** : est une étape commune entre la respiration et la fermentation qui se déroule dans l'hyaloplasme et c'est un ensemble de réactions chimiques qui aboutissent à la transformation du glucose en deux acides pyruviques, 2 NADH, H+et 2 ATP
- **La mitochondrie :** est un organite cellulaire composé de deux membranes interne et externe et qui est indispensable à la respiration cellulaire. Au niveau de la membrane interne de la mitochondrie se déroule la réoxydation des transporteurs d'électrons NADH, H+ et FADH2.
- **La matrice de la mitochondrie :** est la partie interne de la mitochondrie, elle contient des composés organiques (pyruvate), enzymes spécifiques, ATP, ADP et c'est au niveau de la matrice où se déroule le cycle de Krebs.
- **La phosphorylation oxydative :** l'ensemble de réactions chimiques qui se déroulent au niveau de la membrane interne de la mitochondrie et qui permet la réoxydation des composés NADH, H+ et FADH2.
- **Gradient H+** : est une grande différence de concentration de H+ entre la matrice et l'espace intermembranaire ce qui engendre l'activation de l'ATP synthétase.
- **Cycle de Krebs :** est un ensemble de réactions qui se déroulent au niveau de la matrice au cours desquelles l'acide pyruvique subit 2 décarboxylations en donnant CO2 et 4 déshydrogénations pour former des composés réduit 3NADH, H+ et 1FADH2 avec formation d'ATP.
- **Chaine respiratoire :** ensemble de protéines transmembranaires de la membrane interne de la mitochondrie, caractérisées chacune par un potentiel d'oxydoréduction, ce qui lui permet d'accepter et de céder des électrons.
- **Sphère pédonculée :** Complexe enzymatique situé au niveau de la membrane interne de la mitochondrie contient l'enzyme ATP synthétase responsable de la synthèse de l'ATP à partir de la phosphorylation de l'ADP.
- **Adénosine triphosphate (ATP) :** est une molécule énergétique composée d'une base azotée « adénine » et de trois groupements phosphate, l'énergie issue de l'hydrolyse de l'ATP est utilisée par les cellules.
- **L'hyaloplasme :** est le liquide intracellulaire où baignent tous les organites cellulaires, l'ensemble formé de l'hyaloplasme + les organites cellulaires forment ce qu'on appelle le cytoplasme.

Exercices de restitution profonde des connaissances

Exercice 1

1) **Définir les termes suivants :** Respiration cellulaire, hyaloplasme, fermentation, mitochondrie, sphères pédonculées, chaine respiratoire, cycle de KREBS.
2) **Dessinez une mitochondrie.**
3) **Citez les caractéristiques de chaque compartiment dans la mitochondrie.**
4) **Donnez deux caractéristiques de la fermentation.**

Exercice 2

1) **Liez chaque molécule à sa formule chimique :**

1	Glucose
2	Acide pyruvique
3	Acide lactique
4	Ethanol

A	$CH_3COCOOH$
B	CH_3CH_2OH
C	$C_6H_{12}O_6$
D	$CH_3CHOHCOOH$

2) **Ecrivez les réactions globales :**

1	Respiration cellulaire	
2	Glycolyse	
3	Oxydation de l'acide pyruvique	
4	Fermentation alcoolique	
5	Fermentation lactique	

3) **Déterminez la nature des réactions suivantes :**

	Réactions	Oxydation	Réduction	Phosphorylation	Décarboxylation
1	$NAD^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADH,H^+$				
2	$CH_3COCOOH + NADH,H^+ \rightarrow CH_3CH_2OH + CO_2 + NAD^+$				
3	$FADH_2 \rightarrow FAD^{2+} + 2e^- + 2H^+$				
4	$ADP + Pi \rightarrow ATP$				
5	$C_6H_{12}O_6 + 2NAD^+ + 2ADP + 2Pi \rightarrow 2CH_3COCOOH + 2NADH,H^+ + 2ATP$				

Exercice 3 :

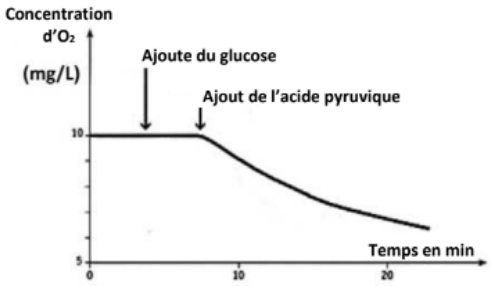
1) **Répondez par « vrai » ou « faux » :**

	Synthèse	Réponse
1	La glycolyse se déroule dans l'hyaloplasme	
2	Le dioxygène est consommé durant le cycle de KREBS	
3	Chaque oxydation de $NADH,H^+$ permet la formation de 4 ATP durant la phosphorylation oxydative	
4	$FADH_2$ sont des transporteurs d'électrons et des protons	
5	Au niveau de la mitochondrie, l'acide pyruvique est réduit en acide lactique	
6	Durant la fermentation alcoolique, une substance acide est libérée	
7	La fermentation lactique se déroule entièrement au niveau de l'hyaloplasme	
8	Le bilan énergétique de la respiration dépasse 30ATP	
9	La glycolyse est une étape commune entre la respiration et la fermentation	
10	Toutes les réactions métaboliques au niveau de l'hyaloplasmes sont anaérobique	

Exercices de raisonnement scientifique

Exercice 1

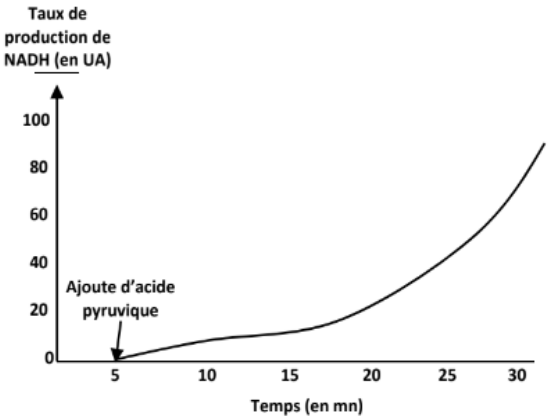
On prépare une suspension de mitochondrie puis on l'ajoute dans un milieu saturé en O2, on mesure la concentration d'O2 dans le milieu avant et après l'ajoute du glucose dans un temps t1 et l'acide pyruvique dans un temps t2, les résultats sont représentés dans le graphe ci-contre.



1) **Décrivez le graphe ci-contre.**
2) **Expliquez la variation de la concentration d'O2 dans le milieu après l'ajoute de l'acide pyruvique.**
3) **Sachant que l'acide pyruvique est un produit de la dégradation du glucose au niveau de l'hyaloplasme, déterminez le rôle de la mitochondrie dans le processus de la respiration cellulaire.**

Exercice 3

On prépare une solution extrait des matrices mitochondriales, et on l'ajoute dans un milieu riche en NAD^+, après quelques minutes on ajoute une quantité d'acide pyruvique, puis on mesure le taux de production de NADH. Les résultats obtenus sont représentées dans le graphe ci-contre.



1) **Décrivez le graphe.**
2) **Expliquez la variation du taux de production de NADH après l'ajoute de l'acide pyruvique.**

Chapitre 2 : Rôle du muscle strié squelettique dans la conversion de l'énergie

❖ LE MUSCLE : STRUCTURE & ULTRASTRUCTURE :

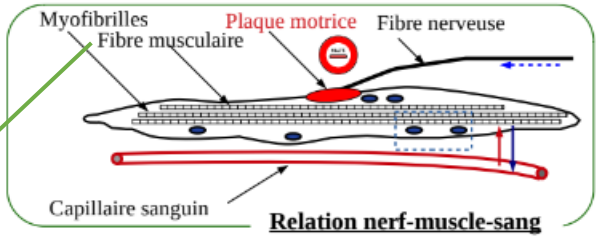
- le muscle = Σ fibres musculaires, la fibre musculaire = la cellule musculaire.

- La cellule musculaire est une cellule **géante plurinucléées** contenant **des myofibrilles** dont **le cytoplasme = sarcoplasme** et **la membrane plasmique = sarcolemme.**

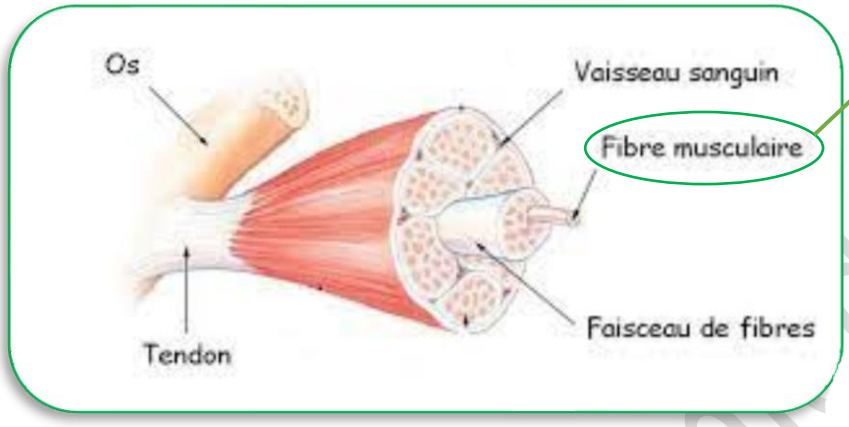
- La myofibrille = **Σ myofilaments épais (myosine)** + **myofilaments fin (actine)**

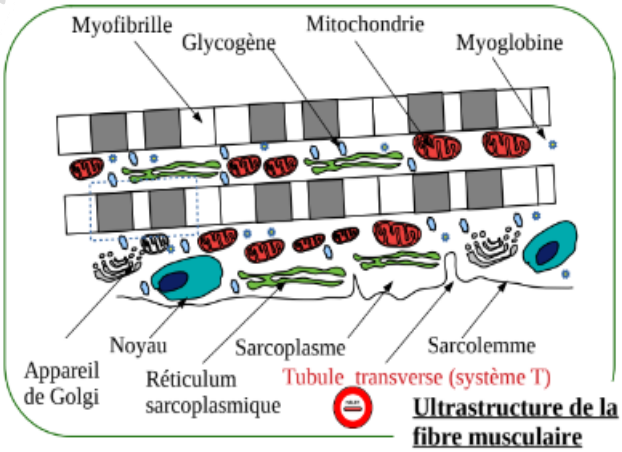
- Myofilaments épais = **filaments de myosine**

- Myofilaments fins = **actine** + **troponine** + **tropomyosine.**

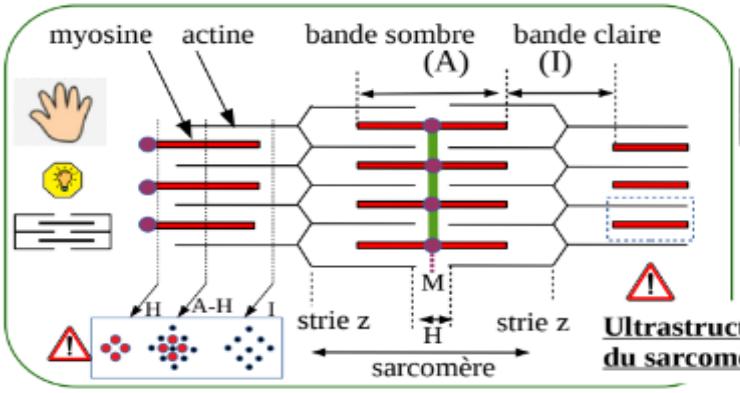


Relation nerf-muscle-sang

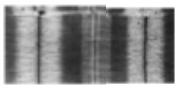




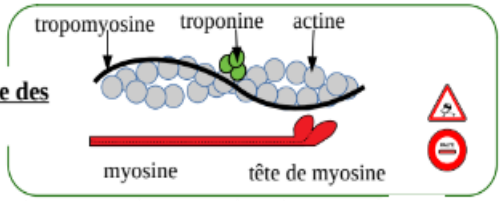
Ultrastructure de la fibre musculaire



Ultrastructure du sarcomère



Ultrastructure des myofilaments



- Sarcomère = unité de structure et de fonction du muscle :

~ Bande claire = isotrope (I) centrée par la strie Z ;

~ Bande sombre = ***anisotrope (A)*** centrée par la zone H.

❖ MODIFICATION DU SARCOMÈRE PENDANT LA CONTRACTION :

- **diminution (raccourcissement)** du sarcomère, des bandes claires (I), de la zone H ;

- **constance (stabilité)** des bandes sombres (A), des myofilaments épais (myosine) et fins (actine).

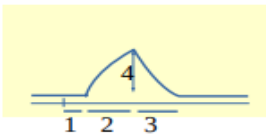
Donc : la contraction = **glissement (=coulissage)** entre les myofilaments d'actine et de myosine.

❖ Les phénomènes mécaniques :

La réponse musculaire à l'excitation :

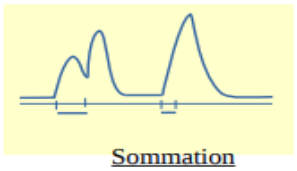
Myogramme enregistré	Application de deux stimulations efficaces sur le muscle
Une secousse musculaire isolée	La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de latence de la première secousse musculaire
Deux secousses musculaires isolées	La seconde stimulation est appliquée après l'achèvement de la première secousse musculaire
Fusion incomplète des deux secousses musculaires	La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de relâchement de la première secousse musculaire
Fusion complète des deux secousses musculaires	La seconde stimulation est appliquée pendant la phase de contraction de la première secousse musculaire

ANALYSE DES MYOGRAMMES

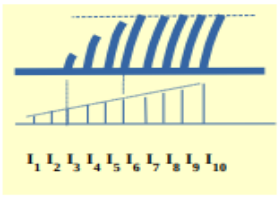


1. Latence
2. Contraction
3. relâchement
4. amplitude

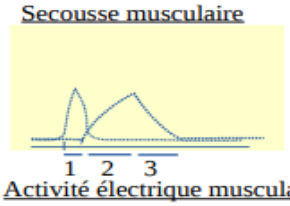
Secousse musculaire



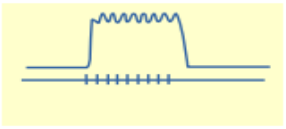
Sommation
(fusion partielle et totale)



Recrutement
- Stimulations infraliminaires (réponses 0)
- Stimulation supraliminaire (réponses ↗ puis =)
- Seuil



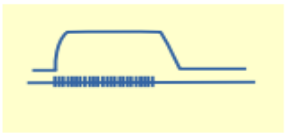
Activité électrique musculaire



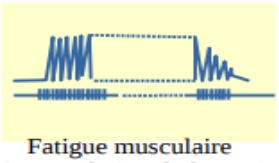
Tétanos imparfait

A. Chaleur initiale
- contraction (activation maintien)
- relâchement
B. Chaleur retardée

Activité calorique musculaire



Tétanos parfait



Fatigue musculaire
(Accumulation du lactate)

❖ Phénomènes thermiques et chimiques et énergétiques :

- Phénomènes thermiques : l'activité musculaire est accompagnée d'un dégagement de la chaleur en deux étapes :
  - Chaleur initiale au cours de la contraction.
  - Chaleur retardée après la contraction.
- Phénomènes chimiques et énergétiques : La consommation de dioxygène La libération de dioxyde de carbone La consommation du glucose et des réserves cellulaires en glycogène La libération de l'énergie nécessaire à la contraction par oxydation du glucose.

❖ Les voies métaboliques de la régénération de l'ATP au cours de la contraction musculaire :

La voie métabolique **lente aérobie** de la **respiration cellulaire**

$(C_6H_{10}O_5)_n \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38\,(ADP+PI) \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38$ (ATP) + **chaleur retardée**

Glycogène Glucose

La voie métabolique **lente anaérobie** de la **fermentation lactique**

$(C_6H_{10}O_5)_n \Rightarrow C_6H_{12}O_6 + 2(ADP+PI) \rightarrow 2CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH + 2$ (ATP) + **chaleur**

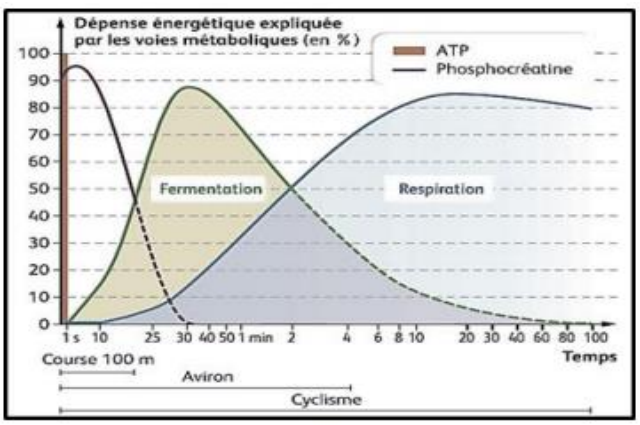
Glycogène Glucose Lactate => fatigue musculaire

La voie métabolique **rapide anaérobie** de la **créatine phosphate** (CP)

CP + ADP → C + (ATP) + **Chaleur initiale**

La voie métabolique **rapide anaérobie** de l'ADP (négligeable)

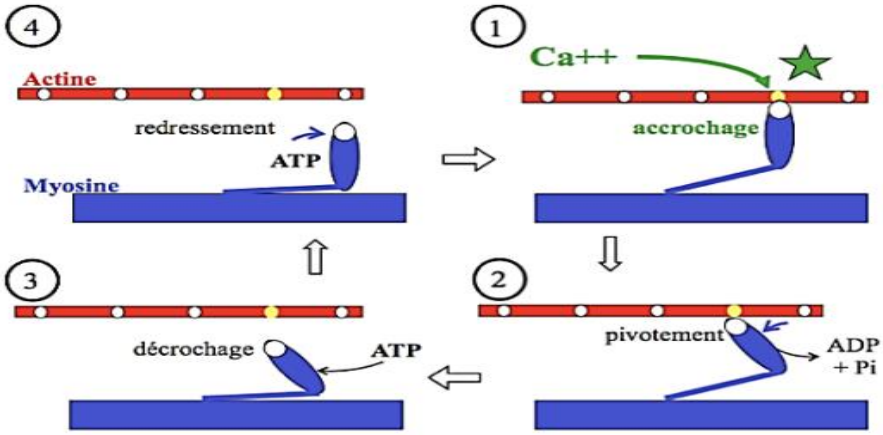
ADP + ADP → AMP + (ATP)



❖ Le mécanisme de la contraction musculaire :

Les étapes de la contraction musculaire sont les suivants :

- Libération du Ca2+ : suite à L'arrivée de l'influx nerveux, le réticulum sarcoplasmique libère des ions calcium dans le sarcoplasme.
- Formation du complexe actomyosine : un changement de conformation de la troponine permet le démasquage du site de fixation de l'actine à la myosine.
- Les complexes actine-myosine se forment. Hydrolyse d'ATP : l'ATP est hydrolysée en ADP et Pi, par ATPase de la myosine.
- Rotation des têtes de la myosine : L'énergie fournie permet le basculement de la tête de myosine (rotation de 45°)
- Glissement des filaments d'actine vers le centre du sarcomère : le filament d'actine est donc tiré et glisse vers le milieu du sarcomère. Le muscle se contracte.
- Fixation de l'ATP sur les têtes de la myosine : la tête de myosine se redresse et la suppression de la liaison entre l'actine et la myosine. Le muscle se relâche.



Définitions :

- Rhéobase : c'est la plus petite intensité qui induit une réponse du muscle par son contraction.

- Contraction musculaire : est due à une diminution de la longueur des cellules musculaires suite à une excitation ce qui provoque la diminution de la longueur du muscle.

- Secousse musculaire : est une réponse du muscle à une seule excitation efficace, elle est composée de trois phase : phase de latence + phase de la contraction + phase de relâchement.

- Temps de latence ; c'est le temps qui sépare le moment de l'excitation et le moment de la réponse (contraction).

- Phase de contraction : c'est la phase qui correspond à la contraction musculaire proprement dite (diminution de la longueur du muscle), elle caractérisée par une augmentation de l'amplitude de la secousse musculaire.

- Phase de relâchement : c'est la phase durant laquelle le muscle reprend progressivement sa longueur initiale, cette phase est caractérisée par une diminution de l'amplitude de la secousse musculaire.

- Fusion complète : est obtenue lorsque la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de contraction de la première excitation, on obtient une seule secousse musculaire avec une amplitude plus grande.

- Fusion incomplète : est obtenue lorsque la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de relâchement de la première excitation, on obtient deux secousses musculaires incomplètement fusionnées.

- Chaleur initiale : c'est la chaleur dégagée pendant la secousse musculaire, caractérisée par une courte durée et une grande quantité, elle comporte deux étapes : chaleur de la contraction et la chaleur du relâchement.

- **Chaleur retardée :** c'est la chaleur dégagée lentement après la secousse musculaire, caractérisée par une longue durée et une faible quantité.
- **Fatigue musculaire :** lorsque le muscle est soumis à l'action de plusieurs excitations successives, il se fatigue, la fatigue musculaire est caractérisée par une augmentation du temps de latence et de la durée de la secousse musculaire.
- **Muscle squelettique strié :** c'est le muscle par l'intermédiaire du tendon est fixé au squelette (d'où le nom de squelettique), il présente une striation longitudinale (le muscle est formé par plusieurs fibres sous forme de faisceaux), et une striation transversale (chaque fibre est sous forme d'une cellule géante plurinucléée contenant des myofibrilles qui sont formée de l'alternance de zones sombres et zones claires).
- **Tétanos :** contraction prolongée d'un muscle suite à des excitations successives.
- **Tétanos parfait :** c'est lorsque le muscle est soumis à des excitations successives de telle façon que la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de contraction de la première, on obtient un palier horizontal.
- **Tétanos imparfait :** c'est lorsque le muscle est soumis à des excitations successives de telle façon que la deuxième excitation est appliquée pendant la phase de relâchement de la première, on obtient un palier sinusoïdal.

pr.benhemied ayo

Exercices de restitution profonde des connaissances

Exercice 1

1) **Définir les termes suivants** : tétanos parfait, température retardée, sarcomère, phosphocréatine.
2) **Réalisez un dessin du sarcomère.**
3) **Citez les conditions de la contraction musculaire.**
4) **Citez les différentes voies de renouvellement d'ATP au niveau de la cellule.**

Exercice 2

1) **Répondez par vrai ou faux :**

A	La période nécessaire pour la contraction du muscle est plus longue que celle de son relâchement.
B	Le tétanos imparfait résulte de l'application de deux excitations très rapprochées.
C	La température retardée dure plus longtemps que la température initiale.
D	Durant l'activité musculaire, le débit sanguin augmente.
E	Les fibres musculaires représentent les cellules musculaires.
F	Chaque myofilament est composée des filaments d'actine et d'autre de Tropomyosine.
G	Le sarcomère est la distance entre deux zones H.
H	Les myofilaments fines d'actines sont formé de : myosine, actine G et troponine.
I	Chaque molécule de myosine est composée d'un bâtonnet et une tête de myosine.

2) **Choisir la bonne proposition :**

	I. Durant la contraction :
A	La zone claire disparue.
B	La zone sombre se raccourcie.
C	La zone H disparue.
	II. Le muscle se relâche lorsque :
A	L'ATP est épuisée.
B	Le Ca2+ retour dans le réticulum sarcoplasmique.
C	En absence d'O2 ou lorsqu'il est insuffisant.
	III. La voie aérobie :
A	Utilisé pour renouveler l'ATP durant les exercices musculaires courts.
B	La première voie déclencher lors d'une activité musculaire.
C	La voie la plus rentable pour la cellule.
	IV. La voie de créatinephosphate :
A	Voie anaérobie rapide.
B	Voie aérobie rapide.
C	Voie anaérobie moyenne.

3) **Classez chronologiquement les évènements de la contraction musculaire :**
   a. Fixation de Ca^{2+} sur les molécules de troponine.
   b. Formation du complexe acto-myosine.
   c. Glissement des myofilaments d'actine et raccourcissement du sarcomère.
   d. Hydrolyse d'ATP et retour des têtes de myosines à leur état initial.
   e. Libération de Ca2+ depuis le réticulum sarcoplasmique.
   f. Détachement d'ADP et tournement des têtes de myosine vers le centre de sarcomère.

Exercice 1

Afin de comprendre certaines anomalies génétiques liées à la contraction musculaire, on isole deux fibres musculaires : une normale **(fibre A)** et l'autre atteint par une anomalie génétique **(Fibre B)** caractérisé par la faiblisse de contraction musculaire. On excite les deux fibres dans les mêmes conditions puis on mesure le pourcentage de formation des complexes acto-myosine (liaisons entre les têtes de myosine et les myofibrilles d'actine) ainsi que la concentration intracellulaire en Ca^{2+} avant et durant la contraction musculaire, les résultats sont représentés dans la « figure a » du **document 1**. La « figure b » du document 1 montre la formation du complexe acto-myosine durant la contraction musculaire.

Fibres	Formation du complexe acto-myosine		Concentration intracellulaire de Ca2+	
	Avant la contraction	*Durant la contraction*	*Avant la contraction*	*Durant la contraction*
Fibre A	2%	92%	0,1 µmol/L	100 µmol/L
Fibre B	0%	10%	0,1 µmol/L	10 µmol/L

Figure a

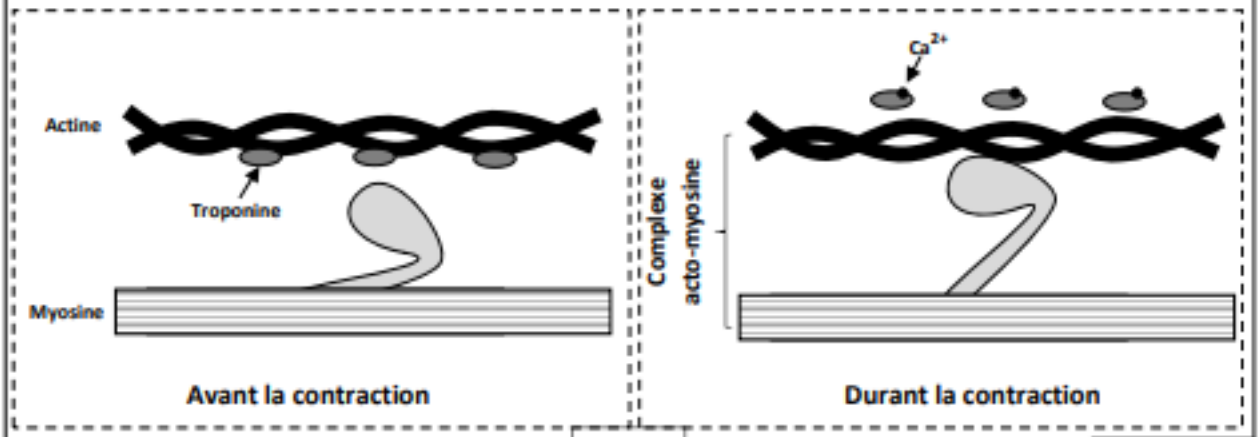
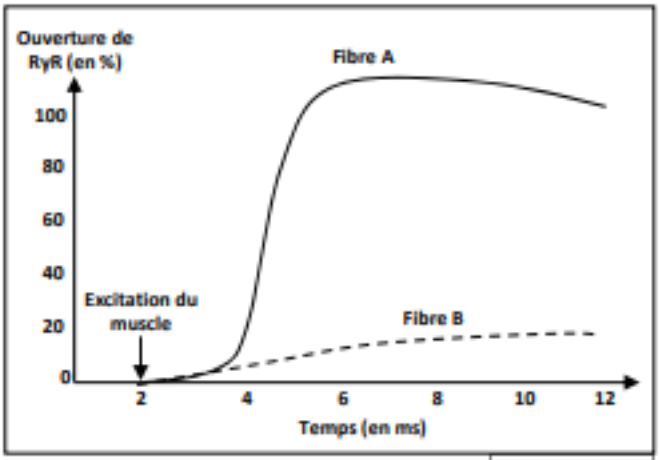


Figure b

Document 1

1) **Décrivez le tableau de la « figure a » document 1.**
2) **Proposez une hypothèse pour expliquer le faible pourcentage de formation du complexe acto-myosine chez la fibre B.**

Des analyses moléculaires chez la fibre B ont montrées l'existence **une déformation au niveau d'une protéine RyR** qui joue le rôle des canaux qui s'ouvrent durant la contraction musculaire et permet la sortie de Ca^{2+} depuis le réticulum sarcoplasmique. Le **document 2** montre les résultats de mesure du pourcentage d'ouverture de RyR chez les deux fibres A et B.



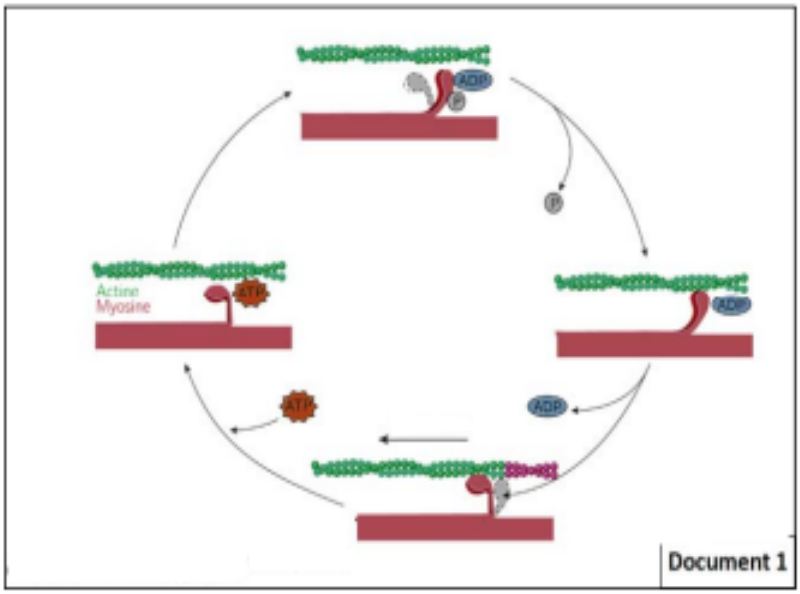
Document 2

3) **Décrivez le graphe puis expliquez la différence remarquée entre la fibre A et la fibre B au niveau de la concentration intracellulaire en Ca2+ (Document 1 figure a).**
4) **En se basant sur vos réponses, expliquez la faiblisse de contraction chez la fibre B.**

Exercice 2

Les muscles squelettiques striés sont des organes spécialisés composés de plusieurs fibres contractiles. Durant la contraction musculaire, les fibres raccourcissent en suivant un processus qui nécessite l'utilisation d'ATP, ce dernier est renouvelé constamment pour garantie la continuité de la contraction musculaire. Afin de comprendre les voies de renouvellement d'ATP au niveau des fibres musculaires et son rôle dans la contraction, on propose les données suivantes :

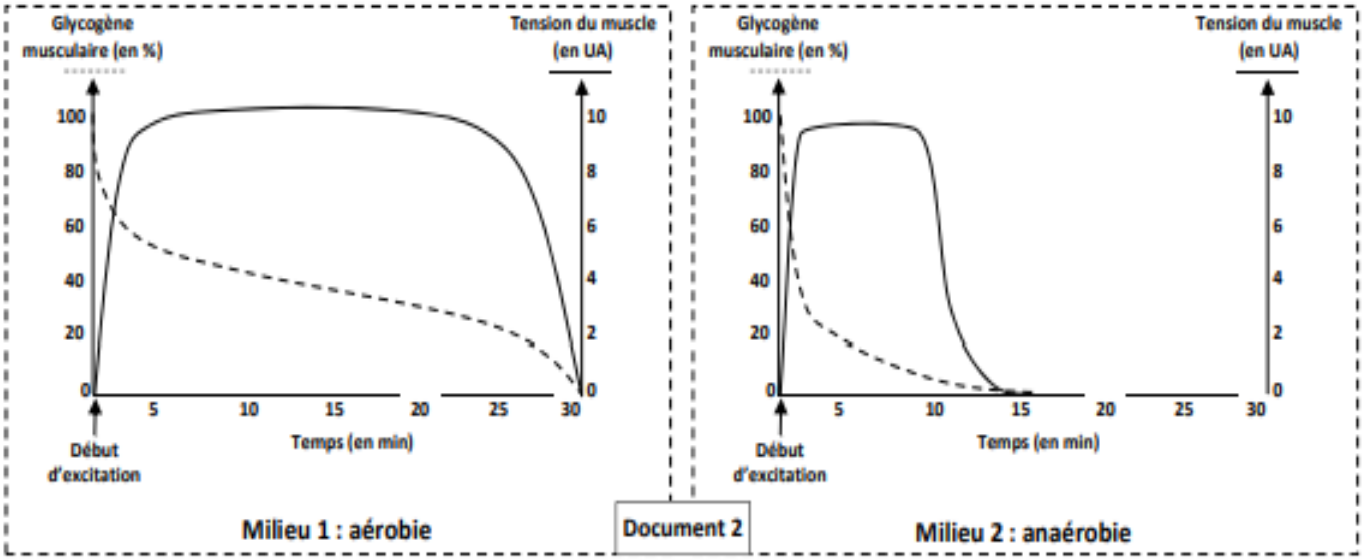
- **Donnée 1 : le document 1** représente un schéma explicatif des processus de la contraction musculaire.



Document 1

1) **Depuis le document 1, précisez le rôle d'ATP dans la contraction musculaire.**

- **Donnée 2 :** on mesure le pourcentage du glycogène musculaire chez deux muscles durant une contraction continue, l'un des muscles et mis dans un milieu aérobie (Milieu 1) alors que l'autre est mis dans un milieu anaérobie (Milieu 2), les résultats sont représentés dans le **document 2**.



Document 2

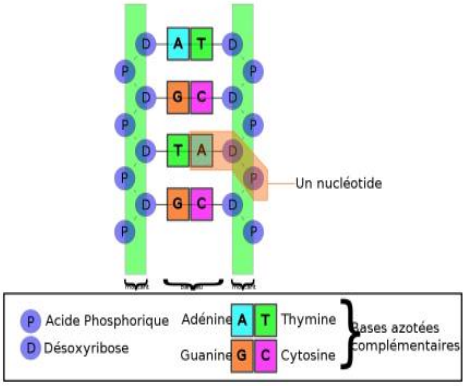
2) **Comparez la durée de la contraction musculaire et la vitesse de consommation du glycogène dans les muscles des deux milieux.**
3) **En se basant sur vos connaissances et les données précédente, expliquez les différences remarquées.**

La Nature et mécanisme de l’expression du matériel génétique - Transfert de l’information génétique au cours de la reproduction sexuée

Chapitre 1 : Notion de l'information génétique

❖ La localisation et la nature chimique de l'information génétique :

L'information génétique qui détermine les caractères héréditaires est localisée dans le noyau chez les organismes unicellulaires et pluricellulaires.
L'information génétique est codée dans l'ADN : Acide désoxyribonucléique.
L'ADN est composé de trois types de molécules : une base azotée ; un sucre à cinq atomes de carbone (le désoxyribose) ; un acide phosphorique.
Dans **l'ADN le rapport A+G/T+C** est **égal à 1** chez toutes les espèces.
Le modèle de la double hélice : L'ADN est constitué de deux Brins, enroulées en spirale : Les deux brins s'associent au niveau des bases par des liaisons hydrogènes. Ils sont **complémentaires et antiparallèles (Un brin 5'- 3' et l'autre 3'- 5').**



❖ Le rôle des chromosomes dans la transmission de l'information génétique d'une cellule à une autre

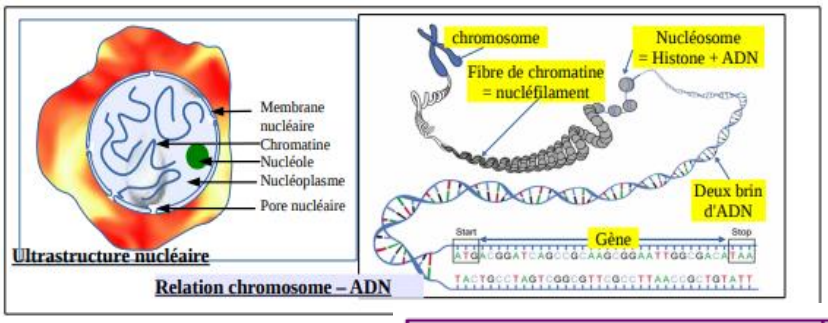
La multiplication cellulaire peut être obtenue par division cellulaire qu'on résume dans **un cycle cellulaire** qui comprend **l'interphase + la mitose.** Cette multiplication cellulaire peut être considérée comme **une reproduction asexuée.**

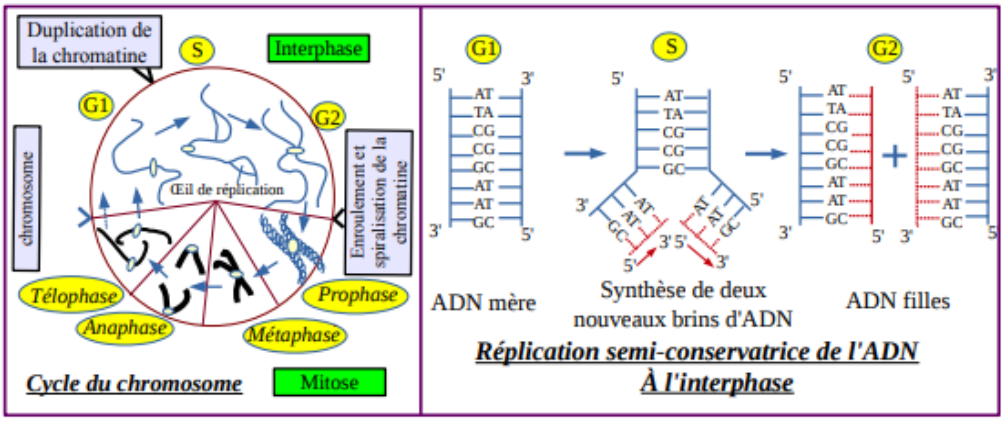
L'interphase :
- C'est la phase de préparation à la division. Elle comprend 3 étapes : **G1 – S – G2.** C'est pendant l'étape S que se duplique l'ADN d'une manière semi-conservatrice.
- la duplication de l'ADN se fait par **RÉPLICATION.**

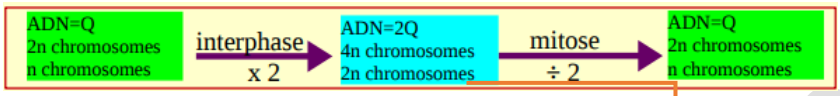
Caractéristique des étapes de l'interphase :
G1 : Présence du noyau (membre nucléaire + nucléole). La chromatine = **nucléofilaments simples.**
S : Présence du noyau (membre nucléaire + nucléole). La chromatine = **nucléofilaments avec des yeux de réplication.**
G2 : Présence du noyau (membre nucléaire + nucléole). La chromatine = **nucléofilaments dupliqués.**

La mitose :
- C'est **une division cellulaire** qui donne à partir d'une cellule **mère** deux **cellules filles identiques** entre elles et identiques à la cellule mère c'est-à-dire qu'elle est **conservatrice.** Elle passe par 4 étapes : **Prophase, métaphase, anaphase et télophase.**
- La mitose est **une reproduction conforme** car l'information génétique se transmet d'une manière **constante** de génération en génération. Ces cellules identiques constituent **un clone.**

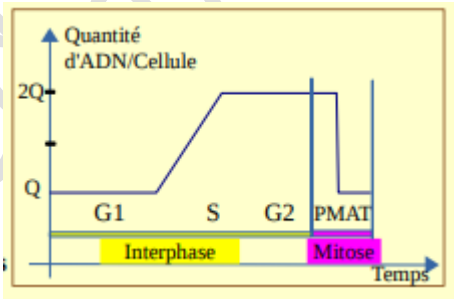
Caractéristiques de la mitose : http://viasvt.fr/anim-mitose/anim-mitose.html
Prophase : **"Disparition"** de la membrane nucléaire et du nucléole. **Présence de chromosomes éparpillés** à deux chromatides. Début de **formation du fuseau achromatique.**
Métaphase : Présence de **chromosomes** à **deux chromatides alignés** (organisés) sous forme de **plaque équatoriale** entre les fibres du fuseau achromatique.
Anaphase : Présence de **chromosomes à une seule chromatide**. **Migration polaire** des chromosomes fils **après clivage** des centromères vers les deux pôles cellulaires.
Télophase : Présence de **chromosomes à une seule chromatide ou de chromatine**. Apparition de deux cellules filles suite à **une cytodiérèse.**







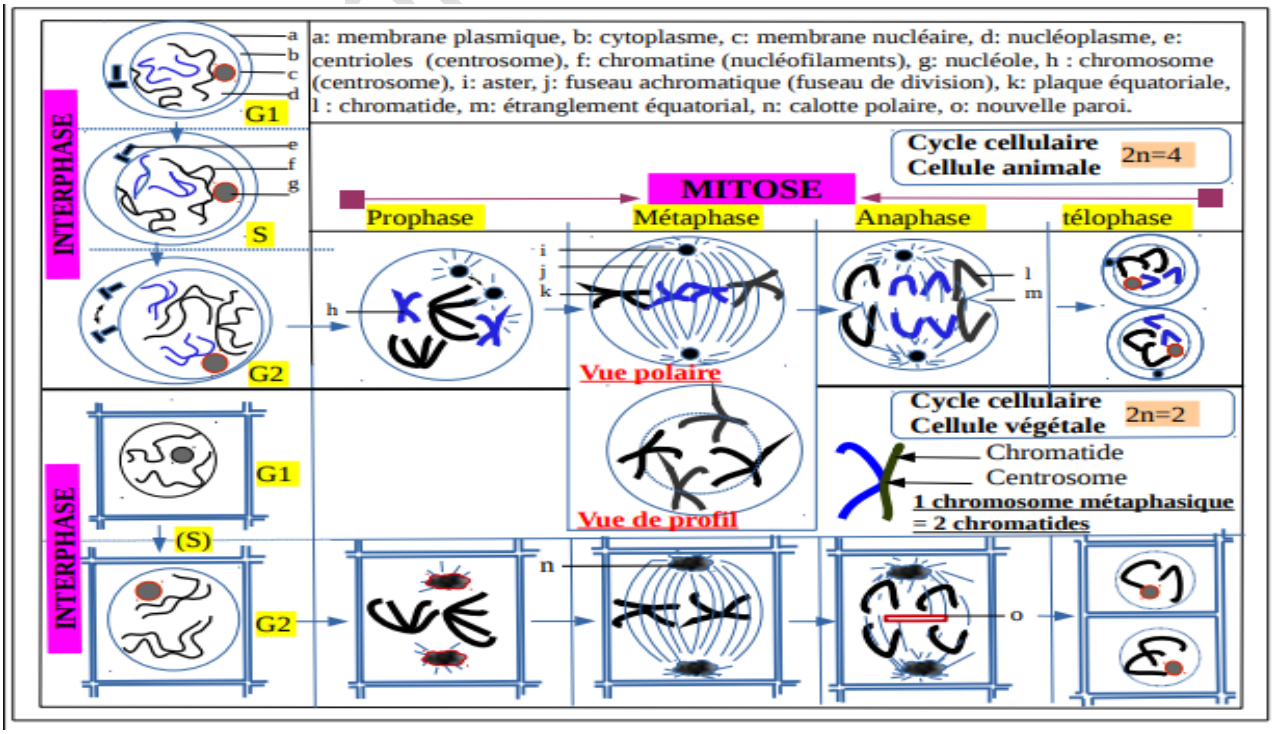
http://viasvt.fr/cycle-cellulaire-adn/cycle-cellulaire-adn.html

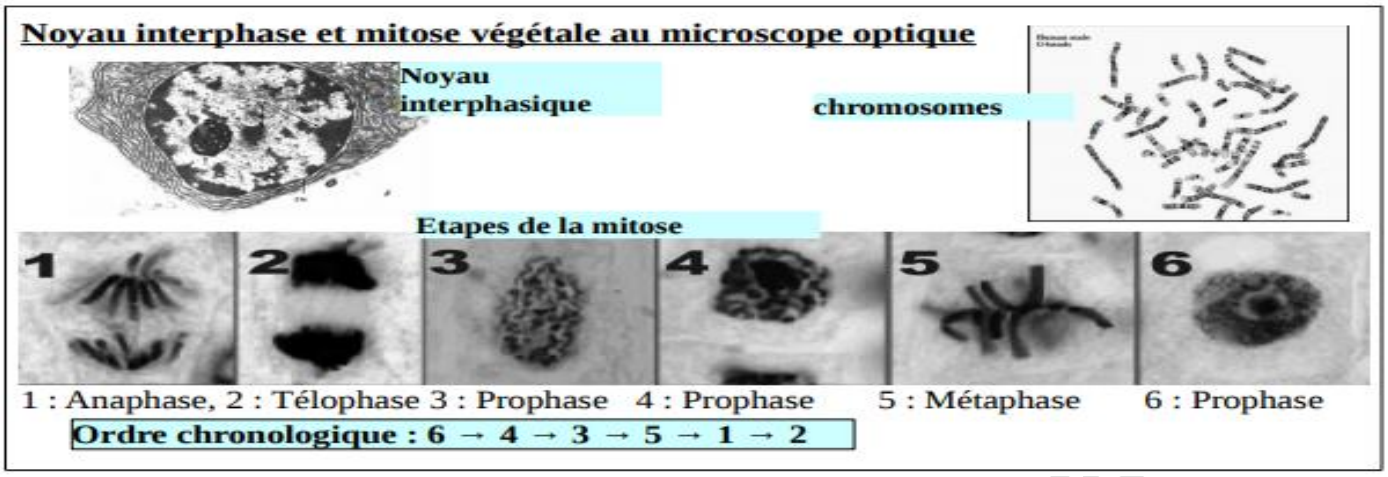


Différence entre mitose animale et mitose végétale :

+ Mitose animale : Fuseau achromatique **entre deux asters** + cytodiérèse par étranglement équatorial.

+ Mitose végétale : Fuseau achromatique entre **deux calottes polaires** + cytodiérèse par apparition d'une nouvelle paroi médiane.





Mécanisme de la réplication :

- Pendant la phase S de l'interphase, plusieurs fourches de réplication apparaissent tout le long de la molécule d'ADN, sont des régions de séparation des deux brins de l'ADN par suppression des liaisons hydrogènes entre les bases azotées.
- La réplication se fait par l'ADN polymérase qui assure la formation de deux brins néoformés complémentaires aux brins de l'ADN mère (A/T et G/C).
- La réplication de l'ADN se fait selon un modèle semi conservatif : Une molécule d'ADN dupliquée donne naissance à 2 molécules d'ADN constituées chacune d'un brin d'ADN mère (la matrice) et d'un brin néoformé.

La relation entre la réplication de l'ADN et la réplication des chromosomes :

La réplication de l'ADN entraine l'apparition des chromosomes dédoublés. Chaque chromosome est constitué de deux chromatides sœurs identiques (comportant chacun la même information génétique).

❖ Caryotype humain :

- Chez le mâle humain ; la garniture chromosomique est représentée par la formule :

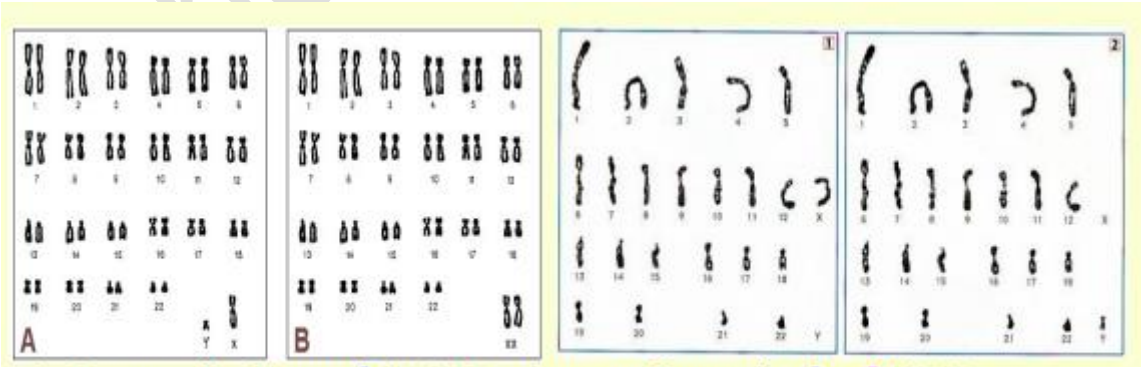
2n = 46 = 44 A + XY [ou 22 AA + XY ou 44, XY]

Ses gamètes mâles ou spermatozoïdes : **n = 23 = 22 A + X** et **n = 22A + Y.**

- Chez la femelle humaine ; la garniture chromosomique est représentée par la formule :

2n = 46 = 44 A + XX [ou 22 AA + XX ou 44, XX]

Ses gamètes femelles ou ovules : **n = 23 = 22 A + X.**



A : Caryotype d'un homme ♂ (44, XY) 1 : Caryotype d'un gamète ♂ ou ♀ (22, X)
B : Caryotype d'une femme ♀ (44, XX) 2 : Caryotype d'un gamète ♂ (22, Y)

Benhemied Ayoub

Définitions :

- **Les chromosomes :** sont des structures cellulaires permanentes mais qui n'apparaissent qu'au cours de la mitose à partir de la chromatine, et formés essentiellement de nucléofilaments d'ADN associés à des protéines (Histones).
- **Les autosomes :** Chromosomes appartenant à l'une des paires qui sont semblables dans les deux sexes.
- **Les gonosomes :** Chromosomes sexuels, c'est-à-dire appartenant à la paire qui est constitué de façon différente dans les deux sexes.
- **Garniture chromosomique :** Une photographie au microscope des chromosomes métaphasique de la cellule après traitement avec la cholchicine (arrêt de la division cellulaire au stade de la métaphase), coloration et fixation à l'alcool.
- **Caryotype :** c'est une garniture chromosomique ordonnée, c'est l'ensemble de chromosomes métaphasique d'un individu classés selon la taille, l'emplacement du centromère et la disposition des bandes.
- **Acide désoxyribonucléique (ADN) :** c'est le support de l'information génétique, elle est formée de deux brins antiparallèles de nucléotides sous forme de double hélice.
- **Nucléotide :** c'est l'association d'un ribose (sucre (C5)), une base azotée et un acide phosphorique. C'est l'unité structurale de l'ADN et de l'ARN sauf que dans la molécule d'ADN le sucre un désoxyribose (absence d'un atome d'O2.
- **Nucléoside :** c'est l'association du ribose + une base azotée.
- **Mitose :** c'est la division d'une cellule en deux cellules filles identiques entre elles et à la cellule mère, elle se déroule en 4 étapes : prophase, métaphase, anaphase et télophase.
- **Cycle cellulaire :** c'est la période pendant laquelle se succèdent l'interphase et les 4 étapes de la mitose, sa durée varie d'une espèce à une autre.
- **Diploïde :** se dit d'une cellule dont les chromosomes sont tous en double exemplaire c-à-d les chromosomes sont deux à deux semblables les cellules possèdent tous les gènes en double exemplaire.
- **Haploïde :** se dit d'une cellule possédant un seul exemple de chaque chromosome, chaque gène se trouve donc dans la cellule en un seul exemplaire.
- **Réplication d'ADN :** appelée aussi la duplication d'ADN qui se fait pendant la phase S de l'interphase, c'est un processus au cours duquel l'ADN est synthétisé grâce à l'ADN polymérase. Ce mécanisme permet d'obtenir, à partir d'une molécule d'ADN, deux molécules identiques entre elle et à la cellule mère.
- **Hélicase :** c'est une enzyme qui intervient dans la réplication de la molécule d'ADN, elle sépare les deux brins d'ADN en découpant les liaisons hydrogènes entre les bases azotées.
- **L'ADN polymérase :** c'est complexe enzymatique qui intervient dans la réplication de l'ADN. Elle est responsable de la polymérisation des bases azotées en utilisant le brin ancien de l'ADN. L'ADN polymérase synthétise le brin complémentaire toujours dans le sens 5' vers 3' pour le brin en création.
- **Fragment d'Okazaki :** le brin d'ADN orienté 3' 5' est synthétisé lors de la réplication d'ADN d'une façon discontinue sous forme de fragments d'ADN appelés fragments d'Okazaki.

Exercices de restitution profonde des connaissances

I - Définir les expressions suivantes :

1 - L'information génétique.
2 - La mitose.
3 - les chromosomes;
4 - L'acide desoxyribonucléïque ADN.
5 - Le cycle cellulaire.
6 - La mutation.
7 - Le gène.
8 - L'allèle.
9 - La transcription.
10 - La traduction.
11 - Le caryotype.

II - Questions à choix multiples (QCM) :

1 - Un gène est :

a - Une séquence nucléotidique qui code une séquence d'acides aminés dans la cellule.

b - Une séquence nucléotidique qui code plusieurs séquences différentes d'acides aminés dans la cellule.

c - Un ensemble de séquences nucléotidiques qui codent une séquence d'acides aminés dans la cellule.

d - L'ensemble des molecules d'ADN de tous les chromosomes de la cellule.

2 - La transcription de l'ADN nécéssite :

a - L'intervention d'ADN polymèrase et produit une molécule d'ARNm .

b - L'intervetion d'ADN polymèrase et produit deux molécules d'ADN.

c - L'intervetion de l'ARN polymèrase et produit une molécule d'ARNm .

d - Lintérvention de l'ARN polymérase et produit deux molécules d'ADN.

3 - La mitose chez une cellule diploïde :

a - Est caractérisée par une prophase où il ya apparition des nucléoles et d'une paroi nucléaire.

b - Produit 4 cellules haploïdes.

c - Est un phénomène continue comportant quatre phases.

d - Assure une transmision conforme de l'information génétique.

4 - L'acide desoxyribonucléïque ADN :

a - Est constitué d'un seul brin de nucléotides.

b - Est formé de deux brins de nucléotides antiparallèlles.

c - Constitue le support de l'information génétique dans la cellule.

d - Est une séquence de quatres types différents de nucléotides.

5 - Le nucléotide :

a - Est formé de : Phospholipide + Désoxyribose + base azotée.

b - Est formé de : Acide phosphorique + Désoxyribose + base azotée.

c - Est l'unité structurale du brin d'ADN.

d - Est l'unité structurale des protéïnes.

6 - Le codon est :

a - Une séquence de trois nucléotides sur l'ADN.

b - Une séquence de trois nucléotides sur l'ARNm.

c - Une séquence de trois nucléotides sur l'ARNt.

d - l'unité de base du code génétique.

7 - La transcription de l'ADN :

a - Nécéssite la présence de l'ARN polymerase.

b - Se déroule au niveau des ribosomes.

c - Produit seulement de l'ARNm.

d - Se produit seulement pendant G1 de l'interphase.

8 - Dans le noyau de la cellule :

a - L'ADN est associé à des protéïnes.

b - Il ya duplication de l'ADN pendant la prophase de la mitose.

c - Il ya transcription de l'ARN en ADN pendant l'interphase.

d - Les nucléoles disparaissent pendant la prophase de la mitose.

9 - La mutation:

a - Ne se produit pas dans les cellules végétatives de l'organisme.

b - Peut se produire dans toute cellule de l'organisme.

c - Il en résulte toujours un nouvel allèle du gène.

d - Elle est toujours prévisible.

III - Répondre par «vrai» ou «faux»:

1 - Contrairement aux cellules embroyonaires, les cellules adultes sont génétiquement très différentes.

2 - Les chromosomres ne sont observables au microscope qu'au cours de la mitose.

3 - Le code génétique est constitué par l'ensemble des codons présents sur une molécule d'ARNm.

4 - Les différents ARN de transfert peuvent se lier à n'importe quel codon de l'ARNm.

5 - Les codons d'ARNm ne sont pas tous traduits en acides aminés.

6 - Au niveau de la chaine nucléosomique d'une cellule eucaryote en phase G_2 d'interphase, on peut observer des fourches de réplication.

7 - L'assemblage d'une chaine polypéptidique débute toujours par la mise en place de l'acide aminé méthionine.

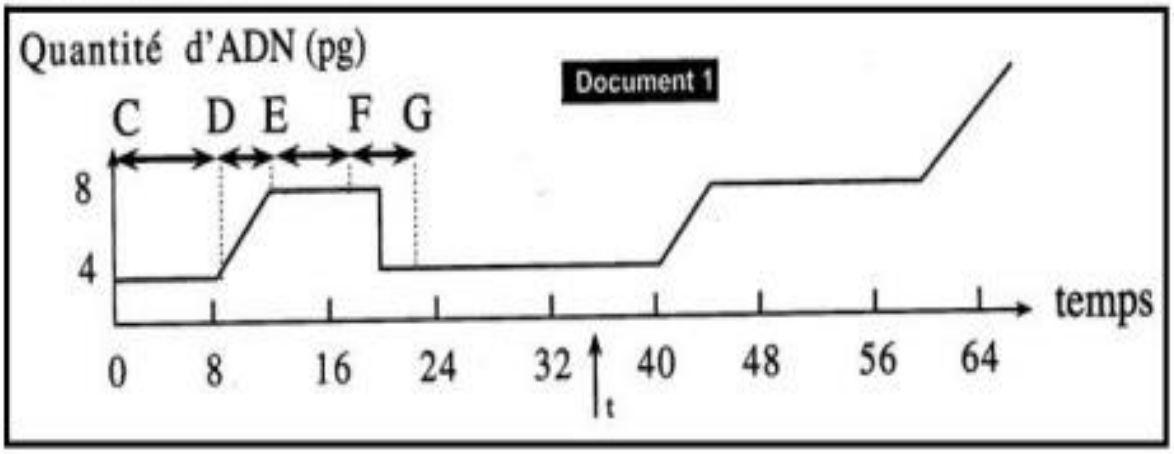
8 - Scientifiquement, on désigne toute division cellulaire par le mot mitose.

Exercices de raisonnement scientifique

EXERCICE N° 1 :

On fait cultiver des cellules somatiques d'un animal dans un milieu nutritif, et on mesure la quantité d'ADN dans ces cellules.

En temps t, on ajoute au milieu une substance : la colchicine. Les résultats sont représentés dans le document 1.

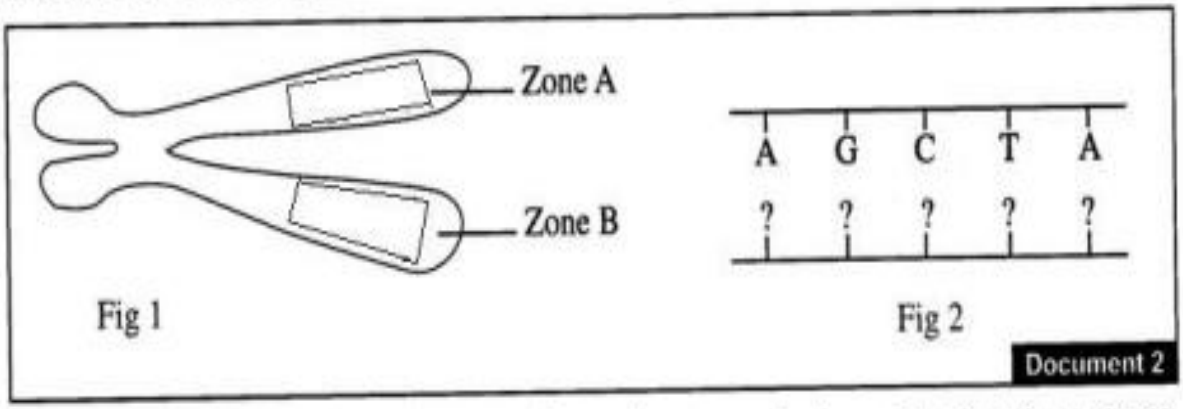


Document 1

1 - Que représente chacun des stades : CD , DE , EF , et FG.

2 - Quelle action a la colchicine sur la variation de la quantité d'ADN, et comment l'expliquer ?.

La figure 1 du document 2 est un schèma simplifié d'un chromosome obsérvé au cours d'une phase du stade FG du document 1, alors que la figure 2 du document 2 représente une fraction d'ADN correspondante de la zone A de la figure 1.



Document 2

3 - Compléter la figure 2 du document 2, et présenter sur la figure 1 les fractions d'ADN correspondantes aux zones A et B.

Chapitre 2 : L'information & expression génétique

Définition :

L'expression génétique : C'est la relation qui lie l'information génétique aux caractères héréditaires. Elle comprend deux étapes principales : la transcription et la traduction.

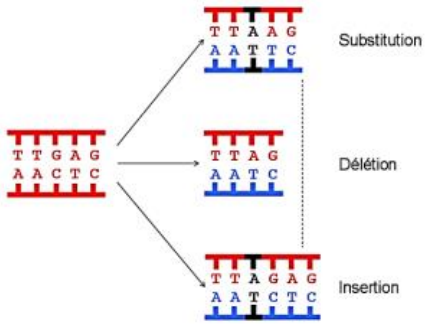
Un gène : est une portion d'ADN responsable d'un caractère héréditaire, situé dans le même endroit chez tous les individus de même espèce.

Un allèle : représente les différentes formes que peut avoir un même gène dans une espèce.

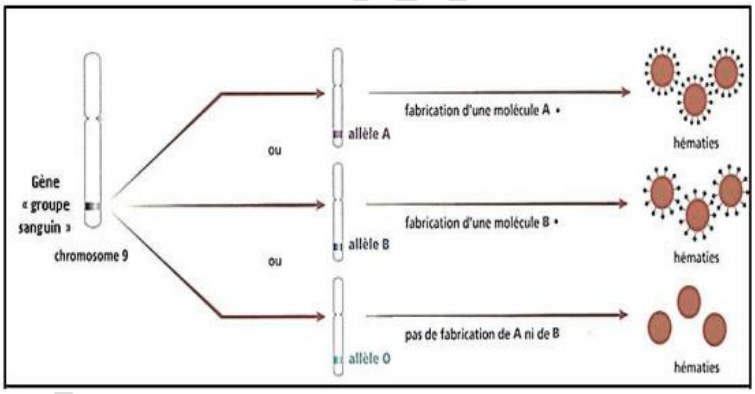
Un caractère héréditaire : caractère transmissible d'une génération à une autre.

La mutation : changement brusque de l'information génétique par substitution (remplacement d'une base par une autre), délétion (suppression d'un ou plusieurs nucléotides) ou addition (ajout un ou plusieurs nucléotides).

L'ARNm : molécule intermédiaire qui véhicule l'information génétique du noyau (au contact de l'ADN) vers le cytoplasme (lieu de la synthèse des protéines). Raison pour laquelle il est qualifié de messager.



Les types de mutation:



ÉTAPES DE L'EXPRESSION GÉNÉTIQUE :

La transcription : ADN → ARNm

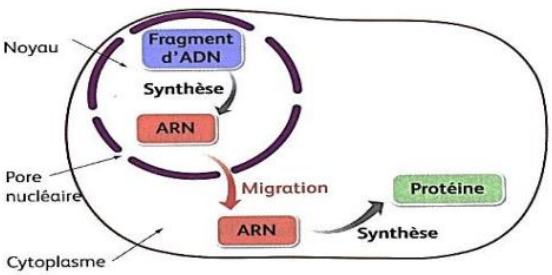
+ La transcription se produit dans le noyau et permet la formation de l'ARNm messager.

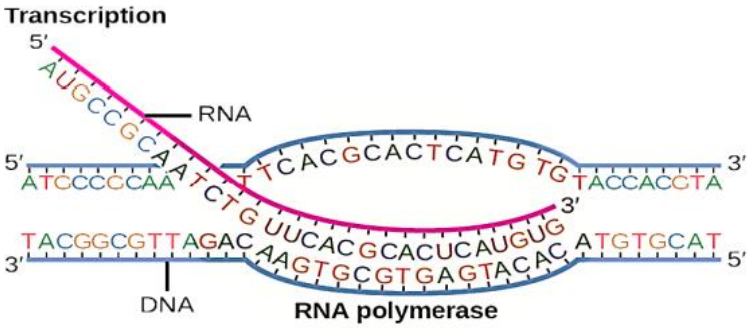
+ L'ouverture de l'ADN du gène se fait par rupture des liaisons hydrogènes entre bases complémentaires grâce à l'enzyme : **hélicase.**

+ La polymérisation (l'assemblage) des nucléotides libres se fait de manière complémentaire grâce à l'enzyme : **ARN-polymérase.** Les bases (AUCG) de **l'ARN** vis-à-vis des bases (TAGC) de **l'ADN.**

+ Un Seul brin d'ADN est transcrit : c'est le brin codant.

+ L'élongation de l'ARNm se fait toujours dans le sens : 5'→ 3'.



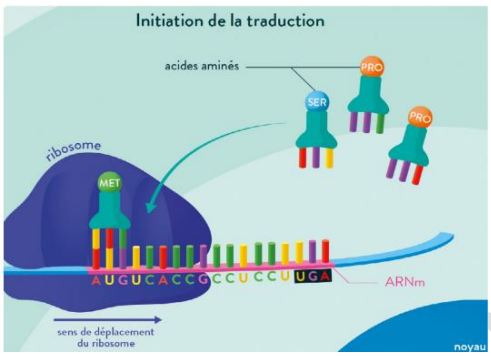


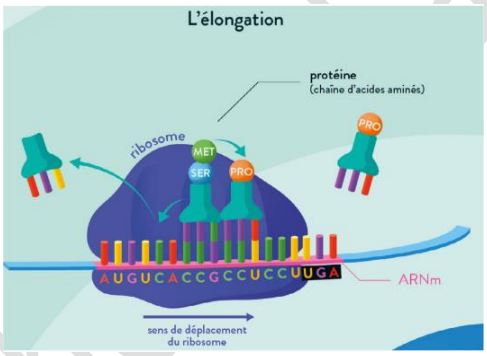
Le brin transcrit est le brin d'ADN complémentaire de l'ARN : c'est le brin qui sert à la synthèse de l'ARN.
Le brin non transcrit, il a exactement la même séquence nucléotidique que l'ARNm mais avec des U à la place des T.

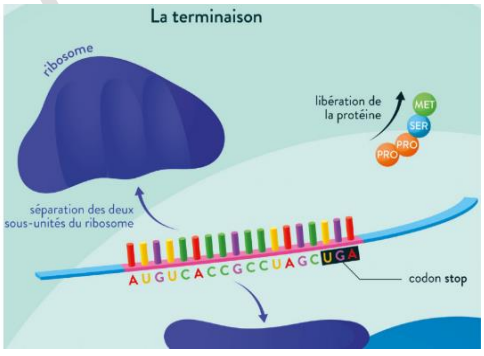
La traduction : ARNm → Protéine (polypeptide)

+ La traduction se fait dans le cytoplasme et permet la formation de la protéine par polymérisation des acides aminés.
+ La synthèse de la protéine se fait au niveau **des polysomes (= Ribosomes + ARNm).**
+ Le transfert des acides aminés se fait grâce **à l'ARNt**.
+ Il y a correspondance stricte entre **le codon de l'ARNm** et **l'anticodon de l'ARNt**.
+ La traduction de l'ARNm se fait toujours dans **le sens : 5'→ 3'.**

La traduction de l'ARNm passe par ***trois étapes*** :
- L'initiation : Elle débute toujours par **le codon AUG** qui correspond à l'acide aminé **Methionine.**
- L'élongation : Elle correspond à l'intégration successive **des liaisons peptidiques** entre **les acides aminés.**
- La terminaison : **Elle s'arrête** aux codons stop : **UAA, UAG et UGA**. Aucun acide aminé ne sera intégré.







Les mutations :

Toute modification **du nombre, de la nature ou la succession des bases azotées du gène** peut entraîner une modification du caractère héréditaire qui lui correspond. ***La forme originale du gène*** est dite ***allèle sauvage*** et *la forme modifiée* est dite ***allèle mutant.***
+ On distingue les mutation allélique (=ponctuelle) qui modifie le nombre, la nature ou la succession des bases azotées des mutation chromosomiques qui modifie le nombre ou la structure des chromosomes.
+ Les mutations peuvent être de substitution **(=remplacement)**, d'addition **(=insertion),** de délétion **(= perte)** ou de transfert.
+ Les mutations sont classées en : **silencieuse** (mêmes acides aminés), **faux-sens** (acides aminés différents), **non-sens** (au lieu de l'acide aminé on aura le signal **STOP**).

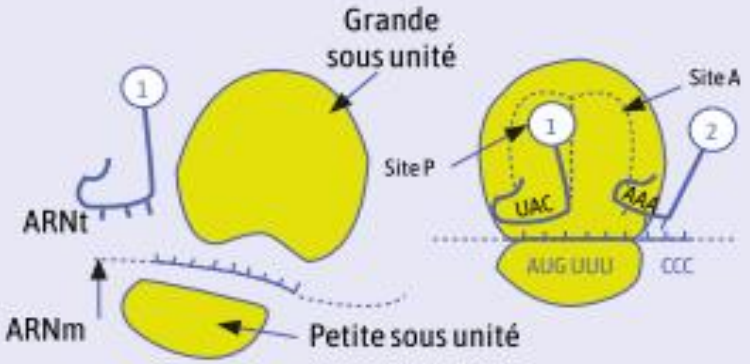
Pr. Benhemied Ayoub

Exercices de restitution profonde des connaissances

Exercice 1 :

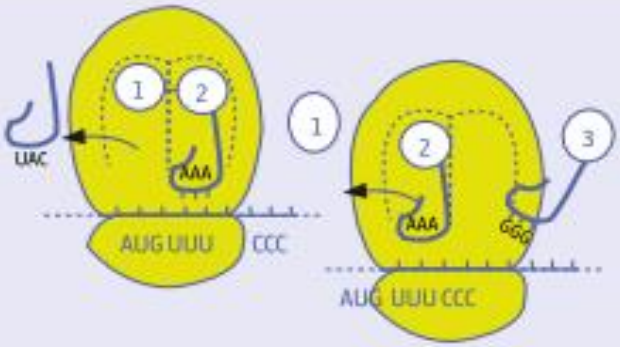
1. Définissez les notions suivantes : Allèle - Mutation
2. Les caractéristiques des chromosomes (forme et disposition) changent selon les phases de la mitose et la méiose. Citez deux de ces caractéristiques pour chacune des deux phases suivantes:
   a – l'anaphase I de la méiose. b – l'anaphase de la mitose.
3. Les figures ci-dessous présentent trois étapes d'un phénomène biologique en relation avec l'expression de l'information génétique. Donnez le nom du phénomène présenté par les trois étapes et le nom de chacune des étapes 1, 2 et 3.

Etape 1

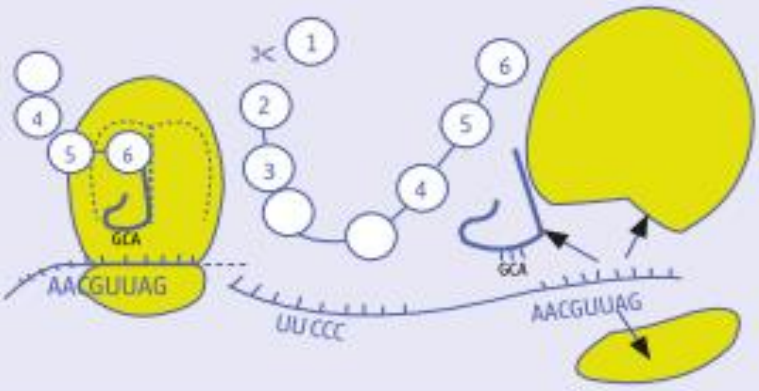


Les acides aminés : 1 = Met 2 = Phe 3 = Pro 4 = Gly 5 = Lys 6 = Arg

Etape 2



Etape 3



1. Le brassage interchromosomique lors de la méiose résulte de la répartition indépendante et aléatoire :

a- Des chromosomes homologues pendant l'anaphase I.

b- Des chromosomes homologues pendant l'anaphase II.

c- Des chromatides pendant l'anaphase I.

d- Des chromatides pendant l'anaphase II.

2. Durant la métaphase de la mitose, chaque chromosome est formé :

a- D'une seule chromatide constituée de deux brins d'ADN.

b- De deux chromatides constituée chacune d'un brin d'ADN.

c- De deux chromatides constituée chacune de deux brins d'ADN.

d- De deux chromatides l'une constituée d'un seul brin d'ADN et l'autre de deux brins d'ADN.

3. Dans le cas du monohybridisme, le croisement entre un individu homozygote récessif et un individu hétéro- zygote donne :

a- 25% de phénotype récessif et 75% de phénotype dominant.

b- 75% de phénotype récessif et 25% de phénotype dominant.

c- 25% de phénotype récessif, 50% de phénotype intermédiaire et 25% de phénotype dominant.

d- 50% de phénotype récessif et 50% de phénotype dominant.

4. Au cours de la réplication de l'ADN :

a- La double hélice parentale reste intacte et une deuxième copie entièrement nouvelle est synthétisée.

b- Chaque brin des deux molécules d'ADN formées contient des fragments anciens et des fragments nouvellement synthétisés.

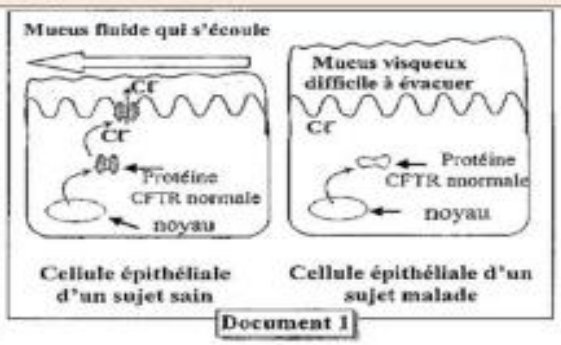
c- Les deux brins de la double hélice parentale se séparent et chacun d'eux sert de modèle pour la synthèse d'un nouveau brin complémentaire.

d- La double hélice parentale ne sert pas à la synthèse des deux nouvelles copies d'ADN.

Exercice 1 :

La mucoviscidose est une maladie génétique caractérisée par la production de mucus visqueux par les cellules épithéliales surtout au niveau pulmonaire et digestif. Afin de déterminer l'origine génétique de cette maladie on présente les données suivantes :

- En 1989 des chercheurs ont établi la relation entre les symptômes de la mucoviscidose et une protéine membranaire CFTR. Cette protéine permet la sortie des ions Cl^-, nécessaire à la production d'un mucus fluide. Le document 1 présente la relation entre l'état de cette protéine et le degré de fluidité du mucus chez un sujet sain et un autre atteint de mucoviscidose.



Document 1

1. En exploitant les données du document 1, **montrez** l'origine des symptômes de la maladie puis **déduisez** la relation protéine – caractère. (1pt)

- la synthèse de la protéine CFTR est contrôlée par un gène qui porte le même nom. Le document 2 présente deux fragments de l'allèle CFTR (brins transcrits), l'un chez un sujet sain et l'autre chez un sujet atteint de la mucoviscidose. le document 3 présente un extrait du tableau du code génétique.

Numéro du triplet:	505	508	511
Fragment de l'allèle CFTR d'un sujet sain:	TTA-TAG-TAG-AAA-CCA-CAA-AGG		
Fragment de l'allèle CFTR d'un sujet malade:	TTA-TAG-TAG -CCA-CAA-AGG		

→ Sens de lecture

Document 2

Codons	AAU AAC	AUC AUA	UUU UUC	GGU GGA	GUU GUC	UCC UCG	UGA UAA
Acides aminés	Asn	Ile	Phe	Gly	Val	Ser	Non sens

Document 3

2. En vous basant sur les documents 2 et 3, **donnez** les séquences de l'ARNm et des acides aminés correspondant à chacun des fragments de l'allèle CFTR chez le sujet sain et chez le sujet malade, puis **expliquez** l'origine génétique de la mucoviscidose. (1.5 pts)

Exercice 2 :

La rétinite pigmentaire est une maladie génétique qui atteint les yeux. Elle se caractérise par une dégénérescence de la rétine et une perte progressive de la vision évoluant généralement vers la cécité.

A fin de mettre en évidence l'origine génétique de cette maladie, on propose l'étude suivante:

- Plusieurs formes de cette maladie sont liées à une anomalie de la synthèse d'une protéine « la rhodopsine ». Le locus du gène, qui contrôle la synthèse de cette protéine, est situé sur le chromosome numéro 3.

  La figure (a) du document 1 présente un fragment du brin transcrit du gène responsable de la synthèse de la « rhodopsine » chez deux individus, l'un à phénotype normal et l'autre est atteint de la rétinite pigmentaire. La figure (b) présente un extrait du tableau du code génétique.

Chez un individu sain

21	22	23	24	25	26
CGC	AGC	CCC	TTC	GAG	TAC

Chez un individu malade

21	22	23	24	25	26
CGC	AGC	CAC	TTC	GAG	TAC

→ Sens de lecture

Figure (a)

codons	UAG UGA	GGG GGU	GCG GCC	GUG GUA	CUC CUA	AAG AAA	AUG	UCG UCA
Acides aminés	Codon stop	Gly	Ala	Val	Leu	Lys	Met	Ser

Figure (b)

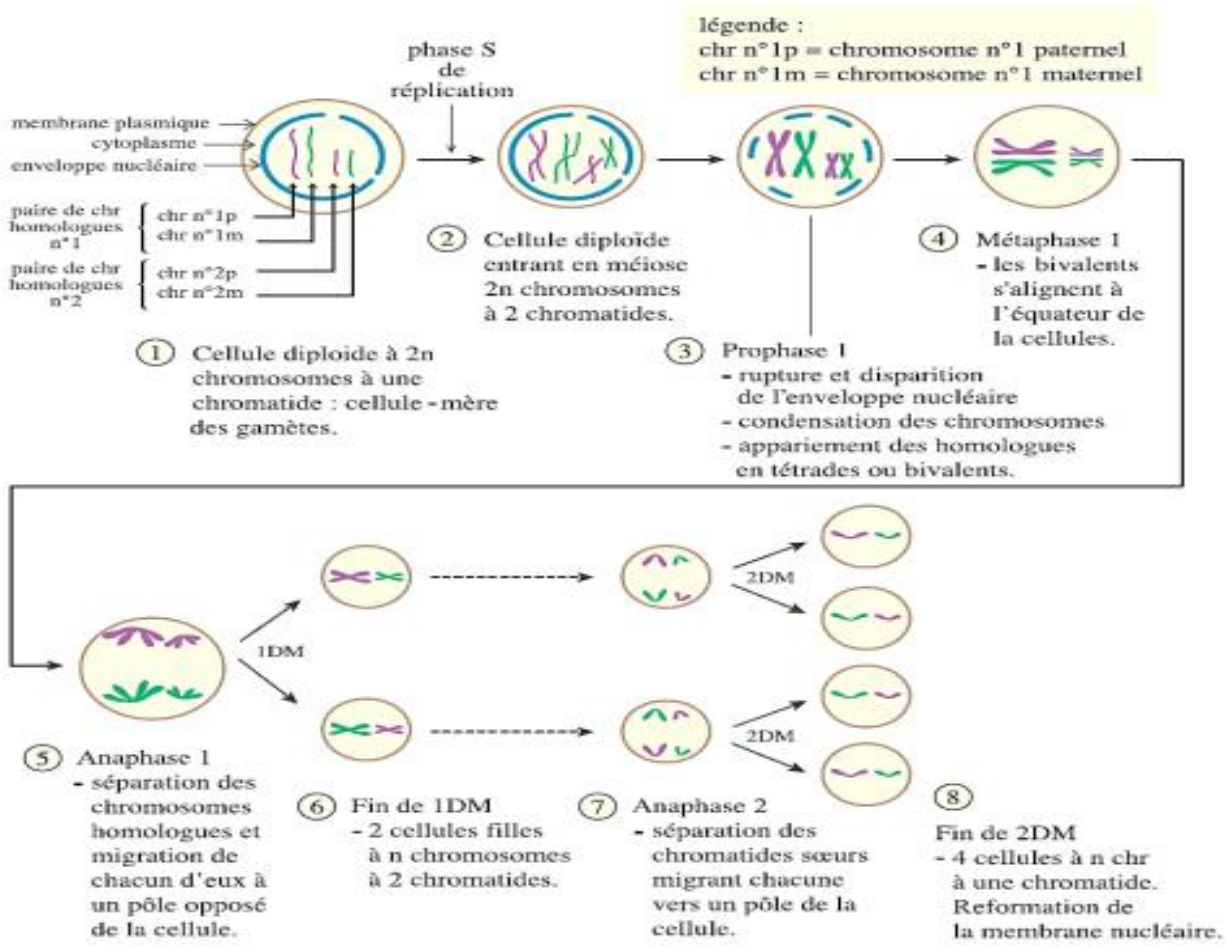
Document 1

1- En vous basant sur les deux figures du document 1, **déterminez** la séquence de l'ARNm et celle de la chaîne peptidique de la rhodopsine chez l'individu sain et chez l'individu malade puis **montrez** la relation gène – protéine – caractère.

Chapitre 3 : La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

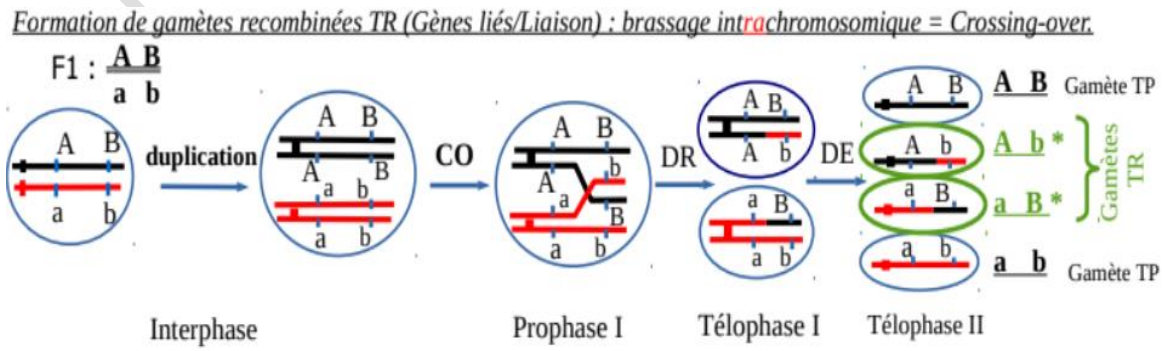
Définition :

La méiose : un ensemble de deux divisions cellulaires successives, la première est réductionnelle, assure le passage d'une cellule à 2n chromosomes à deux cellules à n chromosomes. La deuxième est équationnelle donne quatre cellules à n chromosomes à partir de deux cellules à n chromosomes.

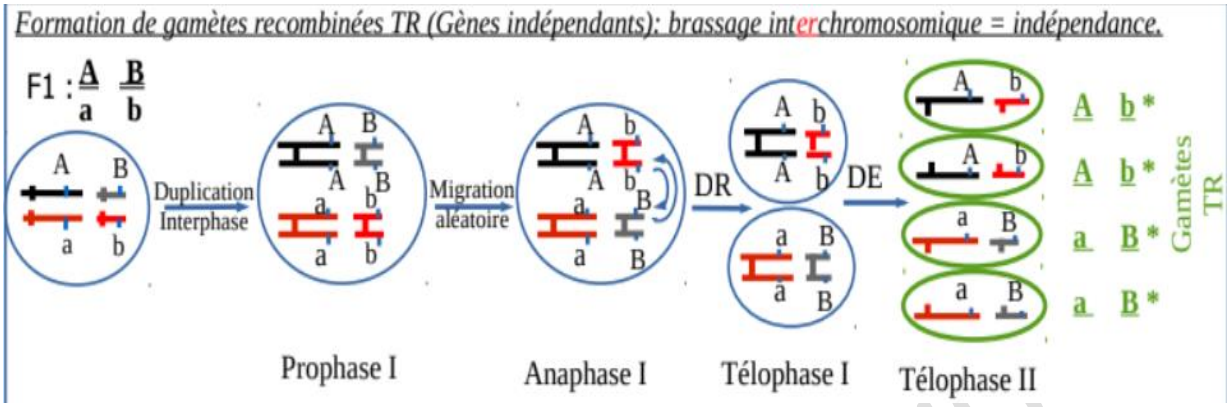


❖ Le brassage des allèles : phénomène responsable de la diversité génétique

Le brassage intrachromosomique (Le crossing-over) : est **un échange de segments de chromatides** non-sœurs **des chromosomes homologues** au cours de **la prophase I de la méiose.**



Le brassage interchromosomique (la ségrégation indépendante des chromosomes) : Résulte de **l'alignement des paires d'homologues *au hasard le long de la plaque équatoriale*** au cours de **la métaphase I de la méiose.** Les membres maternel et paternel de n'importe quelle paire d'homologue sont répartis dans les gamètes indépendamment de l'autre paire.



Remarque : Le rôle de la méiose et de la fécondation dans la reproduction sexuée :

- ✓ Le maintien du caryotype (la constance du nombre des chromosomes).
- ✓ La diversité biologique.

pr.benhemied ayc

Chapitre 4 : Les lois statistiques de la transmission des caractères génétiques chez les diploïdes

Notion :

Monohybridisme : étude de la transmission d'un seul caractère héréditaire, la transmission d'un couple d'allèle.

Dihybridisme : étude de la transmission de deux caractères héréditaires, la transmission de deux couples d'allèles.

Lignée pure : individu qui pour un caractère donné possède dans les deux chromosomes homologues les deux mêmes allèles (homozygote) : Quand une plante de lignée pure est auto- fécondée, toute sa descendance a le même phénotype que la plante-mère

Lignée sauvage : individu présentant un caractère très courant dans la nature. (Opposition du caractère mutant)

Hybridation : croisement entre deux individus de lignées pures et de même espèce, donnant des descendants hybrides (hétérozygote)

Croisement-test (test -cross/croisement en retour) : croisement entre un individu récessif avec un individu à génotype inconnu ou qui est hybride.

Croisement réciproque : deux croisements impliquant deux parents dans lesquels, on change les phénotypes des parents on fonction de leur sexe (croisement 1 : mâle : [A] × femelle : [B] – croisement 2 : mâle : [B] × femelle : [A])

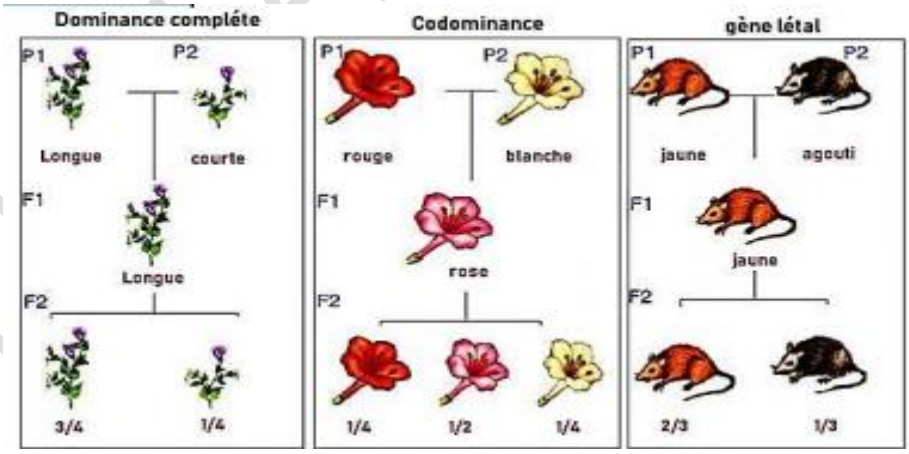
❖ Les modes de transmission des caractères héréditaires :

✓ Monohybridisme :

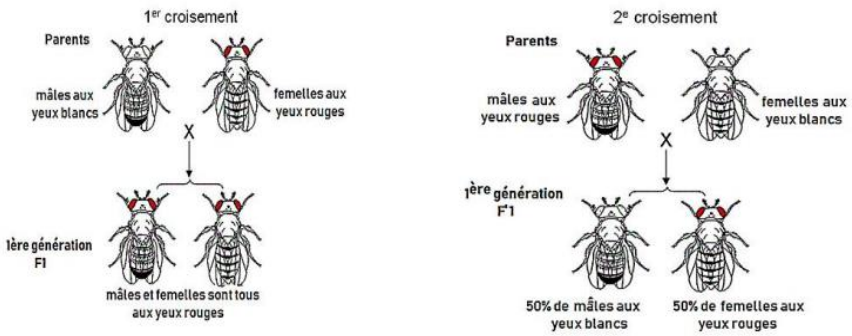
1- La dominance complète : La descendance issue d'un croisement donné, présente le phénotype de l'un des deux parents.

2- La Codominance : La descendance issue d'un croisement donné, présente un phénotype intermédiaire de celui des deux parents.

3- Le gène létal : Un allèle létal provoque la mort à un stade précoce du développement de sorte que certains génotypes n'apparaissent pas dans la descendance.



4- Le Gène lié au sexe : La descendance issue du croisement réciproque ne présente pas les mêmes phénotypes.



Croisement initial (parental)

[A] P2 X P1 [a]

↓

F1 : 100% [A]

Méthodologie
1- Schématiser les données
2- Déductions
3- Calculer %, déterminer phénotype [ ]
4- Déterminer le génotype

+ **1 caractère** héréditaire => 1 gène => **monohybridisme** ;
+ F1 **homogène=uniforme** => vérification **1°LM** (loi de l'uniformité)
+ Parents : lignées **pures**
+ Détermination du type de **dominance** : (complète ? Incomplète ?)

Astuce : Si 2 phénotypes pour 1 caractère => dominance complète
Si 3 phénotypes pour 1 caractère => dominance incomplète

Cas particulier de la liaison au sexe :
- Non uniformité de F1 malgré la pureté des parents;
- Différence du phénotype entre ♂ et ♀ : dimorphisme sexuel ;
- Différence entre résultats des croisements réciproques ;
- Transmission du caractère de la mère à sa descendance ♂ seulement ;
- Présence du caractère "codominant" chez les ♀ seulement ;

Conclusion : Le caractère est lié au sexe et porté par X

Rq : Si caractère chez les ♂ et les ♀ => Locus du gène sur X
Si caractère chez les ♂ seuls => Locus du gène sur Y

Croisement d'autofécondation (autocroisement)

[A] F1 X F1 [A]

↓

F2 : [A] - [a]

- Croisement F1xF1 => Croisement **d'autofécondation** (autocroisemnt) ;
- **Non uniformité** de F2 avec: **75 %**[A] et **25 %**[a] soit ¾-¼
(si codominance : ¼ - ½ – ¼)
=> Vérification de la **2° LM**
(= loi de pureté des gamètes = loi de ségrégation des allèles)
=> les parents F1 de lignée **hybrides**.
(=> Formation de gamètes de probabilité = ½)

Cas particulier de la létalité :
- Non uniformité de F2 avec: 66,6 %[A] et 33,3%[a] soit 2/3 -1/3
=> Non de vérification de la 2° LM
=> les parents F1 de lignée hybrides.
=> présence de gène léthal (mortel) : mort du [A] homozygote.

****

NB : si le croisement de deux individus de caractère identique donne des individus non uniformes :
=> Le phénotype parental correspond à l'allèle dominant ;
=> Les parents sont des hybrides (hétérozygotes).

Croisement test (Test-cross/Back cross)

[A] F1 X Individu récessif [a]

↓

F'2 : [A] - [a]

- Croisement F1 x récessif => Croisement de type **test-cross** ;
- Résultats : **50%**[A] – **50%**[a] => F1 **hétérozygote** : A//a
: **100%**[A] – **0 %**[a] => F1 **homozygote** : A//A

Qu'est-ce le croisement test ou test-cross) ?
C'est un croisement d'un individu quelconque avec un individu **récessif**. Son but est d'identifier le génotype inconnu.

Qu'est-ce le croisement en retour ou back-cross) ?
C'est un croisement d'un individu de la descendance (F1, F2, ... Fx) avec l'un des parents **récessif ou dominant.**

NB :
- Le back-cross = test-cross si le croisement se fait avec **le parent récessif**.
- Dans la **codominance** on utilise le terme de **back-cross** au lieu et place de test-cross car **le récessif n'existe pas**.

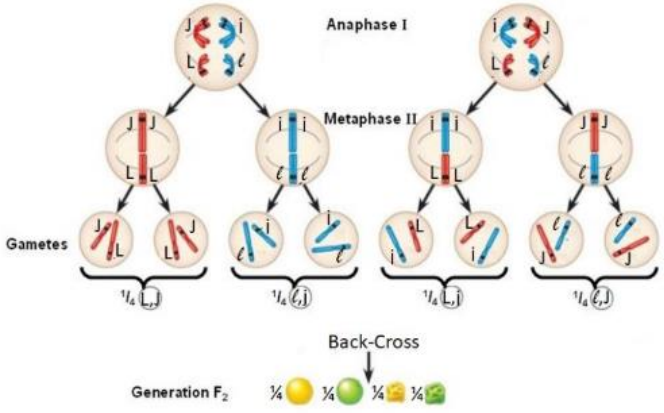
✓ Dihybridisme:

1. **Cas de deux gènes indépendants :** si les deux gènes considérés sont portés par deux chromosomes différents.

Dans un croisement F1 × F1 : on attendrait à trouver quatre phénotypes dans les descendants de la F2 : 9/16 présentant les phénotypes dominants pour les deux caractères. 1/16 avec les phénotypes récessifs pour les deux caractères. Deux nouvelles combinaisons de phénotypes qui n'existaient chez aucun parent ; 3/16 présentant le phénotype dominant du caractère 1 et récessif de l'autre ; 3/16 présentant le phénotype récessif de caractère 1 et dominant de l'autre.

Dans un croisement test F1 × double récessif : on attendrait à trouver quatre phénotypes dans les descendants de la F2 : 50% phénotypes parentaux et 50% phénotypes recombinés.

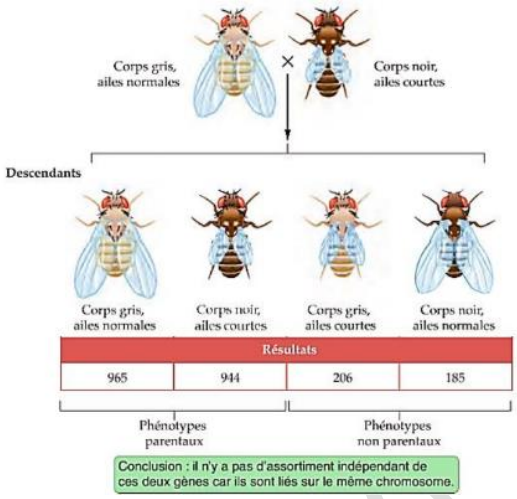
Le phénomène responsable de l'apparition des phénotypes non parentaux : brassage interchromosomique (séparation indépendante et aléatoire des chromosomes homologues).



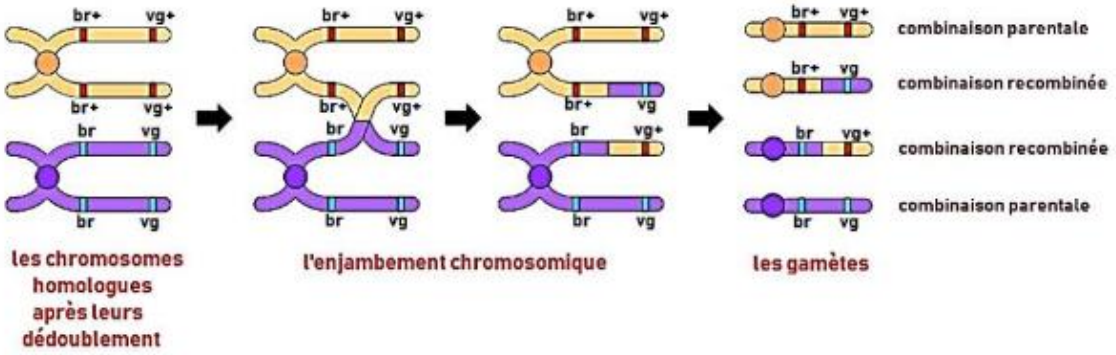
2. Cas de deux gènes liés :

Deux gènes liés par une liaison partielle : si les deux gènes considérés sont portés par le même chromosome.

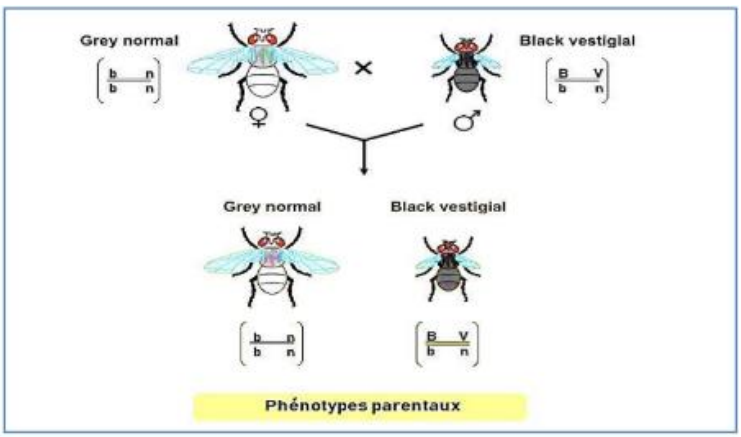
Dans un croisement test F1 × double récessif : on attendrait à trouver quatre phénotypes dans les descendants de la F2 avec des pourcentages différents : % des phénotypes parentaux est supérieur au % des phénotypes recombinés.



Le phénomène responsable de l'apparition des phénotypes non parentaux : brassage intrachromosomique (échange de fragments chromosomiques entre les chromatides non-sœurs des chromosomes homologues).



Deux gènes liés par une liaison absolue : si les deux gènes considérés sont portés par le même chromosome.



Croisement initial

[A,B] **P2** X **P1** [a,b]

F1 : 100% [A,b]

+ **2** caractères héréditaires => **2** gènes => di**hybridisme** ;
+ **Uniformité** de F1 => vérification **1°LM** + Parents de lignée **pure** ;
  (=> Formation d'un seul type de gamètes de probabilité = 1)
+ Détermination du type de **dominance** : complète ? Incomplète ?

Cas particulier de la liaison au sexe :

+ Non uniformité de F1 malgré la pureté des parents ; ségrégation sexuelle ; Différence dans les croisement réciproques ; Transmission de la mère vers ses petits ♂ ; Caractère "codominant" chez les ♀ seulement **=> Le gène est lié au sexe**.

+ Si les deux gènes sont liés au sexe => les gènes sont **liés.**
+ Si un seul des deux gènes est liés au sexe => les gènes sont **indépendants**.

Les lois de Mendel et leurs exceptions (Morgan) :
- La 1° LM (L'uniformité) ≠ Gène lié au sexe (Non uniformité) ;
- La 2° LM (3/4 –1/4) ≠ Gène létal (2/3 – 1/3) ;
- La 3° LM (Indépendance : 9-3-3-1) ≠ Gènes liés (Liaison).

Croisement d'autofécondation

[A,B] **F1** X **F1** [A,B]

F2 : [A,B]-[A,b]-[a,B]-[a,b]

- Croisement **F1xF1** => Croisement de type **autofécondation ;**
- **Non uniformité** de F2 : 4 phénotypes différents => F1 **hybride** ;

****

F2 = 56%-19%-19%-6% soit 9/16-3/16-3/16-1/16
=> Vérification de la **3° LM** + Les gènes sont **indépendants (indépendance)**
(Formation de 4 types de gamètes de probabilité = 1/4)
=> Formation des gamètes de **type Recombiné** (**TR**) par **Brassage interchromosomique** = séparation **indépendantes** des allèles.

****

F2 ≠ 56%-19%-19%-6% soit 9/16-3/16-3/16-1/16
=> Non vérification de la 3° LM + Les gènes sont **liés (liaison génétique)**
(Formation de 4 types de gamètes de probabilité ≠ 1/4)
=> Formation des gamètes de **type Recombiné** (**TR**) par **Brassage intrachromosomique** = **recombinaison génétique** = **crossing-over.**

Croisement test (Test-cross/Back cross)

[A,B] **F1** X Individu **double-récessif** [a,b]

F'2 : [A,B]-[A,b]-[a,B]-[a,b]

- Croisement **F1xdouble récessif** => **Test-cross ;**
- **Non uniformité** de F'2 : 4 phénotypes différents => F1 **hybride** ;
- **F'2 :** [A,B] + [a,b] = **TP** et [A,b] + [a,B] = **TR**

****

Si : **%TP = %TR**
=> Les gènes sont **indépendants (indépendance)**
(Formation de 4 types de gamètes de probabilité = 1/4)
=> Formation des gamètes de **type Recombiné** (**TR**) par **Brassage interchromosomique** = séparation **indépendantes** des allèles.

****

Si : **%TP ≠ %TR**
=> Les gènes sont **liés (liaison génétique)**
(Formation de 4 types de gamètes de probabilité ≠ 1/4)
=> Formation des gamètes de **type Recombiné** (**TR**) par **Brassage intrachromosomique** = **recombinaison génétique** = **crossing-over.**

Certains caractéristiques du dihybridisme

+ Le croisement test ou **test-cross :**
C'est le croisement d'un individu **quelconque** avec un **double-récessif**. Son but est de découvrir le génotype **inconnu** et de savoir si les gènes sont **liés** ou **indépendants**.

+ La codominance dans le cas du dihybridisme :
On préfère utiliser le terme de croisement en **retour** (**back-cross**) au lieu du test-cross car **le double récessif n'existe pas** dans ce cas.

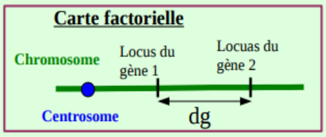
Pourcentages particuliers

100 %
50 %-50 %
25 %-50 %-25 %
25 %-75 %
33,33 %-66,66 %
25 %-25 %-25 %-25 %
56 %-19 %-19 %-6 %

+ La liaison relative et la liaison absolue :
On parle de **liaison relative** si %TP>%TR avec **%TR≠0 %** .
On parle de liaison absolue si %TP>%TR avec **%TR=0 %** . C'est le cas du **mâle de la drosophile** par exemple, où **la recombinaison génétique ne se fait pas** car absence de chiasmas pendant la prophase I donc **pas de crossing-over** donc les gamètes recombinées (TR) ne se forment pas.

+ La carte factorielle :
Dans le cas de la **liaison génétique**, On peut calculer l**a distance génétique** (dg) entre les locus et donc réaliser une **carte factorielle**. Ainsi dans le cas du test-cross :

Dg= % TR (Cmg)



❖ Les lois de Mendel de la transmission des caractères héréditaires

- La première loi de Mendel : la loi d'uniformité des hybrides de la première génération : Le croisement deux lignées pures différentes par un seul caractère, donne des descendants dans la première génération F1, appelés hybrides, identiques (homogène).
- La deuxième loi de Mendel : loi de la pureté des gamètes : Au cours de la formation des gamètes (la méiose), chaque gamète reçoit un seul allèle des deux : il est pur.
- La troisième loi de Mendel : loi de la ségrégation indépendante des allèles : Dans un croisement dihybride, les allèles de chaque gène se distribuent indépendamment les unes des autres lors de la formation des gamètes.
  - ✓ Signification de cette loi : dans le cas de deux paires de gènes hétérozygotes A/a et B/b, l'allèle b a une probabilité égale de se retrouver dans un gamète avec un allèle a ou avec un allèle A ; il en est de même pour l'allèle B.

Exercices de restitution profonde des connaissances

Test des connaissances

A- Définir les expressions suivantes :

- Crossing-over.
- Chiasma.
- Brassage inter-chromosomique.
- Test –cross.

B- Pour chacun des items suivant repérer la ou les affirmation(s) correcte(s)

1- Le brassage intra chromosomique permet :

a- l'obtention de gamètes diversifiés.

b- l'obtention d'un type de gamètes plus élevé que la normale.

c- la séparation des chromosomes homologues.

d- la séparation de gènes liés.

2- Le brassage inter chromosomique est :

a- résulte des crossing –over.

b- augmente la diversité des gamètes.

c- se produit au cours de l'anaphase équationnelle.

d- se produit pendant la prophase I.

3- Le brassage inter chromosomique est :

a- dû à l'ascension polaire des chromatides à l'anaphase II .

b- à l'origine des gamètes génétiquement différents.

c- dû à une séparation aléatoire (qui se fait au hasard) des chromosomes homologues.

d- un échange de fragments de chromatides (crossing-over) entre les chromosomes homologues au cours de la prophase I .

4- Un crossing –over est un échange entre :

a- 2 chromosomes homologues non dédoublés.

b- les chromosomes de deux paires chromosomiques différentes.

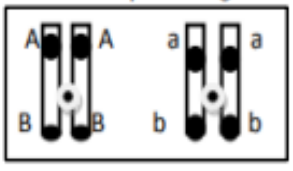
c- deux chromatides de deux chromosomes homologues.

d- les deux chromatides d'un chromosome dédoublé

5- Soit A et a les allèles d'un gène, soit B et b les allèles d'un autre gène situé sur un autre chromosome .Une cellule de génotype A //a B//b peut former les gamètes suivants :

a- AB . b- aB . c- Aa. d- Bb . e- Ab . f- ab.

6- Voici une représentation chromosomique qui utilise les allèles A et a pour un gène .B et b pour l'autre gène :



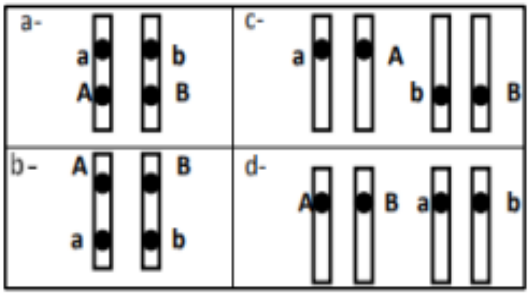
a- son phénotype est [AB].

b- les gènes sont indépendants.

c- l'individu est hétérozygote.

d- son phénotype est AB//ab

7- Le génotype A //a B//b correspond à la représentation chromosomique suivante :



Exercices de raisonnement scientifique

Exercice 1

La chrysope est un insecte actif comme prédateur. Elle est reconnaissable à ses antennes longues, ses ailes transparentes et son corps vert (voir document ci-contre). Il existe chez cet insecte une forme inhabituelle qui possède un corps jaune.

Pour déterminer le mode de transmission de la couleur du corps chez chrysope, on a réalisé les croisements suivants :

◆ **Premier croisement :** entre une femelle à corps vert et un mâle à corps jaune. Ce croisement a donné une génération F1 formée par 12 individus à corps vert.

1- Que déduisez-vous de ce résultat ?

◆ **Deuxième croisement :** Entre une femelle dela F1 avec un male a corps jaune. Ce croisement a donné une génération F'2 formée par :

- 24 femelles à corps jaune;
- 22 femelles à corps vert;
- 23 mâles à corps vert;
- 27 mâles à corps jaune.

◆ **Troisième croisement :** Entre une femelle de la génération F1 avec un mâle à corps vert, ce croisement a donné une génération F"2 formée par:

- 33 femelles à corps vert;
- 14 mâles à corps jaune;
- 17 mâles à corps vert.

2- Analysez et expliquez les résultats du deuxième et du troisième croisement.

Exercice 2

Pour étudier le mode de transmission de certains caractères chez le radis, on a réalisé le croisement entre deux lignées qui diffèrent parla forme et la couleur : une lignée à forme longue (L ou l) et couleur blanche (B ou b), et une lignée à forme ronde (G ou g) et couleur rouge (R ou r).

On a obtenu une génération F1 formée par des individus à forme ovale et à couleur rose.

1- Que peut-on conclure de ces résultats ?

2- Sachant que les deux gènes responsables de la forme et de la couleur chez le radis sont indépendants, donnez l'interprétation chromosomique de ce croisement ?

On a réalisé un croisement entre deux plantes de radis et on a obtenu des plantes de radis avec des phénotypes différents selon la répartition suivante :

16 radis longs et blancs	17 radis ovales et rouges
15 radis longs et rouges	16 radis ovales et blancs
31 radis ovales et roses	32 radis longs et roses

3- En utilisant un raisonnement logique, déterminez le génotype des parents et donnez l'interprétation chromosomique de ce croisement ?

Exercice 3

Les croisements suivants sont réalisés chez des chiens de phénotypes différents :

◆ **Croisements 1 :** entre deux lignées pures, l'une à queue longue et l'autre sans queue. Ce croisement a donné une première génération F1 à queue courte. Le croisement entre les individus de la première génération F1 a donné une deuxième génération F2 formée par :

- 12 chiots sans queue ;
- 11 chiots avec une queue longue ;
- 24 chiots avec une queue courte.

1- Que peut-on conclure de ces résultats ?

◆ **Croisement 2** : entre des chiens sans poils, on a obtenu 10 chiots normaux et 20 chiots sans poils.

◆ **Croisements 3 :** entre des chiens normaux. Ce croisement donne toujours des chiots normaux.

2- Analysez les résultats des croisements 2 et 3 ? Que déduisez-vous ?

3- Interprétez les résultats du deuxième croisement en utilisant : C ou c pour l'absence de poils et N ou n pour la présence des poils.

◆ **Croisement 4 :** Entre des chiens provenant du deuxième croisement et des chiens sans poils et à queue courte.

4- En considérant que les deux gènes sont indépendants, donnez l'interprétation chromosomique des résultats attendus de ce croisement. Utilisez les symboles L ou ℓ pour la queue longue et S ou s pour l'absence de queue.

Exercice 4

Pour dégager le rôle de la méiose, de la fécondation et de la mitose dans la transmission de l'information génétique, on propose l'exploitation des données suivantes :

◆ **Premier croisement** : entre deux plantes de tomates de lignée pures, la première de taille court (C ou c) et tige lisse (L ou ℓ) et la deuxième de taille normale (N ou n) et tige rugueuse (R ou r). Ce croisement a donné une génération F1 formée par des plantes de taille normale et tige rugueuse.

1- Que peut-on déduire du résultat de ce croisement ?

◆ **Deuxième croisement :** Le croisement entre une plante de taille normale et tige rugueuse de la génération F1 et une plante de taille courte et tige lisse. Ce croisement a donné une génération qui comprend quatre phénotypes différents à pourcentage égal.

2- A partir des résultats du deuxième croisement, déterminez la localisation des deux gènes. Donnez le génotype des individus de la première génération F1.

◆ **Troisième croisement :** Entre une plante B de la génération F1 et une plante A à génotype inconnu. Ce croisement a donné les résultats expérimentaux suivants :

- 36 plantes à taille normale et tige rugueuse;
- 12 plantes à taille courte et tige lisse;
- 36 plantes à taille courte et tige rugueuse;
- 12 plantes à taille normale et tige Lisse.

3- Déterminez le pourcentage des phénotypes obtenus. En se basant sur ces pourcentage déterminez le génotype et le phénotype de la plante A.

4- En se limitant aux chromosomes qui portent les allèles étudiés, réalisez les deux schémas possibles de l'anaphase I qui conduit à la formation des gamètes, porteurs de ces allèles chez la plante B.
5- Donnez les génotypes des gamètes produits par la plante B avec leurs pourcentages. Déduisez le phénomène qui a conduit à la diversité de ces gamètes.
La fusion des gamètes des plantes A avec les gamètes des plantes B permet d'obtenir des œufs qui sont à l'origine de la descendance du troisième croisement.
6- Réalisez l'échiquier du troisième croisement et déduisez le rôle de la fécondation.

Exercice 5

Au début du vingtième siècle les chercheurs ont proposé l'hypothèse selon laquelle les gènes sont localisés sur les chromosomes et que chaque chromosome renferme une combinaison appropriée de gènes. Pour expliquer le mode de transmission des caractères héréditaires selon cette hypothèse, on propose les données suivantes chez la drosophile.

➤ **Etudes expérimentales :**

1ère étude :

◆ **Croisement 1 :** On croise des drosophiles sauvages à corps rayé et yeux bruns avec des drosophiles à corps noir et yeux rouges (les deux étant homozygotes pour les deux gènes étudiés). Les drosophiles de F1 sont toutes de phénotype sauvage.

◆ **Croisement 2 :** On réalise un test-cross qui donne les résultats suivants :

- 45,5 % de drosophiles de type sauvage ;
- 45,5 % de drosophiles [corps noir, yeux rouges] ;
- 4,5 % de drosophiles [corps noir, yeux bruns] ;
- 4,5 % de drosophiles [corps rayé, yeux rouges].

2ème étude :

Croisement 1 : On croise une drosophile femelle sauvage à yeux bruns et ailes normales avec une drosophile mâle mutée à yeux rouges et ailes sans nervures transversales. Les drosophiles de F1 sont toutes de phénotype sauvage.

◆ **Croisement 2 :** On croise une drosophile mâle de F1 et une drosophile femelle double récessive. Ce croisement donne les résultats suivants :

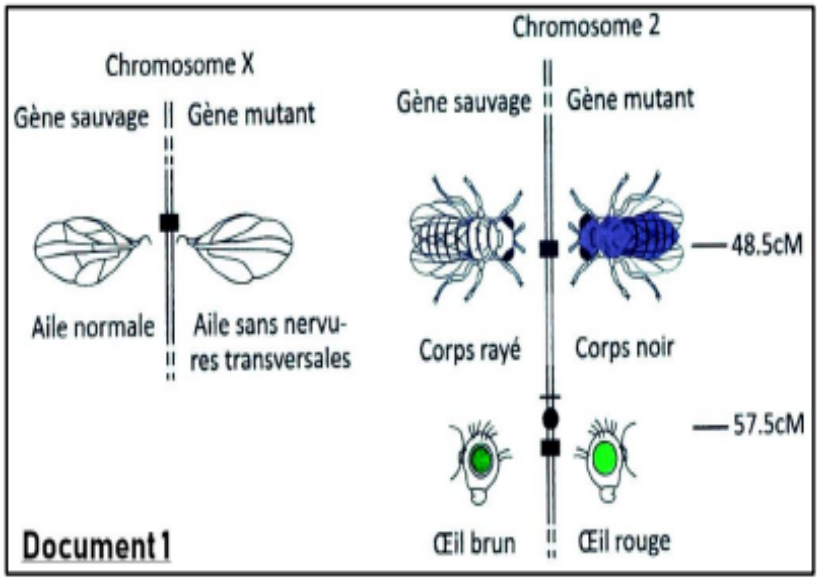
- 25 % de drosophiles femelles [yeux bruns, ailes normales],
- 25 % de drosophiles femelles [yeux rouges, ailes normales]
- 25 % de drosophiles mâles [yeux bruns, ailes sans nervures transversales]
- 25 % de drosophiles mâles [yeux rouges, ailes sans nervures transversales]

➤ Le document 1 présente les emplacements (les loci) des gènes étudiés sur les chromosomes et le document 2 présente une paire de chromosomes homologues pendant la prophase I de la méiose

1- Expliquez les résultats obtenus dans chacune des deux études ?

Utilisez bl^+ et bl pour symboliser le gène responsable de la couleur du corps ; cd^+ et cd pour symboliser le gène responsable de la couleur des yeux ; n^+ et n pour symboliser le gène responsable de la forme des ailes.

2- Montrez, en s'appuyant sur les documents 1 et 2, que les études expérimentales prouvent que les gènes impliqués dans la transmission de ces caractères sont situés sur les chromosomes.



Exercice 6

Les chromosomes sexuels sont formés chez la femelle de la volaille par deux chromosomes non homologues WZ et chez le mâle par deux chromosomes homologues WW. On projette de connaître le sexe chez des poussins en s'appuyant sur la couleur des plumes, ceci grâce à un gène localisé sur le chromosome W. L'allèle dominant (S) donne des plumes de couleur argentée (Silver) et l'allèle récessif (g) donne des plumes de couleur dorée (Gold).

Question : Proposez un croisement qui permet d'atteindre ce but ?

Exercice 7

La mutation récessive cut détermine chez la drosophile le phénotype ailes découpées [ct] et la mutation récessive sepia détermine le phénotype yeux marron [se].

On croise une femelle double récessive et un mâle sauvage de lignée pure. Ce croisement a donné une première génération F1 formée des femelles toutes ayant le phénotype sauvage [se^+, ct^+], et des mâles ayant tous le phénotype [se^+, ct]. Le croisement entre une femelle de la génération F1 et un mâle [se, ct^+] a donné la distribution suivante :

	[se^+, ct]	[se , ct^+]	[se , ct]	[se^+, ct^+]
% des femelles	0%	50%	0%	50%
% des males	25%	25%	25%	25%

1- Que pouvez-vous déduire des résultats du premier croisement ? Donnez l'interprétation chromosomique du résultat de ce croisement ?

2- En utilisant les informations obtenues dans la réponse à la question 1, donnez l'explication des résultats statistiques obtenus à la génération F2 ?

L’utilisation des matières organiques et inorganiques

Chapitre 1 : Les ordures ménagères issues de l'utilisation des matières organiques

Définitions :

Déchets : Tous résidus...ou objet et matière abandonnés ou que le détenteur doit éliminer pour ne pas porter atteinte à la santé, à la salubrité publique et à l'environnement.

Les ordures ménagères : les déchets produits par les ménages et assimilés (Restaurants...).

C'est les déchets produit dans la vie quotidienne. Sont composées de :

- ✓ Substances organiques : représentent 89% d'une poubelle.
- ✓ Substances inorganiques : représentent 11% d'une poubelle.

❖ Les impacts négatifs des ordures ménagères

Sur l'environnement	Sur la santé	Sur l'économie
- L'incinération des déchets dans les décharges sauvages, est à l'origine de l'émission des gaz toxiques, contribuant à l'effet de serre et à l'amincissement de la couche d'ozone. - L'infiltration des eaux des pluies à travers les ordures ménagères accumulées, produit le lixiviat (riche en polluants organiques et inorganiques) qui contamine le sol et la nappe phréatique. - L'émission d'odeurs gênantes, ce qui réduit la qualité de l'air.	- Les gaz produits par l'incinération des ordures ménagères, menace la santé : ❖ Les substances organiques volatiles, provoquent des troubles respiratoires et des dommages au système nerveux. ❖ L'émission des substances cancérigènes. - L'accumulation des déchets, engendre l'apparition des bactéries, et la prolifération des insectes nuisibles.	- La gestion rationnelle des déchets nécessite la construction des centres de valorisation, ce qui demande des ressources financières importantes. - L'indifférence envers les risques liés à l'accumulation des ordures ménagères, cause des dégâts pour l'environnement, et le coût économique de cette dégradation est considérable.

❖ La valorisation des déchets ménagers et réduction de leurs impacts négatifs

L'intérêt de la collecte et de l'élimination des ordures ménagères : la décomposition des déchets peut s'avérer extrêmement lente (de quelques semaines à plusieurs siècles). Leur accumulation menace la santé et les équilibres naturels. D'où l'importance de leur collecte en vue de leur élimination.

1- Le tri des déchets : une opération qui précède leur valorisation, il consiste à classer les composants des déchets en fonction de leurs natures.

Les avantages :

- ✓ Réduire les risques d'interactions possibles entre les déchets
- ✓ Gagner du temps pour accélérer les processus de valorisation

2- Le recyclage : un procédé de traitement et de réutilisation des déchets ou leur réintroduction dans un nouveau cycle de production.

Les avantages :

- ✓ La réduction du volume des déchets, et donc de la limitation de la pollution dont ils sont responsables.

Benhemied ayoub

- ✓ Le recyclage permet d'éviter le gaspillage de ressources naturelles (matières premières) et d'énergie.
- ✓ Réduire les coûts d'extraction des matières premières.

3- Le compostage : un procédé de biodégradation des déchets organiques par des décomposeurs, dans des conditions de fermentation, il permet de produire le compost (engrais riche en molécules fertilisantes et sels minéraux)

Le compostage comporte deux phases importantes :

1- Phase de décomposition (phase active) : dégradation de matière organique par des microorganismes aérobies (qui consomment de l'O2). pendant cette phase la température monte progressivement et plusieurs populations de microorganismes se succèdent selon leur capacité à supporter la chaleur (organismes mésophiles (au-dessous de 40°C) , thermophiles (de 40- 70°C)).

2- Phase de maturation : la maturation correspond à la conversion de la matière organique en humus, une matière résistante à la décomposition bactérienne.

Les avantages :

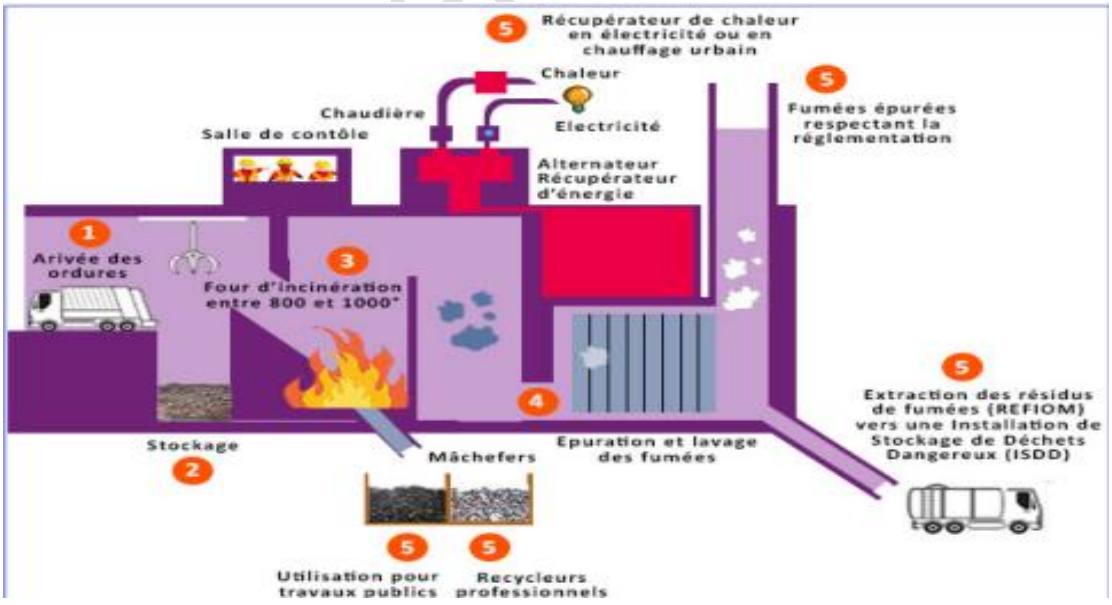
- ✓ Le compost remplace les engrais chimiques qui sont nuisibles et peuvent pollués le sol et les eaux souterraine.
- ✓ Améliorer le rendement agricole et avec un coût faible.

4- La méthanisation : une procédure de décomposition anaérobie de la matière organique sous l'action des *méthanobacterium* producteurs du méthane (Biogaz)

Les avantages :

- ✓ Réduire la libération du méthane par les décharges sauvages, ce qui décroit l'émission des gaz à effet de serre.
- ✓ Production de l'électricité par un coût faible

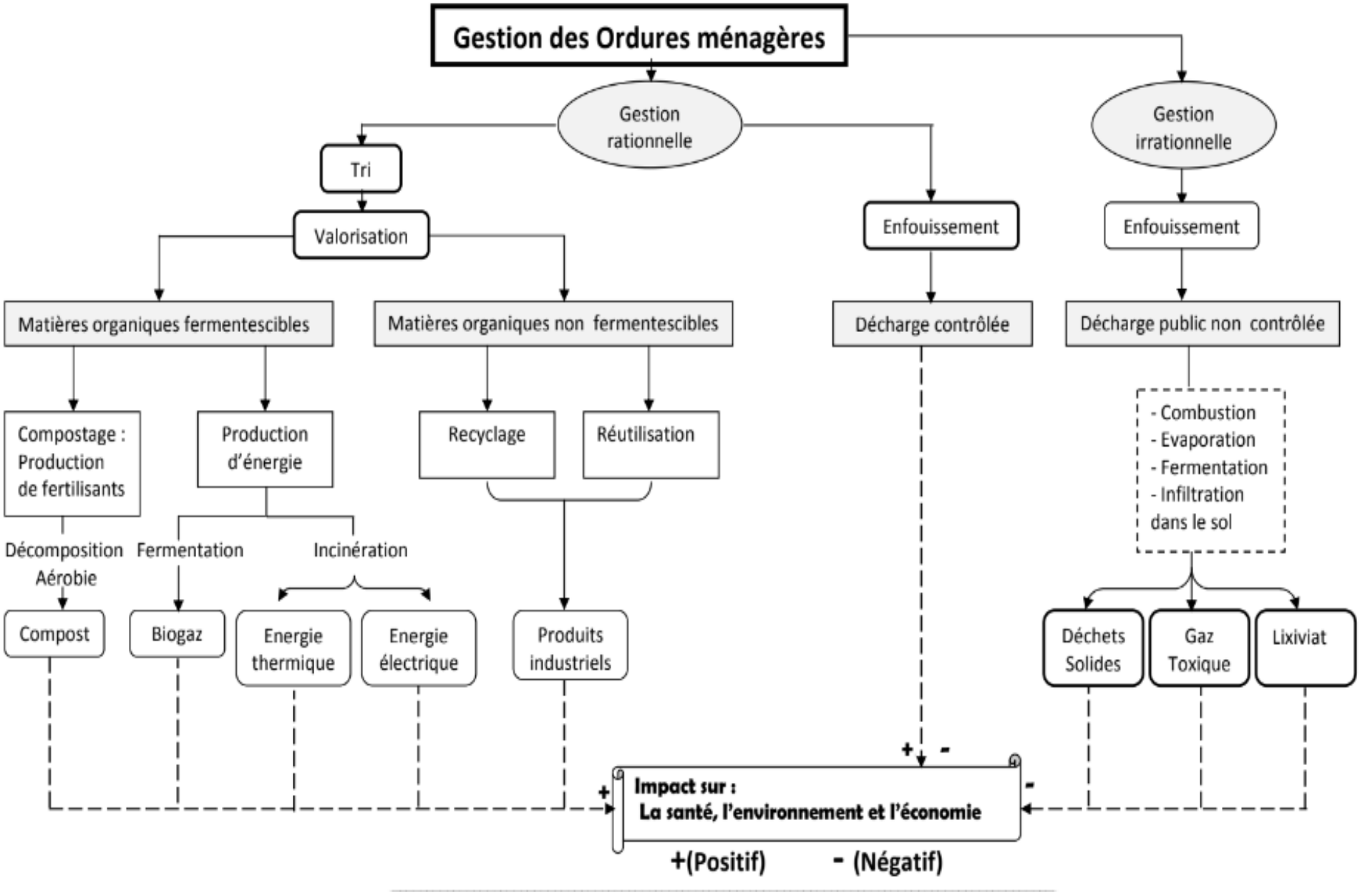
5- L'incinération : une technique qui permet de réduire en cendres les déchets, dans des fours spécifiques, sous une température entre 800°C et 1000°C.



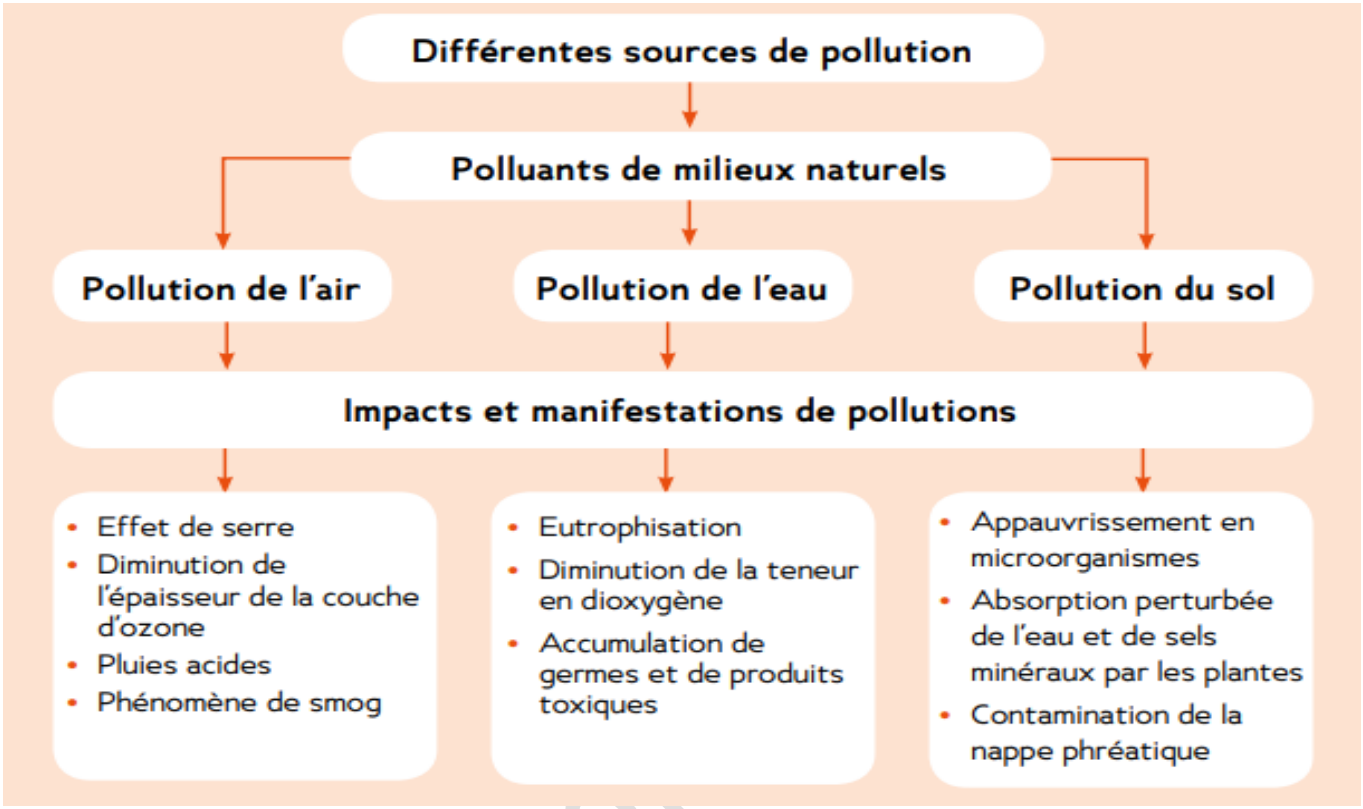
Les avantages :

- ✓ Réduire le volume des déchets d'environ 90%.
- ✓ Production d'énergies propres (électricité ; chaleur), non polluante.
- ✓ Utilisation des déchets d'incinération pour les travaux publics.
- ✓ Emission des gaz non seulement toxiques mais cancérigènes
- ✓ Production de cendres toxiques
- ✓ Le budget nécessaire pour la mise en place d'un centre d'incinération est lourd

mlegayoub


Gestion des Ordures ménagères
Gestion rationnelle
Gestion irrationnelle
Tri
Valorisation
Enfouissement
Enfouissement
Matières organiques fermentescibles
Matières organiques non fermentescibles
Décharge contrôlée
Décharge public non contrôlée
Compostage : Production de fertilisants
Production d'énergie
Recyclage
Réutilisation
- Combustion
- Evaporation
- Fermentation
- Infiltration dans le sol
Décomposition Aérobie
Fermentation
Incinération
Compost
Biogaz
Energie thermique
Energie électrique
Produits industriels
Déchets Solides
Gaz Toxique
Lixiviat
+
-
Impact sur :
La santé, l'environnement et l'économie
+
-
+(Positif)
- (Négatif)

Chapitre 2 : Les pollutions liées à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques dans les industries chimiques et minérales



❖ La pollution de l'air et ses impacts :

Les principales sources des polluants

Les polluants primaires

(NOX, SOX, CO, COV, etc.) sont directement issus des sources de pollution, soit par les activités anthropiques soit par des sources naturelles comme l'érosion ou le volcanisme.

Les polluants secondaires

Particules secondaires, O3, NO2 , etc.) ne sont pas directement rejetés dans l'atmosphère mais proviennent de réactions chimiques de gaz entre eux..

Polluants	Principales sources
Dioxyde de soufre (SO_2)	- Véhicules diesel - Centrales thermiques
Dioxyde d'azote	Trafic routier, maritime et aérien ; Centrales thermiques
Ozone (O_3)	Polluant secondaire formé à partir de NO_2
Particules en suspension < 10 µm	Activités industrielles ; Trafic routier, maritime et aérien ; Poussières naturelles
Métaux lourds (dans les particules en suspension ou poussières, nickel, plomb…)	- Procédés industriels - Combustion du pétrole et du charbon - Ordures ménagères
Composés Organiques Volatiles (COV) (benzène, toluène,….) et les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	- Trafic automobile - Procédés industriels - Secteur résidentiel - Végétation

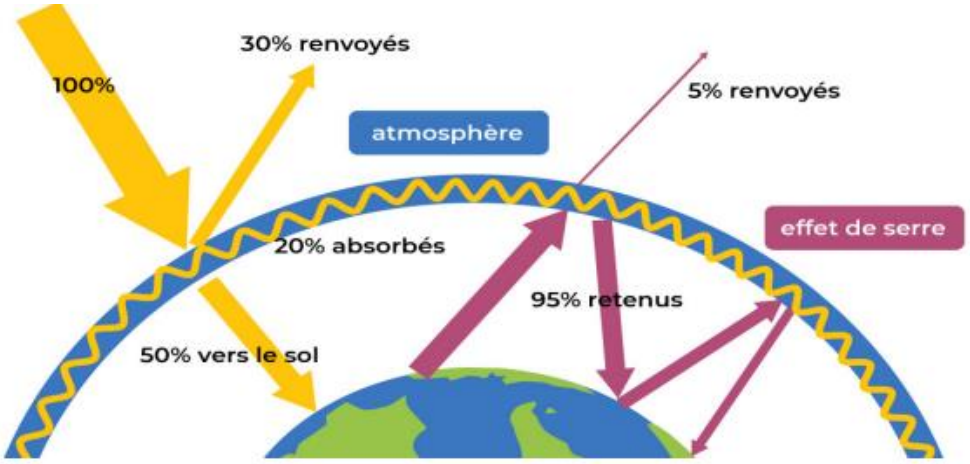
Impacts de la pollution atmosphérique :

Polluants	Impacts sur l'environnement	Impacts sur la santé
Dioxyde de soufre (SO2)	**Pluies acides**	**- Irritation des muqueuses et des voies respiratoires**
Dioxyde d'azote	**- Pluie acides - Formation d'ozone - Effet de serre (indirectement)**	**- Irritation des bronches - Favorise les infections pulmonaires chez les enfants - Augmente la fréquence et la gravité des crises chez les personnes asthmatiques**
Ozone (O3)	**- Effet néfaste sur la végétation - Contribue indirectement à l'effet de serre**	**- Toux - Altération pulmonaire - Irritations oculaires**
Particules en suspension < 10 µm	**- Salissures des bâtiments - Retombées sur les cultures**	**- Altération de la fonction respiratoire - Propriétés mutagènes et cancérogènes**
Métaux lourds	**- Retombées toxiques**	**- Affecte le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques et respiratoires - Effets toxiques à court et / ou à long terme**
Composés Organiques Volatiles (COV)	**- Formation d'ozone et gaz à effet de serre (indirect)**	**- Irritations et diminution de la capacité respiratoire - Certains composés sont considérés comme cancérogènes (par exemple le benzo(a)pyrène)**

pr.benhemied a

Effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel qui permet à la Terre de retenir la chaleur solaire dans l'atmosphère et de maintenir une température acceptable pour entretenir la vie. Sans cela la température de la Terre serait d'environ -18 °C

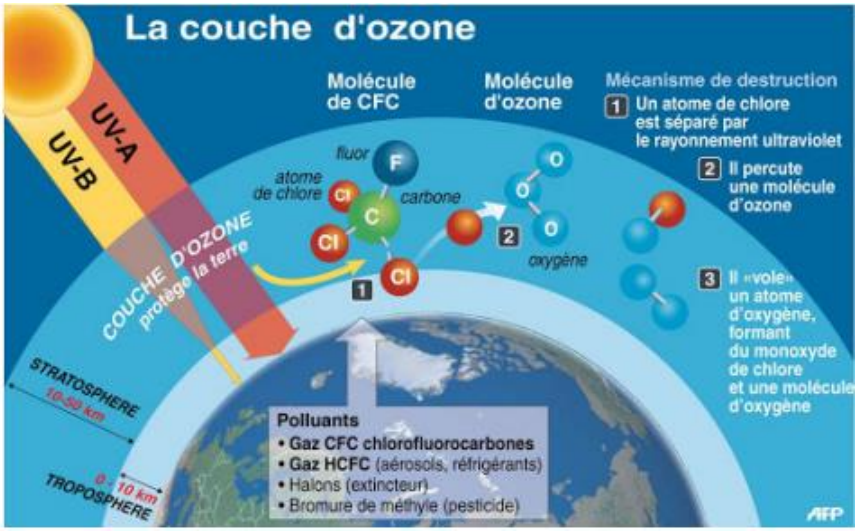


Pluies acides

• À l'état naturel, la pluie traversant l'atmosphère est légèrement acide (pH environ égal à 5). La pollution atmosphérique peut rendre des pluies ordinaires des pluies acides (pH inférieur à 5).
• La principale cause des pluies acides est le rejet dans l'atmosphère de dioxyde d'azote (NO_2) et de dioxyde de soufre (SO_2) par les industries ou les voitures, mais certaines conditions naturelles peuvent aussi rendre l'eau de pluie acide.
• Au contact de l'eau de pluie, le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote de la pollution atmosphérique forment de l'acide sulfurique (H_2SO_4) et de l'acide nitrique (HNO_3). C'est ce qui rend les pluies acides.
• Ces pluies endommagent surtout les écosystèmes, en particulier la flore et les écosystèmes aquatiques.

Couche d'ozone

• La couche d'ozone est la partie de l'atmosphère située entre vingt et cinquante kilomètres d'altitude (stratosphère).
• L'ozone de la stratosphère absorbe la plupart des rayons ultraviolets dommageables (rayons UV-B) sur le plan biologique.
• Sans l'action filtrante de la couche d'ozone, les rayons UV-B pénétreraient librement l'atmosphère et atteindraient la surface de la Terre provoquant des effets néfastes liés à l'exposition excessive aux rayons. Les UV-B altèrent l'ADN et s'avèrent à ce titre fortement mutagène sur les plantes et les animaux.



Mr Benhemelay

Le smog

• Le smog, de l'anglais smoke, fumée et fog, brouillard, est un nuage de pollution atmosphérique constitué de particules issues de la combustion (centrale au charbon, gaz d'échappement) et de particules fines d'ozone.

• Le smog se forme au-dessus des villes où l'activité automobile ou industrielle est importante, plus particulièrement par temps ensoleillé. Le smog limite la visibilité dans l'atmosphère.

❖ La pollution de l'eau et ses impacts

Sources de pollution de l'eau

Les trois grandes sources de pollution des eaux sont :

Rejets domestiques		Rejets agricoles		Rejets industriels	
Phosphore	30%	Nitrates (engrais)	50%	Métaux (plomb, cadmium, nickel, mercure)	70%
Matières organiques	40%	Phosphore (lisier)	30%	Pyralènes (PCB)	31%
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	93%	Pesticides	36%	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	93%
Substances médicamenteuses et cosmétiques	Non connu			Micropolluants organiques (composés bromés. dioxines, benzène...)	4%

Impacts de la pollution de l'eau

• La pollution de l'eau peut générer différents impacts et conséquences parmi lesquels on peut citer **l'eutrophisation** du milieu aquatique concerné et **l'appauvrissement de la biodiversité**.

• **L'eutrophisation** est une forme de pollution de certains écosystèmes aquatiques lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives (phosphore contenu dans les phosphates et l'azote contenu dans les nitrates, nitrites, etc.) assimilables par les algues qui prolifèrent en quantité importante, perturbant ainsi le fonctionnement de tout écosystème.

• Ce phénomène s'observe principalement dans les écosystèmes se renouvelant lentement comme les lacs ou les cours d'eau à faible débit.

• **L'eutrophisation** peut aussi bien affecter les eaux salées, les eaux profondes et les eaux superficielles.

• **L'eutrophisation** d'un milieu aquatique induit une baisse de la biodiversité ainsi que de la qualité de l'eau (aspect, couleur, odeur, ...), une augmentation du volume des algues et l'envasement rapide du milieu et l'apparition de vase sombre et malodorante.

❖ La pollution des sols et ses impacts

Les principales origines de la pollution du sol

• L'utilisation excessive des engrais et des pesticides dans le domaine agricole : elle entraine l'accumulation des sels et des métaux lourds dans le sol ce qui peut la rendre toxique pour divers êtres vivants.

• **Les pluies acides :** elles infiltrent dans le sol de grandes quantités d'acide sulfurique et d'acide nitrique, ce qui augmente son acidité ;

• **Les déchets ménagers et industriels :** ils passent des canalisations des eaux usées vers le sol et qui contiennent beaucoup de polluants tels que le lixiviat chargé de métaux lourds et de microbes.

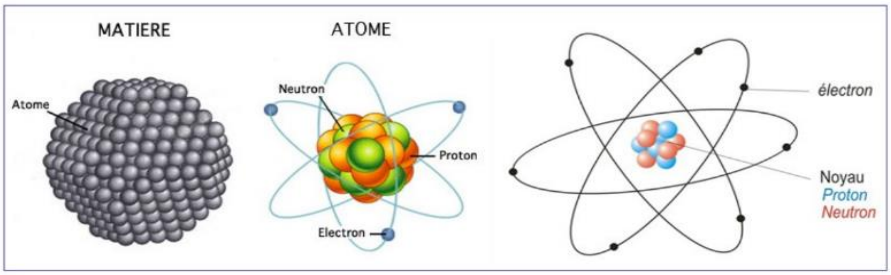
• **Les produits radioactifs :** qui sont retournés de l'air au sol par les pluies, ce qui entraine la pollution du sol et l'accumulation de la radioactivité dans les maillons des chaines alimentaires.

pr.benhemied ayoub

Chapitre 3 : Les matières radioactives et l'énergie nucléaire

❖ La radioactivité naturelle et notions connexes

1-Définition de la structure de l'atome : L'atome est l'unité de base qui entre dans la constitution de la matière et aussi consiste en un noyau central composé de protons (charges positives) et de neutrons (aucune charge), entouré d'électrons (charge négative) qui gravitent autour du noyau.



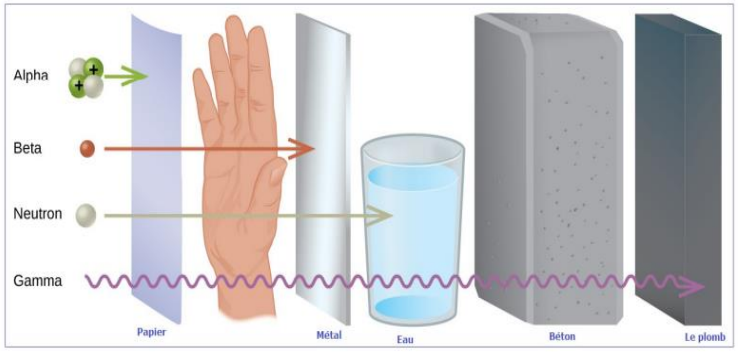
Z = nombre de protons = nombre de charges =numéro atomique.

A = le nombre de masse = nombre de nucléons

N = A - Z nombre de

2-Définition de la radioactivité naturelle : Il s'agit d'un phénomène naturel par lequel des noyaux atomiques instables se transforment spontanément en d'autres atomes en émettant simultanément des particules de matière et de l'énergie.

Les types de radiation :



⊗ **Les particules α :** Ce sont les nucléides d'hélium. Ils peuvent être stoppés par une feuille ordinaire.

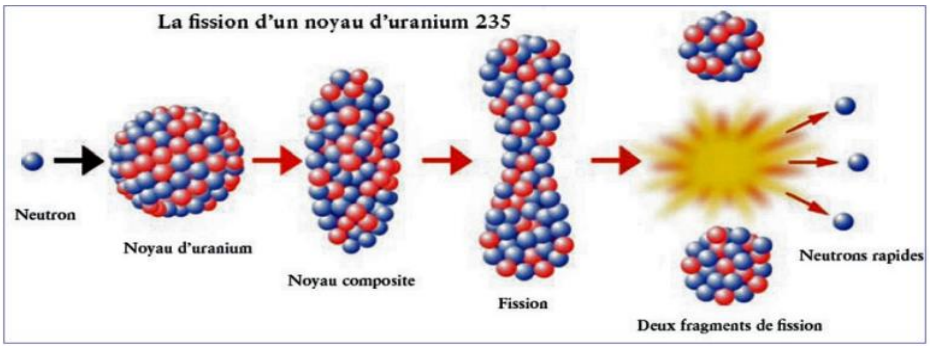
⊗ **Les particules β** sont des électrons ou des positrons. Ils détiennent une forte énergie, et ils ne peuvent être stoppés que par une feuille d'aluminium dont l'épaisseur dépasse 6 mm.

⊗ **Les particules γ :** Ce sont des photons à très haute énergie. Ils ne sont stoppés que par une plaque de plomb de quelques centimètres d'épaisseur.

- **Lorsqu'un faisceau de particules est dévié par un champ magnétique, cela signifie que ces particules sont chargées électriquement.**

3-La radioactivité artificielle ou induite : la fission nucléaire

Les réactions de fission nucléaire s'effectuent dans les centrales nucléaires (réacteurs) en utilisant le nucléide d'uranium qui est **bombardé par des neutrons thermiques.** La fission aboutit à **la libération d'une quantité d'énergie impressionnante** que l'on peut exploiter de plusieurs façons. Les



particules libérées au cours de **la fission provoquent des vibrations thermiques au sein du réacteur** ; ce qui **provoque une importante augmentation de la température.** Cette énorme **chaleur et exploitée pour produire de l'énergie**.

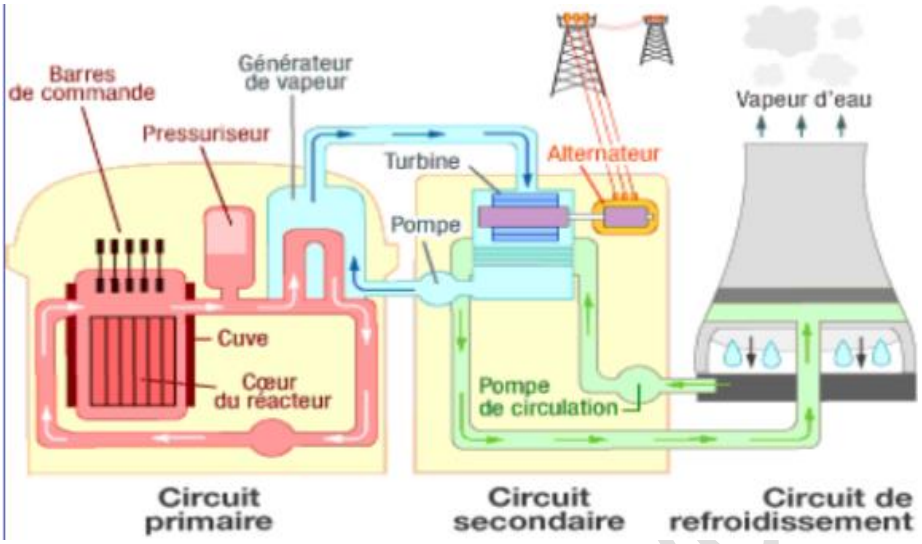
4-Désintégration ou décroissance radioactive

Transformation du noyau d'un atome, par émission ou capture d'énergie, en un autre noyau de caractéristiques différentes. (Spontanée pour les radioéléments, la désintégration peut être provoquée, pour un noyau stable, par bombardement corpusculaire, cas de la radioactivité artificielle).

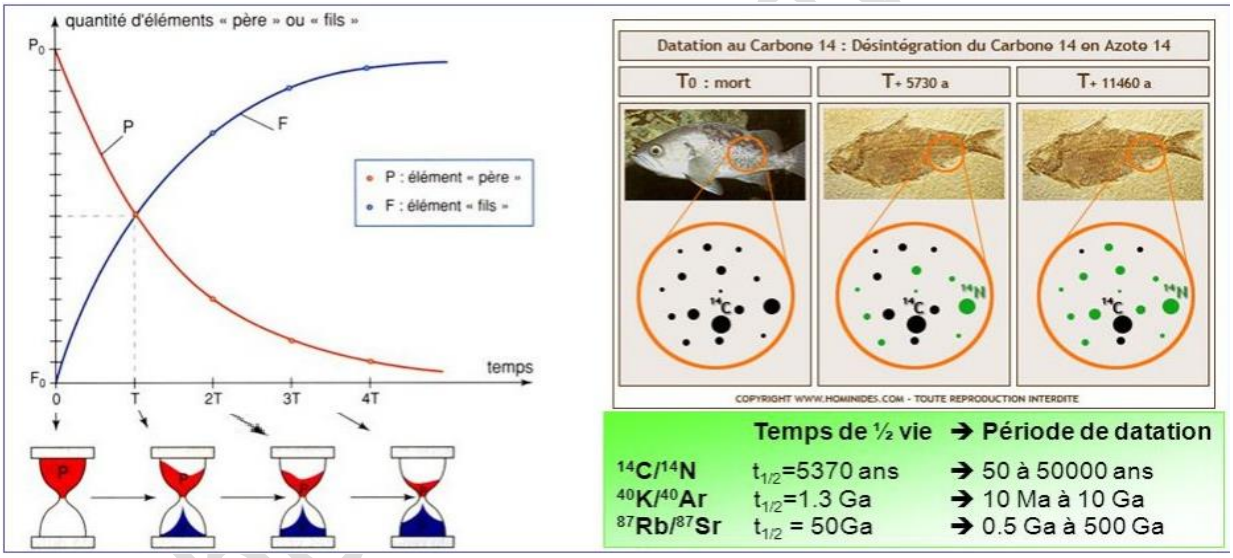
❖ L'utilisation des substances radioactives :

Domaines	Nature des utilisations des produits radioactifs
Production de l'énergie électrique	- La dégradation de l'uranium dans des stations nucléaires permet la libération d'une énergie qui élève la température de l'eau dans la station, l'eau s'évapore et fait tourner la turbine d'un alternateur pour produire de l'énergie électrique; on contrôle les différentes réactions par des bâtons de contrôle qui absorbent les neutrons issus de la dégradation ; - L'énergie nucléaire contribue par 17 % à la production de l'électricité mondiale.
Datation absolue	- La désintégration radioactive de certains éléments radioactifs contenus dans les êtres vivants ou dans les roches permet de dater celles-ci. et ce en comparant le reste de la radioactivité dans l'échantillon à dater avec une mesure de la radioactivité d'un échantillon témoin de la même nature ; - On utilise le carbone 14 pour dater des durées ne dépassant pas 40000 ans, car la demi vie de ce carbone est de 5730 ans; pour des durées très longue, on utilise l'uranium (exemple : datation des roches)
Stérilisation et conser-vation des aliments	On utilise les radiations gamma et X pour : - Stériliser les produits alimentaires et augmenter la durée de leur conservation ; - Inhiber la germination des graines et augmenter leur résistance aux maladies et aux parasites ; - Stériliser les outils et moyens médicaux difficiles à stériliser par la chaleur ou par les produits chimiques.
Domaine médical	Les radiations sont utilisées dans : - La radiographie médicale (scintigraphie) pour la consultation et le diagnostic des maladies ; - Les analyses nucléaires pour mesurer le taux de produits dans le sang ou dans les organes ; - La radiothérapie pour détruire les cellules cancéreuses.
La recherche scientifique	- Utilisation du marquage radioactif par des produits radioactifs pour poursuivre le devenir de certaines molécules dans les cellules ; - Utilisation des produits radioactifs dans la recherche agronomique pour produire des mutations chez certaines graines ou végétaux afin d'augmenter leur rendement.

Production de l'énergie électrique



- La datation absolue avec la radioactivité



Notion de période radioactive ou demi-vie (T1/2) :

C'est la durée au bout de laquelle le nombre de radio nucléique des présents dans l'échantillon de matière radioactive est réduit de moitié.

- ✓ Si l'on observe un échantillon de matière radioactive, au bout d'un temps T1/2, cet échantillon aura (par définition) perdu la moitié de sa matière, et il ne restera plus que la moitié de la matière initiale.

❖ Les dangers de la pollution nucléaire

Pour la santé :

✓ **Des dangers corporels :**

Qui se manifestent par l'atteinte de l'homme par plusieurs maladies telles que :

- Le cancer de la peau et de sang ;
- Le cancer de la glande thyroïde ;
- La stérilité à cause de l'irradiation des cellules sexuelles ;
- Le déficit du système immunitaire qui entraine généralement un décès.

✓ **Des dangers génétiques :**

Les radiations ionisantes (qui ionisent les éléments constitutifs de la matière vivante) constituent l'un des facteurs responsables des mutations qui peuvent apparaitre chez les générations futures tels que les anomalies à la naissance, l'augmentation du taux d'avortement chez les femmes, l'augmentation du taux de mortalité des nouveaux nés et la naissance des enfants atteints de différentes formes du retard mental.

✓ **Pour l'environnement :**

Les activités des stations nucléaires et les essais nucléaires émettent des produits radioactifs libérés dans l'air (déchets gazeux) ou dans l'eau (déchets liquides), qui entrainent une pollution des différents milieux naturels où ils seront transmis aux êtres vivants et seront concentrés dans les chaines alimentaires.

❖ Classification des déchets nucléaires

Catégories des déchets	Leurs caractéristiques	Leurs origines
Type TFA	Radioactivité très faible et durée de vie courte (inférieure à 300 ans)	Réacteurs nucléaires
Type A	Radioactivité faible à moyenne et duré de vie courte (inférieure à 300 ans)	Laboratoires de recherche scientifique, hôpitaux et industries
Type B	Radioactivité faible et duré de vie longue (supérieure à 300 ans)	Traitement de l'uranium dans les stations nucléaires
Type C	Forte radioactivité et longue durée de vie	Déchets issus du cœur des réacteurs nucléaires

❖ Quelques procédés de gestion des déchets nucléaires

Nature des déchets nucléaires	Procédés de leur gestion
Déchets à bas niveau de radioactivité	- si leur âge est court, on les accumule dans des récipients en plastique ou en verre et on les laisse jusqu'à ce que leur radioactivité baisse au-dessous du niveau normal, puis on les rejette dans la nature ; - si leur âge est long, on les soumet à un traitement chimique dans des réservoirs pour diminuer le niveau de leur radioactivité.
Déchets à haut niveau de radioactivité	- les déchets à moyenne radioactivité sont soumis à un emballage dans des moules en acier ou en béton inoxydables, puis on les laisse jusqu'à ce que leur radioactivité baisse à un niveau tolérable qui permet de les évacuer dans la nature ; - les déchets à forte radioactivité et dangereux sont soumis à une fusion avec des matières de verre pour limiter la possibilité de leur réaction avec le milieu naturel, puis enterrés dans des endroits sécurisés et stables géologiquement et hydrologiquement pour empêcher toute diffusion de la radioactivité.

Chapitre 4 : Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels

❖ Contrôle de la qualité et de l'état de santé des eaux :

1. Critères physicochimiques de la qualité des eaux :

Paramètres chimiques de la qualité d'eau

Niveau de qualité / critères	IA	IB	2	3	4
Matières en suspension			25	70	150
DCO	20	25	40	80	
DBO5	3	5	10	25	
NH_4	0.1	0.5	2	8	
NO_3	0.1	0.3	1	2	
NO_2			50	100	
SO_4			250		
Cl	100	200	400	1000	
O_2 dissous	7	5	3		

DBO5: La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques par voie biologique pendant 5 jours en obscurité à 20°C. Elle est exprimée en mg/L.

DCO: Demande chimique en oxygène nécessaire à l'oxydation des matières chimiques. Elle est mesurée dans les mêmes conditions de mesure de la DBO5.

Paramètres physiques de la qualité d'eau

Paramètres	Limites des classes d'état de l'eau				
	T. bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Transparence (m)	≥ 5	3,5 -5	3,5 - 2	2 - 0,8	< 0,8
MES (mg/l)	2	25	38	50	-
Turbidité (NTU)	1	35	70	100	-
Température (°C)	20 - 24	21,5 - 25,5	25 - 27	28 - 29	29 - 30
Conductivité (µS/cm)	180 - 2500	120 - 3000	60- 3500	0 - 4000	-

MES (mg/L) : matières en suspension non hydrosolubles

Transparence : clarté de l'eau, elle est mesurée par la limite de profondeur d'un disque observable dans l'eau.

Conductivité électrique : Mesure la capacité d'une eau à conduire de l'électricité, elle est en rapport avec sa charge minérale, plus la charge est importante, plus la conductivité est élevée .

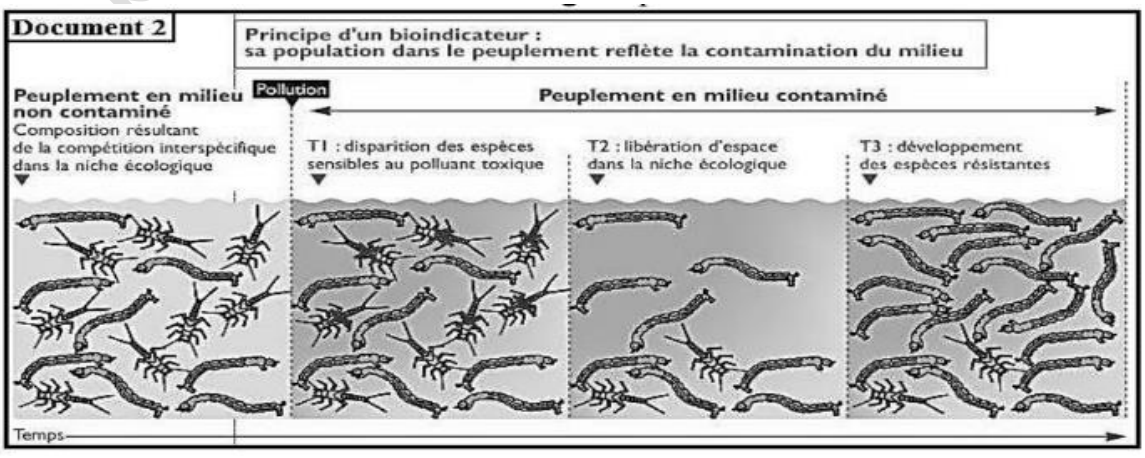
Turbidité (NTU) : Désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent.

Critère de la matière oxydable MO : **MO = (2 DBO5 + DCO) / 2**

2. Critères biologiques de la qualité des eaux :

La détermination de la qualité des eaux courantes, en termes de pollution, se fait généralement à l'aide d'indices biotiques (IB) , en utilisant des organismes aquatiques invertébrés du macrofaune. On distingue :

- ✓ **Les indicateurs d'eaux pures : organismes très sensibles à la pollution organique et aux bactéries.**
- ✓ **Les indicateurs d'eaux polluées : organismes qui ne se développent que dans une eau riche en matières organiques.**



❖ Contrôle de qualité de l'air et du sol :

1- Normes de contrôle de la qualité de l'air :

L'évaluation de la qualité et de la pureté de l'air repose sur la surveillance de la concentration de certains polluants : CO2, CO, NH4, NOx, SO2, particules en suspension (PES)...

Elément	Norme O.M.S ($\mu m/m^3$)
Moyenne d'SO_2 sur 24h	20
Moyenne annuelle d'NO_2	40
Moyenne d'O_3 sur 8h	100
Moyenne annuelle des particules ø<10 µm	20

Par ailleurs, des organismes comme l'organisation mondiale de la santé (OMS), ont établies des normes pour chaque polluant. Si la mesure est en deçà de cette norme le milieu est considéré comme salubre, alors que si elle est au-dessus de la norme, le milieu est déclaré pollué.

2- Détermination de la qualité du sol :

Les organismes bio-indicateurs permettent de déterminer le IBQS (Indice biotique de la qualité du sol allant de 1 à 20), plus la valeur de cet indice est élevée plus la qualité du sol est bonne.

pr.benhemied ayoub

Exercices de restitution profonde des connaissances

Exercice 1

Définissez les notions suivantes :

Lixiviat - Fertilisant organique. - Effet de serre. - Eutrophisation.

Exercice 2

Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, une seule suggestion est correcte. **Recopiez** les couples (1 ; ...) (2 ; ...) (3 ; ...) (4 ;...) et **écrivez** dans chaque couple la lettre correspondante à la suggestion correcte.

1- L'effet de serre est le résultat de la pollution de l'air par :
- a. les rayonnements radioactifs. b. le méthane (CH_4).
- c. l'azote N_2. d. l'hydrogène H_2.

2- L'eutrophisation des lacs résulte de:
- a. la prolifération de ses êtres vivants.
- b. l'enrichissement de ses eaux par le calcium.
- c. l'enrichissement de ses eaux par les nitrates.
- d. l'enrichissement de ses eaux par les pesticides chimiques.

3- La pollution des eaux par les nitrates résulte principalement de :
- a. l'utilisation excessive des engrais chimiques.
- b. lexiviat.
- c. l'utilisation excessive des pesticides.
- d. polluants industriels.

4- Les déchets radioactifs du type B sont de :
- a. forte activité radioactive et de courte durée de vie.
- b. forte activité radioactive et de longue durée de vie.
- c. faible activité radioactive et de courte durée de vie.
- d. faible activité radioactive et de longue durée de vie.

Exercice 3

Reliez chaque élément du groupe 1 à la définition qui lui convient du groupe 2. Recopiez les couples (1 ;...) ; (2 ;...) ; (3 ;...) ; (4 ;...) et adressez à chaque numéro la lettre correspondante.

Groupe 1:	Groupe 2 :
1- DB05	a- indicateur de l'état du sol basé sur le peuplement des macro-invertébrés.
2- IB	b- indicateur qui exprime la demande en oxygène nécessaire pour l'oxydation biologique de la matière organique dans un litre d'eau pendant cinq jours en obscurité.
3- IBQS	c- indicateur qui exprime la demande en oxygène nécessaire pour l'oxydation chimique de la matière organique dans un litre d'eau.
4- DCO	d- indicateur d'estimation de la pollution des eaux basé sur son peuplement en invertébrés aquatiques.

Exercice 4

Pour chacune des données numérotées de 1 à 4, une seule pro- position est correcte. **Recopiez** les couples suivants, et **choisissez** pour chaque couple la lettre correspondante à la proposition correcte. (1 ;...) ; (2 ;...) ; (3 ;...) ; (4 ;...).

1.L'infiltration du lixiviat dans le sol provoque :
a- la production du méthane. b- l'effet de serre.
c- les pluies acides. d- la pollution des nappes phréatiques.

2.Le tri des déchets est une opération qui se déroule selon les étapes suivantes :
E1 : transport des colis de déchets triés vers les unités de recyclage.
E2 : collecte des déchets.
E3 : tri des déchets à la mai- son.
E4 : déchargement des dé- chets au niveau des centres de tri.
E5 : tri au niveau des centres de tri.
La succession de ces étapes est:
a-E3→E2→E4→E5 →E1 b-E3→E5→E4→E1→E2 c- E3→ E4→ E1→E2→E3 d-E3→E1→E2 →E5→E4

3. L'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre résulte de l'utilisation de l'énergie : a- éolienne. b- fossile. c- géothermique. d- L'hydraulique.

4. Le contrôle de la qualité des milieux aquatiques se base sur :
a- l'indice biotique IBQS, b- les indices DCO et DBO5.
c- la concentration du méthane. d- la densité de la macroflore.

Exercice 5

Recopiez le numéro de chacune des propositions suivantes, puis écrivez «vrai» ou «faux» .

1. La désintégration des noyaux atomiques des substances radioactives s'accompagne par la production d'une énergie exploitable.
2. Les activités agricoles et industrielles excessives participent à la stabilité du taux atmosphérique du dioxyde de carbone.
3. Les pluies acides résultent de l'augmentation du taux des oxydes d'azote et des oxydes de soufre dans l'atmosphère.
4. L'amincissement de la couche d'ozone résulte de la réaction de l'ozone avec le dioxyde de carbone.
5. Le biogaz résulte de l'oxydation des déchets organiques en anaérobie sous l'action des microorganismes.
6. Les pluies acides résultent de l'interaction de l'eau atmosphérique avec le complexe CFC.
7. L'amincissement de la couche d'ozone résulte de l'interaction des oxydes du soufre avec les molécules d'ozone.
8. La demi-vie est le temps au bout duquel toute la matière radioactive est désintégrée.

Exercice 6

Citez :

1. Deux domaines d'utilisation des substances radioactives.
2. Deux procédures permettant la valorisation de la matière organique des déchets ménagers

Saisons	Été 2010	Automne 2010
Concentration de pesticide dans les eaux dans la plage d'Anza en ng /L	0,80	0,32
Concentration de pesticide dans les tissus du mollusque bivalve en ng /Kg	1920	985

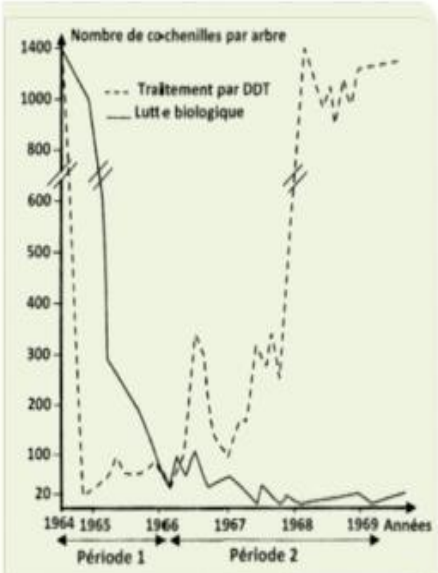
document 3

2. **En vous basant** sur le document 3, **Comparez** la concentration de pesticide enregistrée dans les eaux à celle enregistrée dans les tissus du mollusque bivalve durant l'été et l'automne de l'année 2010, puis **expliquez** la différence observée.

Dans le but de protéger les écosystèmes contre les effets néfastes des pesticides utilisés dans l'agriculture, des chercheurs ont suivi les effets de deux méthodes différentes de traitement contre une cochenille (insecte) qui détruit les orangers.

- La 1ère méthode consiste à utiliser un insecticide chimique, le DDT, pour traiter un échantillon d'orangers.
- La 2ème méthode consiste à libérer des insectes prédateurs de cette cochenille pour traiter un autre échantillon d'orangers.

Les résultats sont représentés dans le document 4.



document 4

3. En vous basant sur le document 4 et vos connaissances :

a- Déterminez le traitement le plus efficace durant la période 1 et durant la période 2. Justifiez votre réponse.

b- Expliquez l'évolution du nombre des cochenilles dans le cas de traitement par le DDT pendant la période 2.

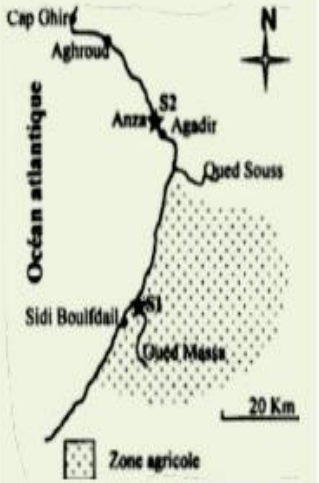
4. En vous basant sur les données précédentes et vos connaissances, déduisez la méthode adéquate au traitement des orangers et à la préservation des écosystèmes de la baie d'Agadir. Justifiez votre réponse,

Exercice 1

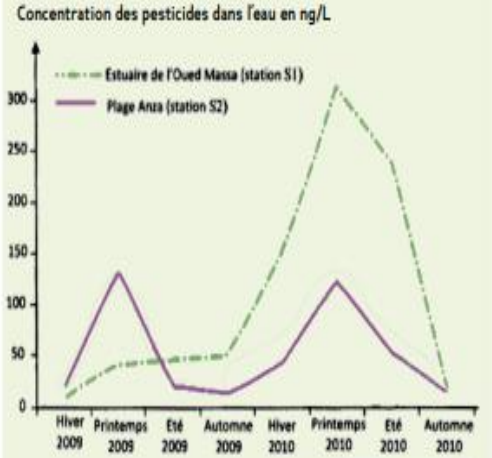
La baie d'Agadir s'ouvre sur la plaine de Souss au sud du Maroc, où s'est développée une agriculture moderne de type industriel. Pour accroître le rendement et protéger les cultures, cette apiculture a été accompagnée d'une utilisation excessive des pesticides. Ces pesticides ont des effets néfastes sur la santé humaine et environnementale.

Afin d'évaluer le niveau de contamination par les pesticides dans les écosystèmes de la baie d'Agadir, des chercheurs ont réalisé des analyses chimiques sur des échantillons d'eau prélevés de deux stations S1 et S2 (document 1) durant les années 2009 et 2010. Les résultats de ces analyses sont présentés dans les graphiques du document 2.

Remarque : l'année 2010 a connu des précipitations importantes qui ont favorisé une activité agricole intense.



document 1



document 2

1. **En exploitant** les documents 1 et 2 :

a- **Décrivez** l'évolution de la concentration des pesticides dans la station S1 durant les années 2009 et 2010.

b- **Comparez** le degré de la pollution des eaux des stations S1 et S2 durant les saisons de l'année 2010, puis **expliquez** la différence enregistrée.

Pour déterminer le degré de contamination des êtres vivants de la baie d'Agadir par un type de pesticide (endosulfans), un suivi de sa concentration dans les tissus d'un mollusque bivalve (perna perna) qui se nourrit par filtration des eaux de mer, durant l'été et l'automne de l'année 2010 a été réalisée dans la plage d'Anza. Le document 3 présente les résultats obtenus.

CF : Colifonnes fécaux SF : Streptocoques fécaux

- Les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux sont des mi- cro-organismes qui se trouvent dans la matière fécale des ani- maux et de l'Homme;
- Dans le sol L'ammoniac $NH4^+$ « se transforme en nitrite NO-2 puis en nitrate NO_3^-;
- Pour identifier F origine des coralliformes fécaux et strepto- coques fécaux détectés dans les eaux des puits étudiés, on se base sur le calcul du rapport CF/SF. Les bactéries sont d'origine

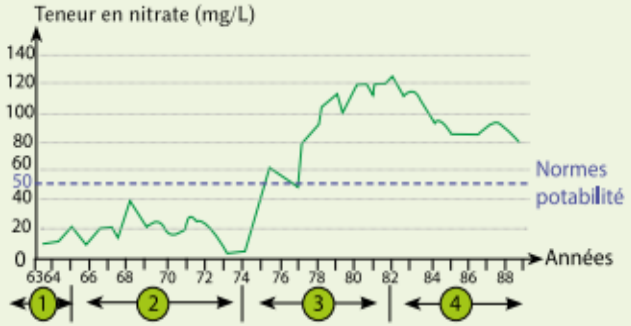
animale (et non humaine) si le rapport CF/SF est **inférieur à 0,7**.

document 2

1. **En se basant** sur les données du document 2, **comparez** les valeurs de NO_3^-. CF et SF détectés dans les eaux des puits étudiés aux normes d'eau potable, et **déduisez** la portabilité des eaux de ces puits.
2. **Calculez** le rapport CF/SF pour les quatre puits, et **déduisez** l'origine des coralliformes et streptocoques : fécaux détectés dans les eaux des puits étudiés.
3. **En se basant** sur les données des documents I et 2 et sur vos connaissances, **expliquez** l'origine de la souterraines de la légion M'nasra par les nitrates.

   Afin de trouver des solutions au problème de la pollution des eaux souterraines par les nitrates, on propose l'exploitation des données suivantes :

   La culture de la féverole (fève) contribue à l'enrichissement du sol en azote minéral facilement assimilable par les plantes. À titre d'exemple, une féverole d'hiver laisse dans le sol de l'azote minéral qui couvre environ 67 % des besoins d'autre culture comme le blé. Le document 3 montre la variation de la teneur en nitrates d'une eau souterraine en fonction des pratiques agricoles dans une région de la France durant la période allant de 1963 à 1988,



1. Sol non cultivé
2. Cultures alternées avec la févrole
3. Fertilisation du sol le fumier des bovins
4. Arrêt de l'utilisation du fumier

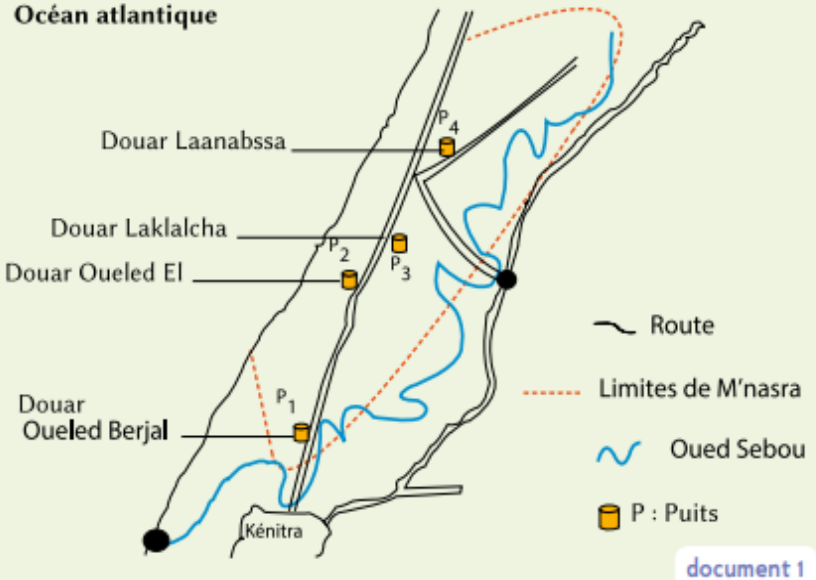
document 3

4. **Décrivez** la variation de la teneur en nitrates des eaux souterraines en fonction des pratiques agricoles illustrés dans le document 3, et **proposez** une solution appropriée pour améliorer la qualité des eaux souterraines de la région M'nasra.

Exercice 2

La région de M'nasra dans les environs de Kénitra est connue par une activité agricole importante surtout l'élevage des bovins et des cultures sur des sols fertilisés par le fumier des bovins riche en ammoniac NH_4^+ avec un volume estimé à 80.106 m³. Les eaux souterraines de cette région constituent la source principale d'approvisionnement en eau potable et en eau utilisée dans l'agriculture. La nappe phréatique de M'nasra s'alimente par infiltration des eaux de pluies, mais elle reste exposé à la pollution.

Pour étudier l'impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines de la région de M'nasra, des analyses chimiques et biologiques ont été réalisées sur des échantillons d'eau prélevés de quatre puits indiqués dans le document 1. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau du document 2



document 1

Les puis Les paramètres	P1	P2	P3	P4	normes d'eau potable
Ammoniac NH+4 en mg/L	0,00	0,00	0,28	0,00	≤ 0,5mg/L
Nitrites NO-2 en mg/L	0,007	0,003	0,004	0,002	≤ 0,1mg/L
Nitrates NO-3 en mg/L	26,16	107,76	114,47	198,46	≤ 50mg/L
Nombre des CF dans 100mL	380	57	120	0	0
Nombre des SF dans 100mL	1250x103	8x103	5,8x103	2,5x103	0

Exercice 3

1. **Décrivez** l'évolution de la productivité de l'anguille représentée par le document 2.
Pour expliquer la variation de la productivité d'anguille observée de 1994 à 1997, un écologiste a proposé deux hypothèses :

Hypothèse 1 :
La variation observée est liée à la construction de barrages dans la zone concernée.

Hypothèse 2 :
la variation observée est liée à la pollution des eaux du fleuve Sebou par des polluants résultants des activités des unités industrielles installées sur les rives de ce fleuve.

Pour vérifier ces deux hypothèses, on propose les données suivantes :

- L'activité des unités industrielles localisées dans le bassin de Sebou aboutit à une pollution organique des eaux. 70% des polluants organiques émis dans les eaux du fleuve proviennent des unités de la production du sucre, du papier et d'huile d'olive. 100% des métaux lourds émis dans ces eaux proviennent des activités industrielles.

Le tableau du document 3 donne les résultats de mesure de la concentration de trois métaux lourds dans les organes du poisson d'Anguille de Sebou pendant la période de 1994 à 1997, ainsi que les concentrations normales des mêmes métaux lourds selon l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Métaux lourds	Hg	Pb	Cd
Concentration dans les organes d'Aiguille de Sebou (ug/gPf*)	0.58	0.51	0.16
Concentration normales selon OMS (pg/g Pf)	0.5	0.4	0.1

Pf= poids frais

document 3

2. **En se basant** sur les données précédentes et le document 3 :

a- **Comparez** la concentration des métaux lourds dans les organes de l'Anguille de Sebou avec les normes de l'OMS, puis expliquez la différence observée.

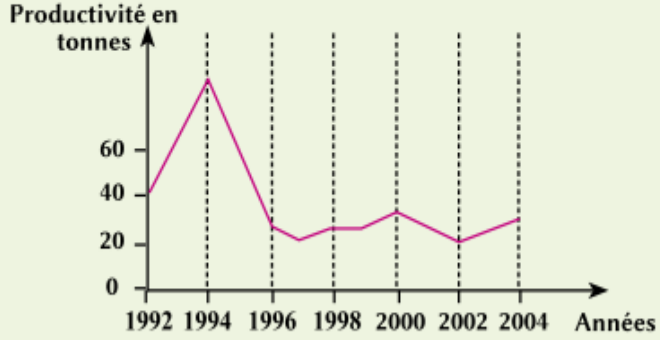
b- Laquelle des deux hypothèses a été vérifiée ? Justifiez votre réponse,

3. **Proposez** deux procédures convenables permettant la sauve- garde de l'équilibre de l'anguille dans les eaux de Sebou.

Au Maroc, Le fleuve Sebou constitue un des milieux de vie de l'Anguille (une espèce de poisson). Au coins de ces dernières années, les eaux de ce fleuve sont menacées de pollution liée à certaines activités humaines. Afin de montrer l'effet de cette pollution sur la multiplication de ce poisson, on propose l'exploitation des résultats d'une étude des eaux du bassin de Sebou. Le site d'étude est indiqué sur la carte du document 1.

document 1

Le document 2 montre l'évolution de la productivité de l'anguille au niveau du fleuve de Sebou depuis 1992 jusqu'à 2004.



document 2

...Le secteur industriel de Taourirt renferme 75 unités industrielles dont 67 sont des conserveries d'olives. Il génère 2321 m3/an de déchets qui sont déversés sans traitement préalable dans Oued Al-Kariyane. Les eaux usées de la ville de Taourirt sont déversées dans oued Et-tyuor, seuls 65% de ces eaux sont traitées au niveau de la station d'épuration depuis 2005, mais son efficacité et son rendement ont chuté du fait de la croissance du volume des rejets de l'industrie d'olives et des conserveries (poisson, olives, abricot...)

document 3

1. En exploitant les documents 1, 2 et 3 :

a - Comparez les valeurs des mesures réalisées dans les stations 2 et 3 aux valeurs de la station 1.

b -Expliquez les résultats enregistrés dans la station 2 en précisant son impact sur les eaux du fleuve Moulouya.

La zone industrielle de la ville de Zaio renferme une usine de sucrerie qui déverse ses rejets industriels, constitués principalement de matière organique et chimique, directement dans oued Sebra (affluent de Moulouya). Cet oued reçoit aussi les rejets domestiques de la ville de Zaio.

En 2011 les rives de la Moulouya de la région ont jeté des tonnes de poissons morts. Pour déterminer la cause de la mort de ces poissons, une analyse d'échantillons d'eau (juillet 2011) a été réalisée dans trois stations S1, S2 et S3 représentées sur la carte du document 4 (la station S1 est considérée comme station de référence). Le document 5 présente les résultats de cette analyse.

document 4

Paramètres / Stations	Matières en suspension mg/l	O2 dissous mg/l	DBO5 mg/l
S1 (référence)	13.5	9.2	0.8
S2	1350	0	3650
S3	584	1.2	280

document 5

2. En exploitant les données des documents 4 et 5, expliquez la mort des poissons dans la Moulouya.

3. En vous basant sur les données précédentes, proposez trois procédés appropriés pour réduire la pollution des eaux de la Moulouya.

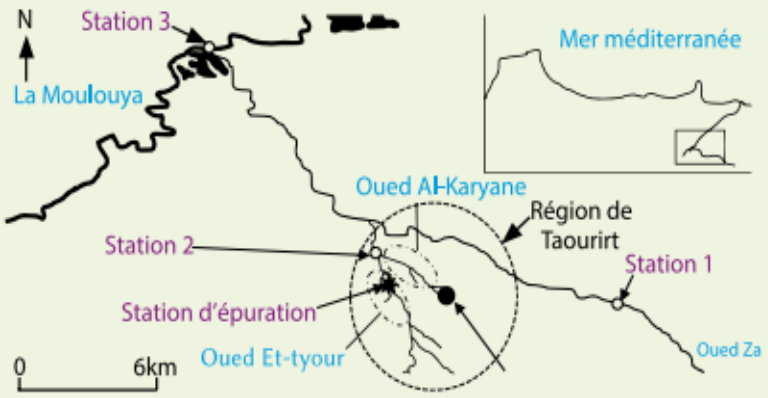
Exercice 4

Dans la région de Taourirt – Zaio, le fleuve de la Moulouya est af fecté par les rejets domestiques et par l'activité industrielle. Pour mettre en évidence l'impact de ces actions sur les eaux de la Mou- louya, on propose les données suivantes :

Oued Za (avec ses affluents : oued Al-Kariyane et oued Et-tyour) est l'un des principaux affluents de la Moulouya de la région de Taourirt. La démographie croissante et le développement continu du secteur industriel ont un impact direct sur les cours d'eau d'oued Za.

Dans le but d'évaluer la qualité de ces eaux, une étude a été menée en 2010 au niveau de trois stations :

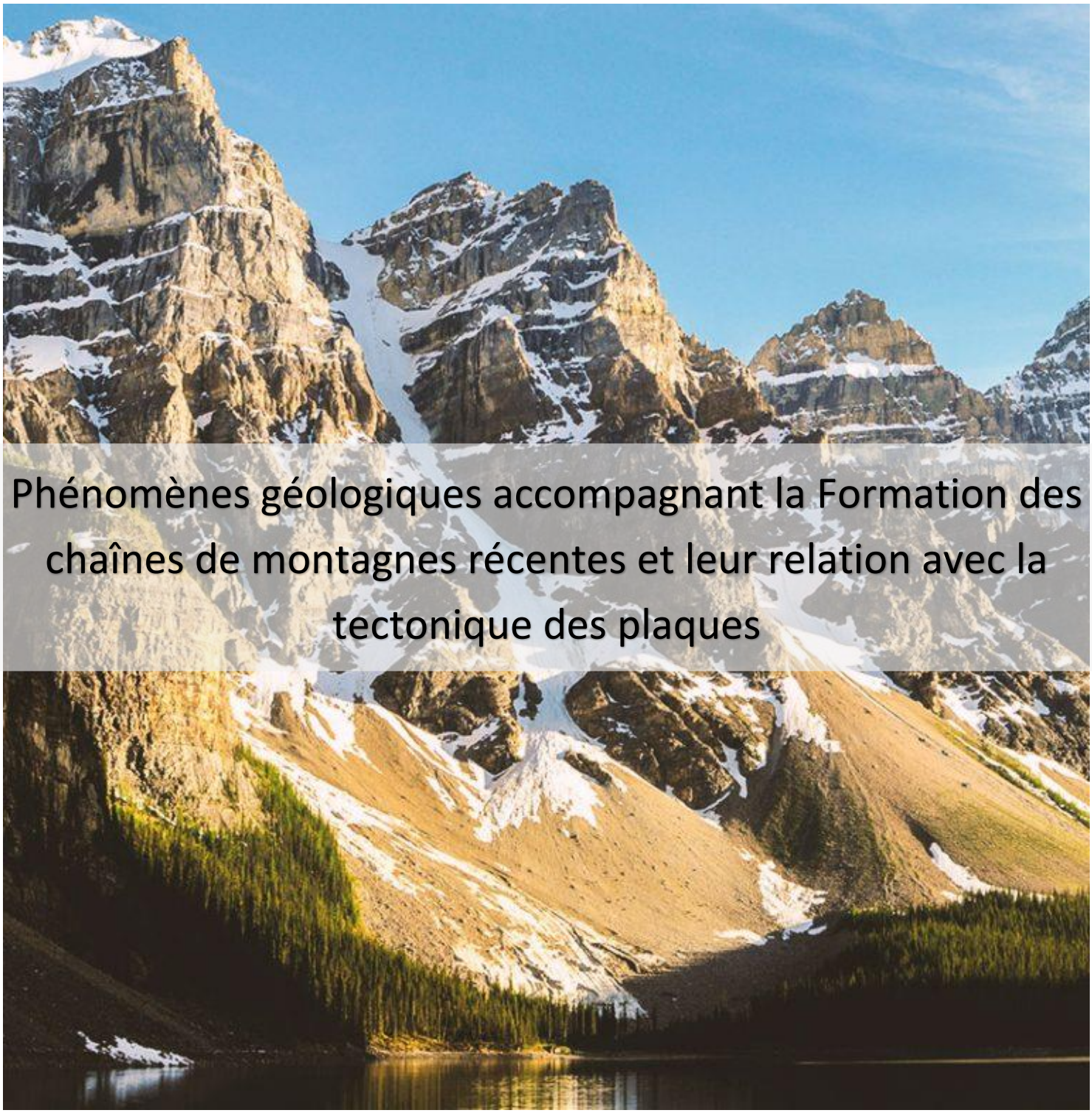
Le document 1 montre la localisation d'oued Za et ses affluents et des trois stations d'étude (la station 1 est considérée comme station de référence). Le document 2 présente les résultats de mesure de quatre critères de la qualité des eaux des trois stations. Le document 3 donne des informations sur la nature des activités industrielles dans la région de Taourirt et sur l'état de sa station d'épuration.



document 1

Stations / Paramètres	DBO5 (mg/L)	O2 dissout (mg/L)	Matières en suspension (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)
Station 1 (référence)	1	8,46	125	0.109
Station 2	881.6	0.1	3530	7.852
Station 3	8	7.13	212	0.133

document 2



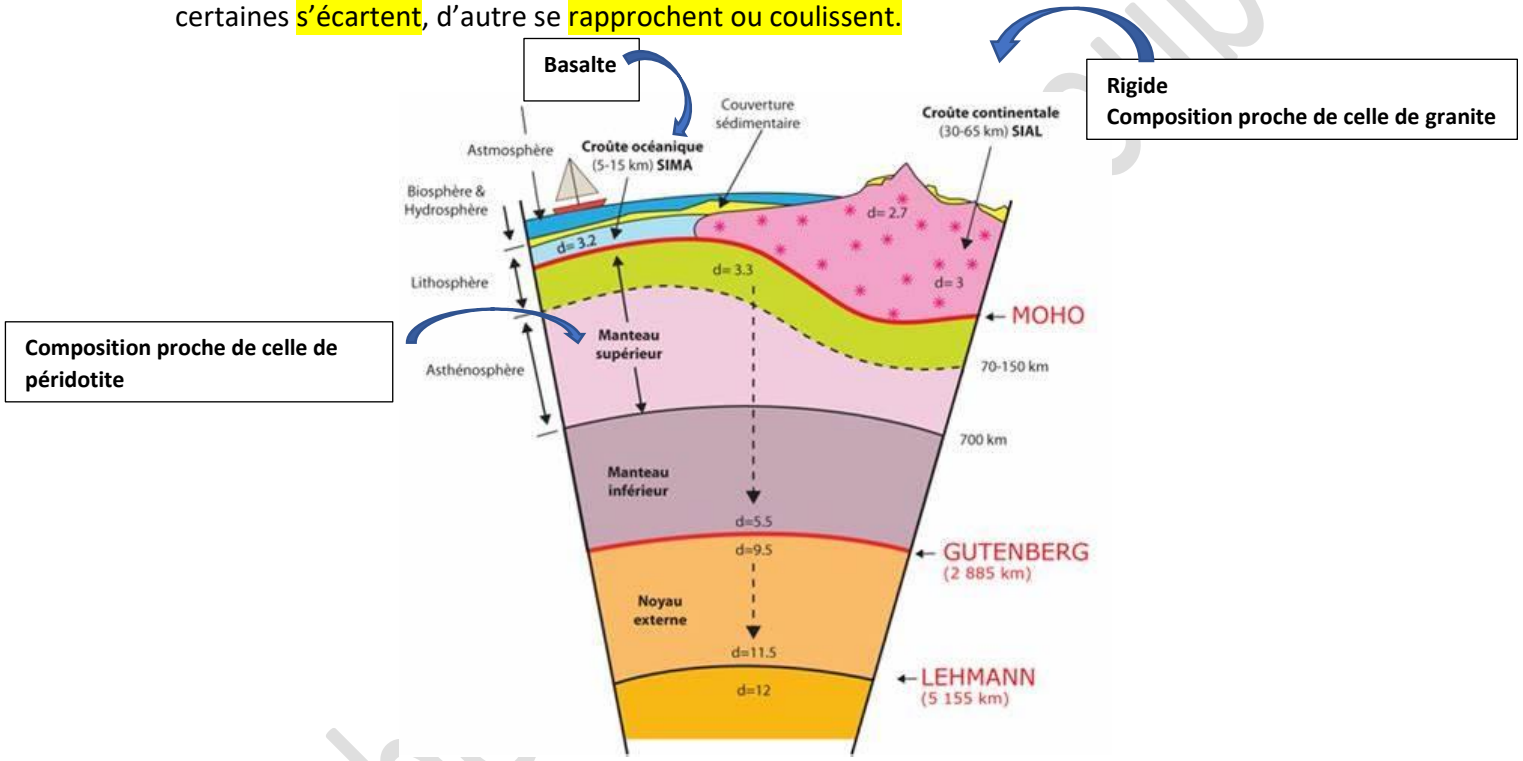
Phénomènes géologiques accompagnant la Formation des chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques

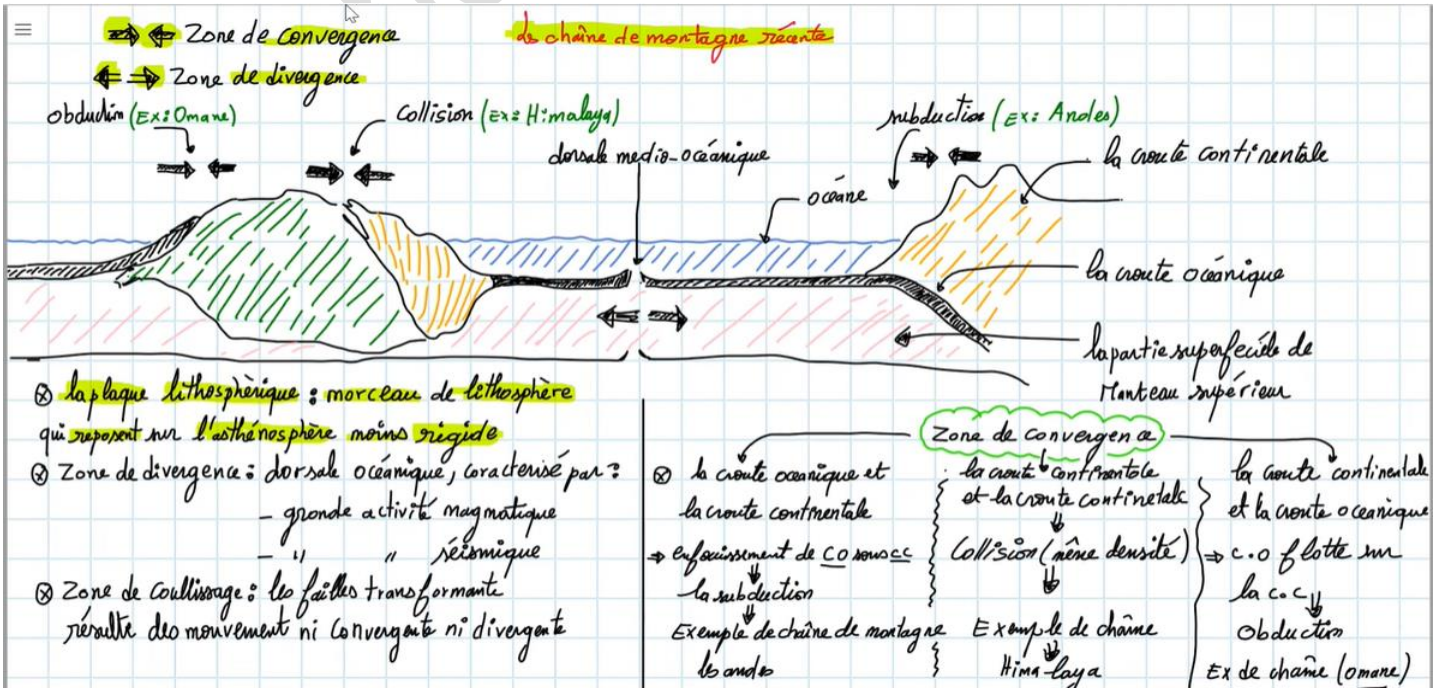
Chapitre 1 : Les chaines de montagnes récentes et leurs relations avec la tectonique des plaques

Rappel :

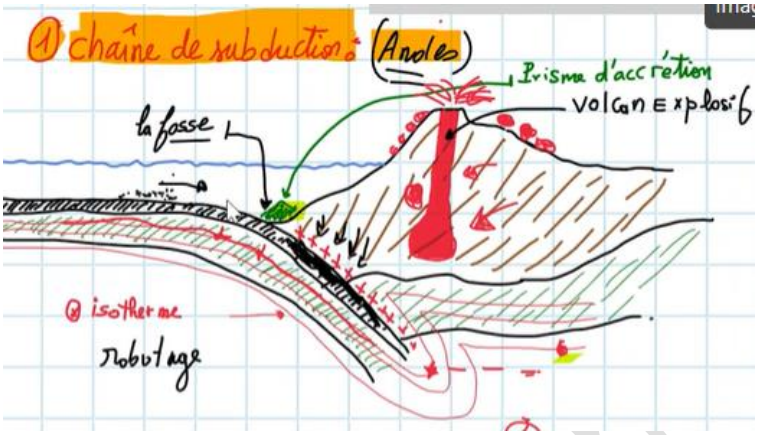
Définition de la plaque lithosphérique et ses caractéristiques.

La plaque lithosphérique est une portion de lithosphère rigide **délimitée par des frontières ayant une activité sismique et volcanique importante**. Elle peut être totalement océanique ou comporter à la fois une partie continentale et une partie océanique.
Les plaques lithosphériques déplacent les unes par rapport aux autres sur l'asthénosphère : certaines s'écartent, d'autre se rapprochent ou coulissent.

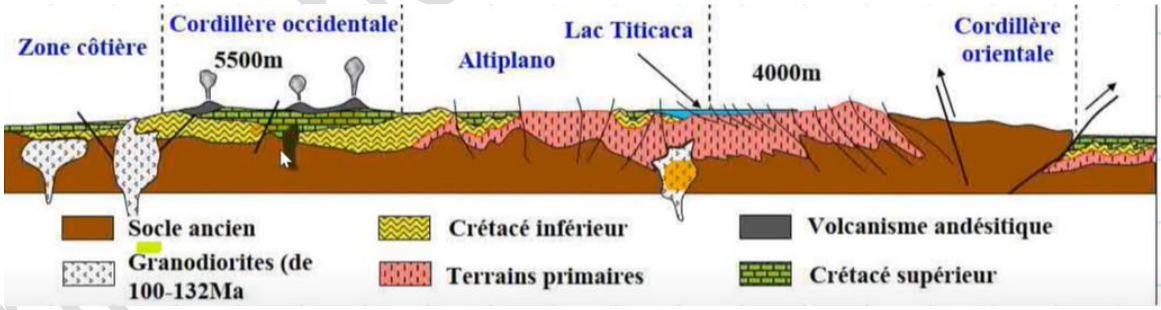




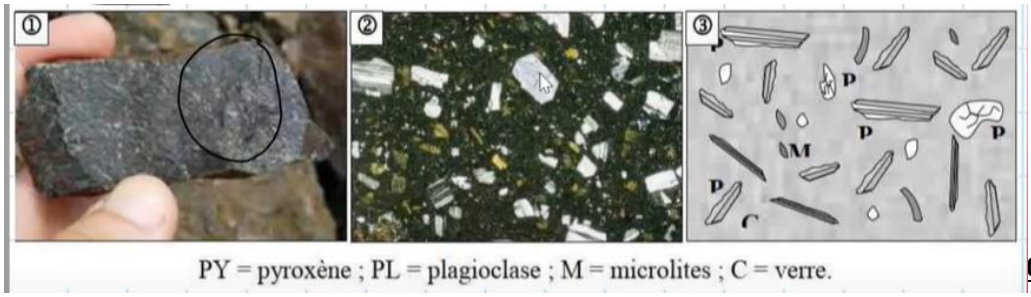
1- Chaine de subduction :



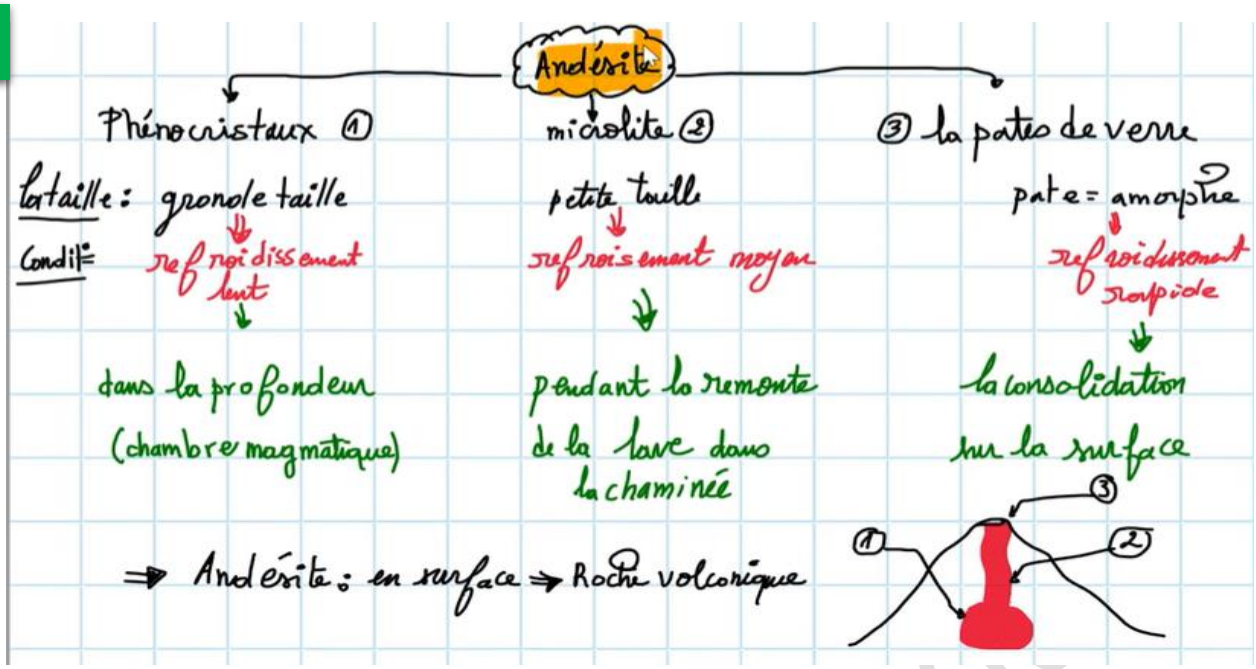
- **Les caractéristiques structurales et géophysiques :**
  - Présence de **fosse océanique** et **prisme d'accrétion** (sédiments océanique accumulé).
  - **Activité sismique :**
    *La répartition oblique des foyers sismiques selon un plan oblique : **Plan de Bénioff** causé par l'enfouissement de la lithosphère à l'intérieur de manteau chaud et ductile.
  - **Activité volcanique :**
    Volcanisme andésitique : 2 roches principales :
    Roche volcanique (refroidissement à l'extérieur du volcan) : Andésite.
    Roche plutonique (refroidissement à l'intérieur du volcan) : granodiorite
  - **Activité thermique :**
    Présence des isothermes.
    http://viasvt.fr/subduction-magma/subduction-magma.html
- **Les caractéristiques tectoniques et pétrographiques :**



Tectonique :
Déformation tectoniques simple :
***Des plis de grandes amplitudes.**
***Des failles inverses et normales.**
Prisme d'accrétion.
Pétrographiques : Andésite

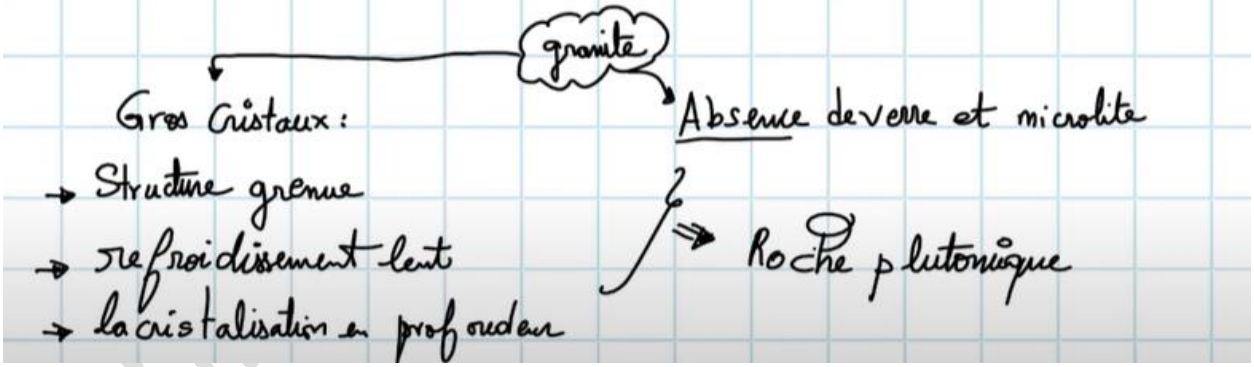


PY = pyroxène ; PL = plagioclase ; M = microlites ; C = verre.

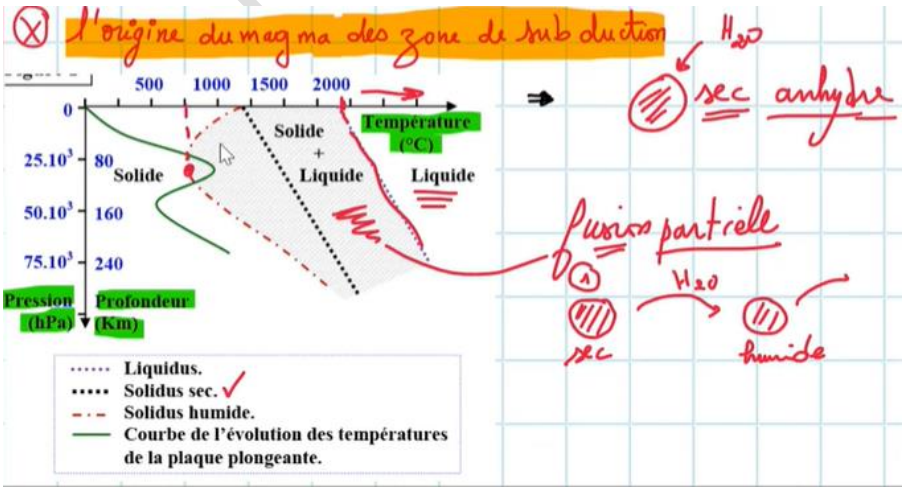


Granodiorite :

Q = quartz ; P = Feldspath plagioclase ; Bi = Biotite ; Am = Amphibole



- **Origine du magma des zones de subduction :**



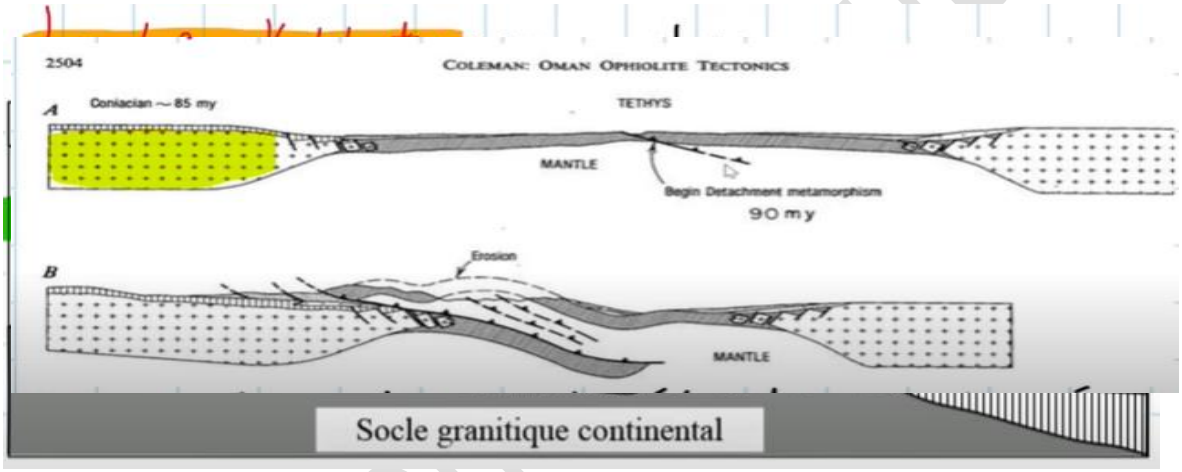
1- Enfouissement de la croute océanique plus dense sur la croute continentale.

2- L'augmentation de la T° et la P ce qui provoque des réactions minéralogiques qui libère l'eau et la croute océanique.

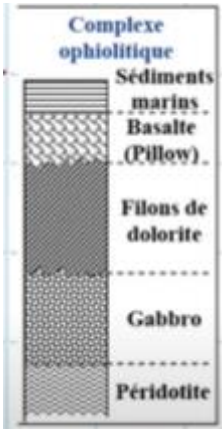
3- Les conditions sont alors réunis pour que se produise la fusion partielle des matériaux du coin de manteau et la formation du magma.

- **Les etapes de la formation des chaines de subduction :**
  - ✓ A cause des courants de convection la plaque océanique la plus dense s'enfuie lentement sous la plaque continentale.
  - ✓ La formation de la fosse océanique et le prisme d'accrétion a cause de rabotage des sédiments marin recouvrant la plaque océanique.
  - ✓ La formation de magma a cause de la fusion partielle du manteau supérieur ce qui donne les volcans andésitiques.
  - ✓ Sous l'effet contrainte compressive il se produit l'augmentation d'amplitude de la croute continentale et la formation des plis et les failles.

2- Chaine d'obduction :



- **Les caractéristiques tectoniques et pétrographiques :**
  - **La présence d'ophiolite :**
    ***morceau de la plaque océanique.**
    ***indicateur : de chevauchement de la plaque océanique sur la plaque continentale.**
  - **La présence du prisme d'accrétion :**
    ***sédiments marins.**
    ***indicateur : d'une ancienne subduction.**
  - **La présence des failles inverses et les plis et les nappes de charriage.**



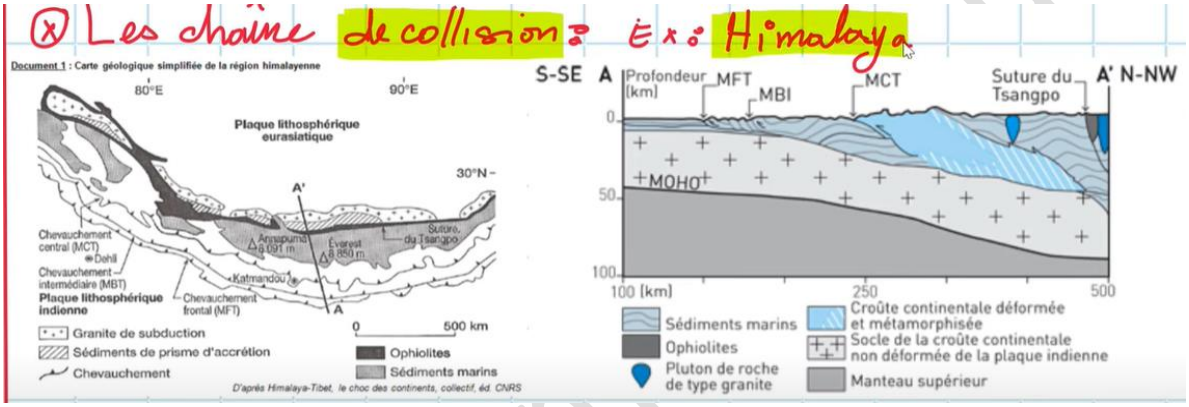
Définition de l'obduction : des phénomènes géodynamiques au cours duquel des portions de croute océanique émergent sur la marge continentale sous l'effet des forces de convergence.

- **Les etapes de la formation des chaines d'obduction d'Oman**

- ✓ A cause de poids des sédiments marin dépose sur la plaque océanique et sous l'effet des forces compressives, la plaque océanique subis une grande cassure suivie d'une subduction intra océanique.
- ✓ La subduction se poursuit et progressivement jusque-là disparition de domine marin et le blocage de la subduction.
- ✓ Sous l'effet des forces compressives la plaque océanique glisse sur la croute continentale (Autochtone) ce qui provoque la déformation de la couche sous forme de reliefs des sédiments marins (Allochtone) sont poussés de grande distance pour former des nappes de charriage.

2- Chaine de collision :

⊗ Les chaine de collision : Ex : Himalaya



Caractéristique

Pétrographique :

⊗ Présence de granitoïde et andésite et prisme d'accrétion

⇒ Témoignent de subduction ancienne

⊗ Présence d'ophiolite (suture de Tsangpo)

⇒ Témoigne d'une obduction ancienne

⊗ Sédiment de fond marin prouve la fermeture de l'océan.

Tectonique

⊗ faille inverse

⊗ de plis de grand amplitude

⊗ chauvechement

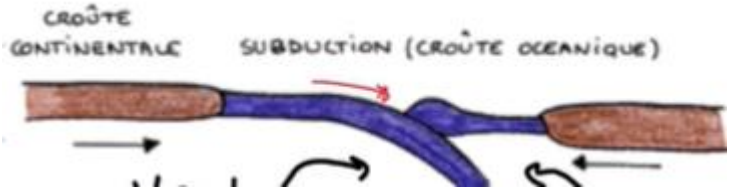
⊗ charriage

⇒ forte compression lors de la collision

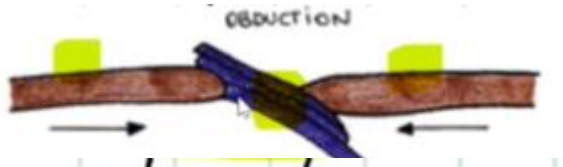
⇒ Montagne de grande altitude

- **Les etapes de la formation des chaines de collision :**

1ère étape : à cause des courants de convection la plaque d'inde rapprochent la plaque eurasienne, ce rapprochement est accompagné par une subduction océanique faisant la disparition de l'océan Téthys, cette subduction favorise à la formation de magmatisme andésitique de la part de la part plaque Eurasie.



2eme étape : blocage de subduction entrainant une obduction d'un morceau ophiolitique.

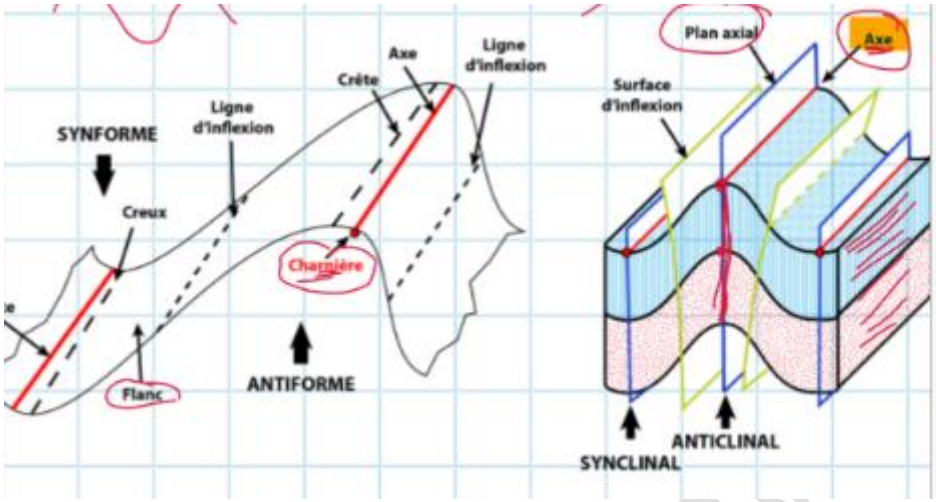


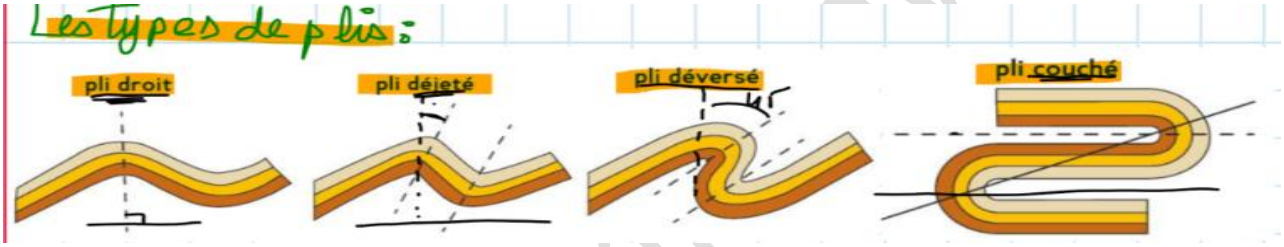
3eme étape : fermeture de l'océan et la collision des deux marges continentales car les deux croutes sont légères même densité.

pr.benhe

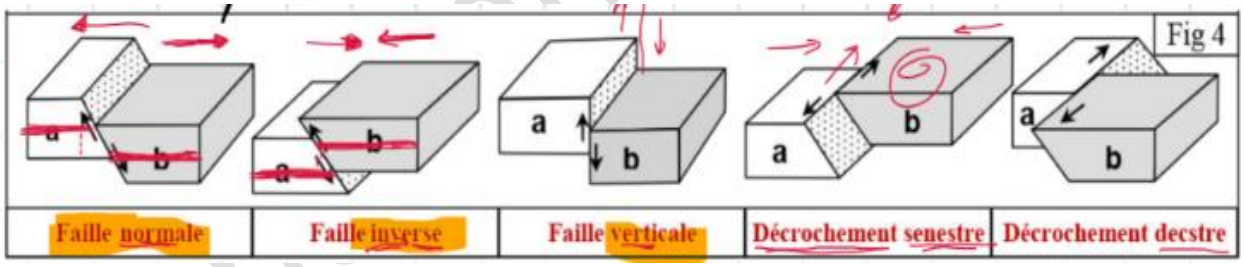
Chapitre 2 : Les déformations tectoniques

1. les plis : déformation souple qui se présentent sous forme d'ondulation de convexité vers le haut (anticlinal), ou vers le bas (synclinal).





2. les failles : déformation cassante discontinues avec déplacement relatif des deux compartiments rocheux

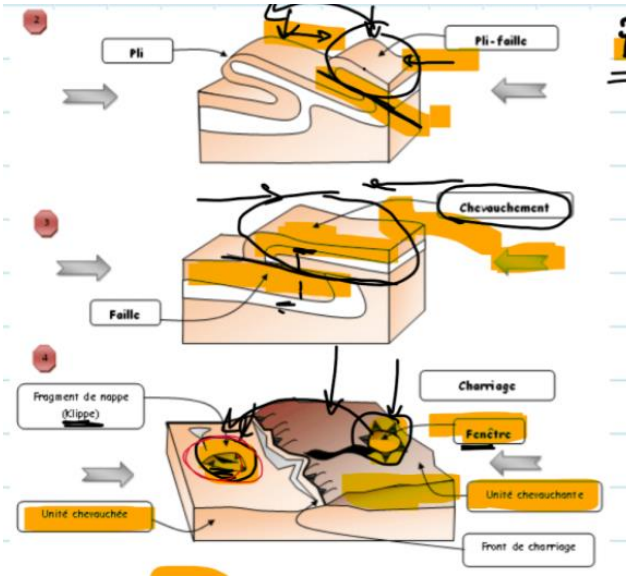


3. les déformations intermédiaires :

Pli-faille : Pli déversé ou couché dont le flanc inverse a été laminé par une faille inverse.

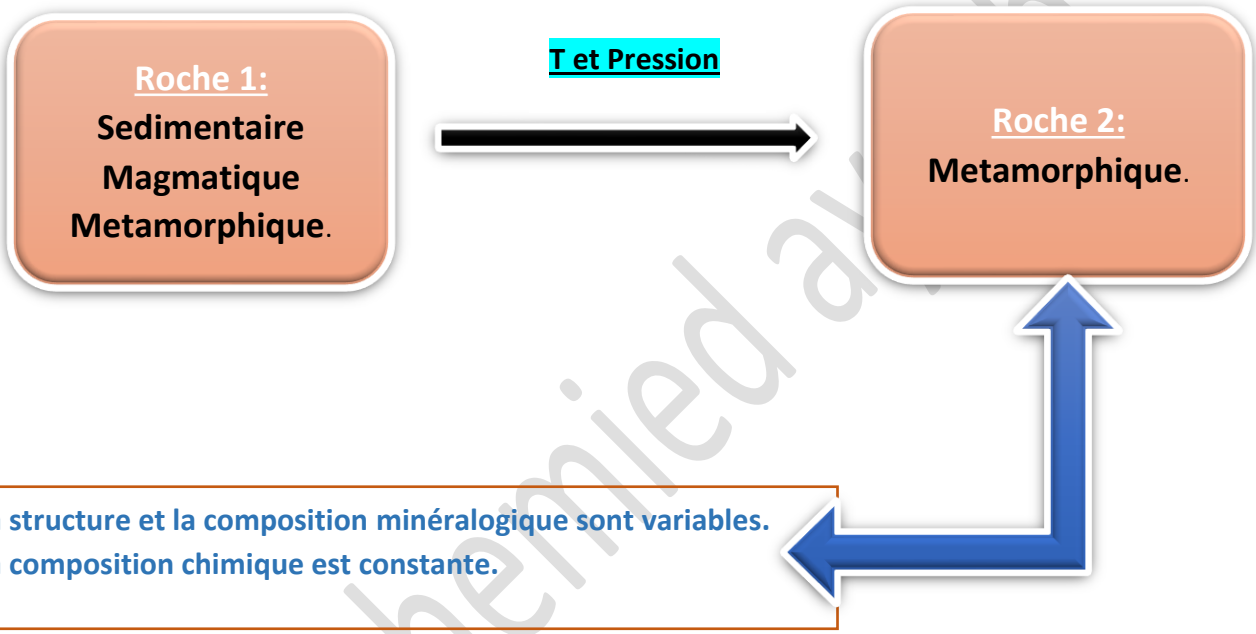
Chevauchement : C'est un mouvement tectonique ou une série de terrains en recouvre une autre par le biais d'un contact normal de type faille inverse.

Nappe de charriage : c'est un ensemble de couches géologiques de grande dimension qui lors d'une orogenèse sont décollées du socle et se sont déplacés sur de grande distance.



Chapitre 3 : le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

❖ **Définition : l'ensemble de transformation minéralogiques et structurales d'une roche a l'état solide sous l'effet de la variation de la température et la pression ces modifications donnent lieu à la formation d'une nouvelle roche à partir d'une roche préexistante, la nouvelle roche forme est dite métamorphique.**

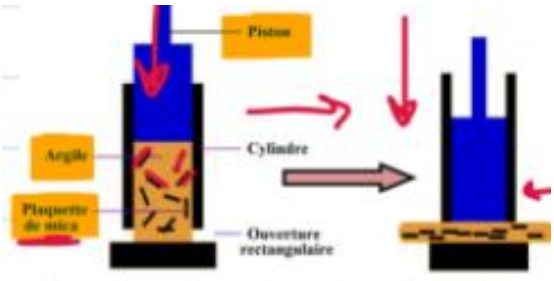


- La structure et la composition minéralogique sont variables.
- La composition chimique est constante.

❖ Les facteurs de métamorphisme :

La pression : « la structure »

L'effet de la pression sur un mélange d'argile et de mica conduit à la formation d'une roche aux minéraux orientes (schistosité) perpendiculairement à l'orientation des contraintes (Donc cette dernière change la structure des roches métamorphique).



La température : « la composition minéralogique »

Expérience de Winkler : fait subir avec ses collaborateurs une roche argileuse a une pression constante avec une augmentation progressive de la température et ont noté les changements suivants :

✓ **A la température de 570°C, il y'a apparition de nouveaux minéraux, tels que l'andalousite selon la réaction suivante :**

$$Al_4SiO_4(OH)_8 + 2\,SiO_2 \rightarrow 2Al_2SiO_5 + SiO_2 + 4H_2O$$

Kaolinite Silice (Quartz) Andalousite Silice eau

pr.benhemied ayoub

✓ **A la température de 700°C, la fusion partielle commence, le milieu est constitué de 2 états : un solide contenant la biotite et la sillimanite et l'autre liquide issu de la fusion. Il y'a disparition de l'andalousite au profil de la sillimanite.**

Exemple séquence métamorphique :
http://viasvt.fr/subduction-metamorphisme/subduction-metamorphisme.html

1. séquence argileuse (Zone de collision) :

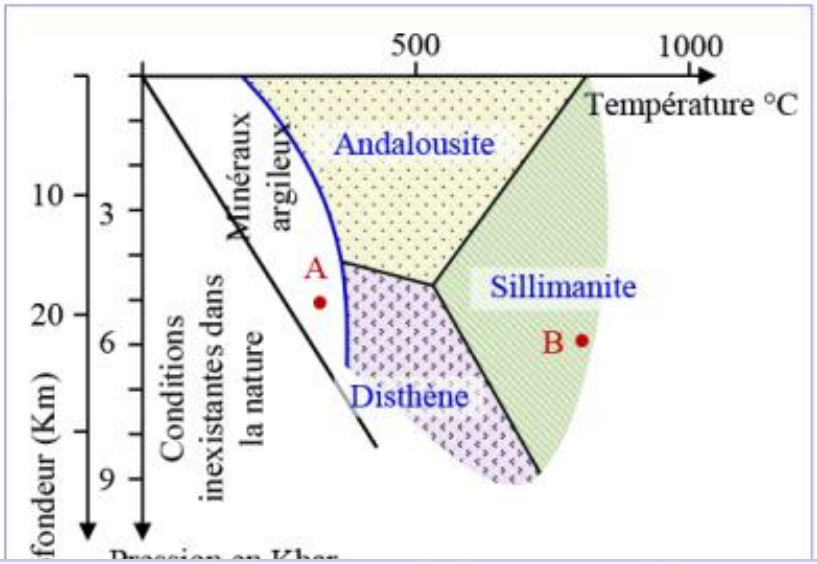
Argile → Schiste → Micaschiste → gneiss

2. séquence basique (Zone de subduction) :

Basalte → Schiste vert→ Schiste bleu → Eclogite

Gabbro → Metagabbro→ Eclogite

❖ Minéraux index, séquence métamorphique, notion de facies et série métamorphique :

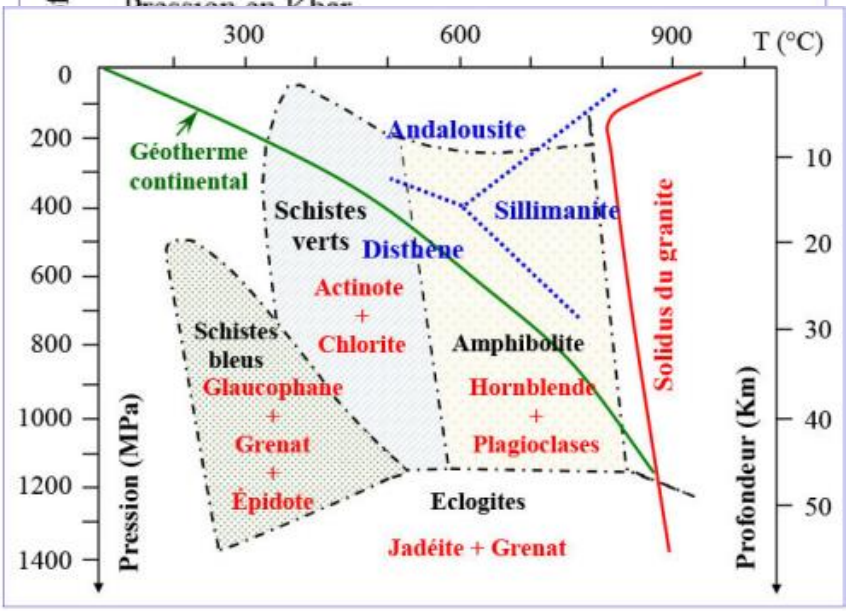


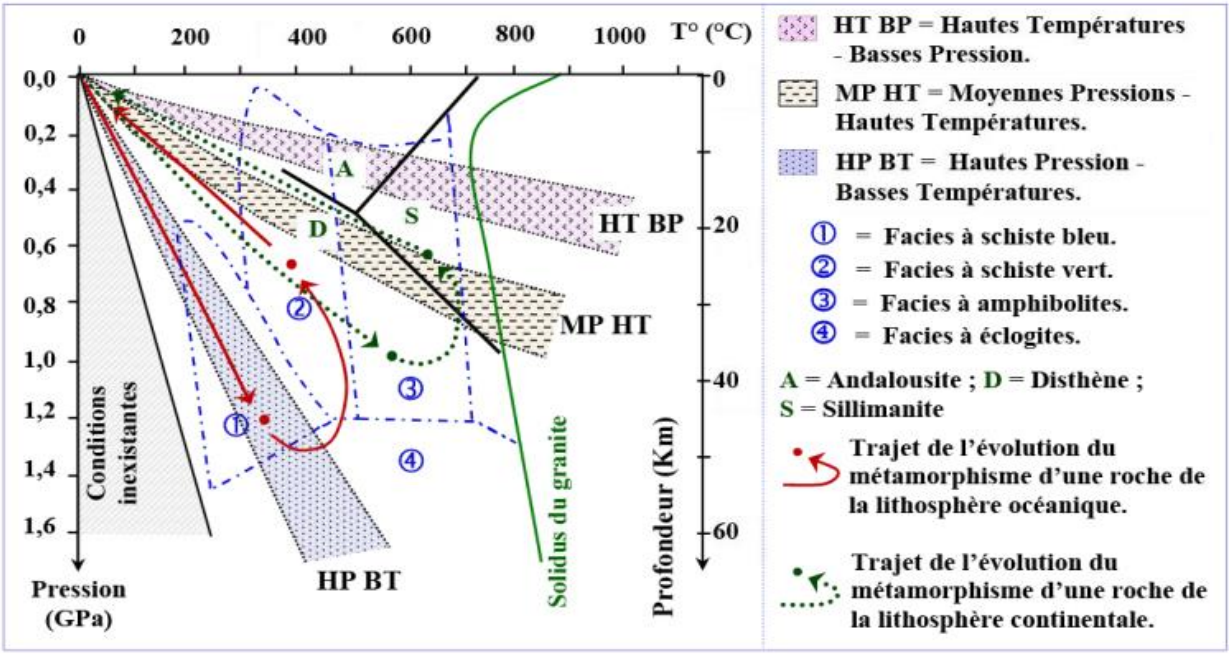
Minéral index : c'est un minérale qui indique les conditions de formation de roche.

Séquence métamorphique : sont l'ensemble des roches métamorphiques de différents dégrées de métamorphisme dont la composition chimique voisine issue de la même roche.

Facies métamorphique : est un assemblage de minéraux qui apparaissent dans une roche métamorphique dans un champs précis de T et Pression.

Série métamorphique : la succession de diffèrent roche métamorphique le long d'un gradient pression, température.



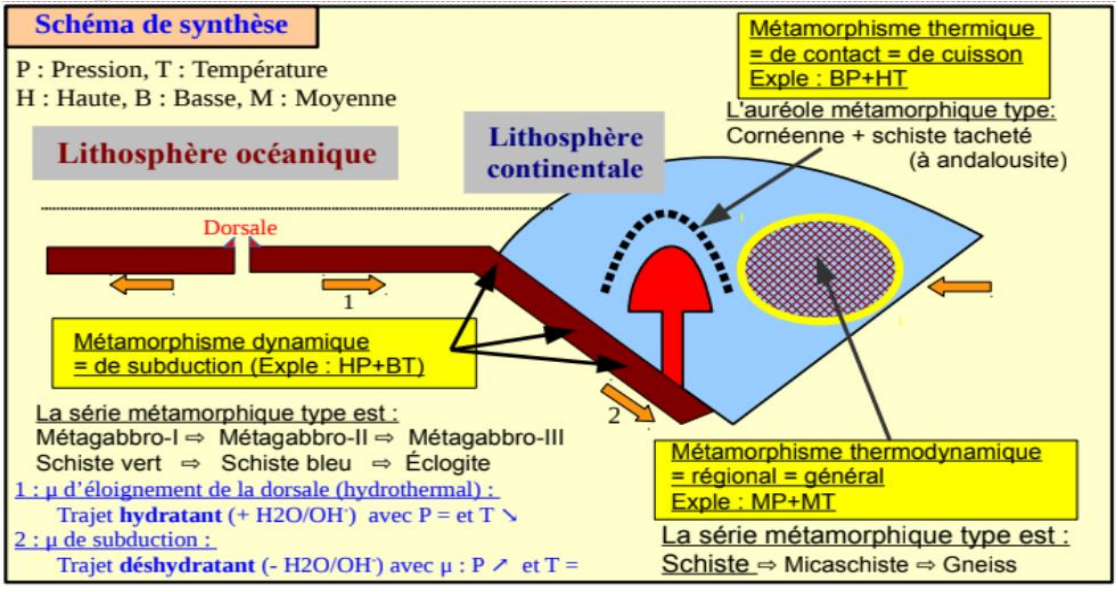


✓ Un métamorphisme de basse pression et haute température BP HT:
Le gradient géothermique est fort : la température augmente très vite même pour une faible profondeur et aboutit souvent à l'anatexie. Les minéraux caractéristiques sont l'andalousite et la sillimanite.
Ce climat concerne le métamorphisme de contact.

✓ Un métamorphisme de moyenne pression et haute température MP HT:
Le gradient géothermique est moyen, Il aboutit souvent à l'anatexie et les minéraux caractéristiques sont le disthène et la sillimanite. Cette série correspond souvent à une tectonique type collision.

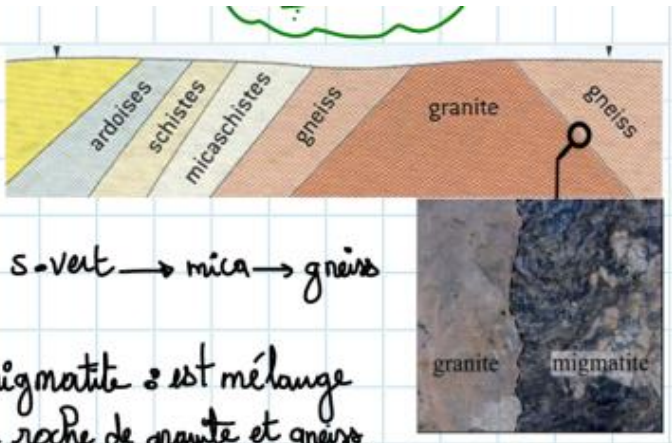
✓ Un métamorphisme de haute pression basse température HP BT :
Le gradient géothermique est faible : la pression augmente sans élévation importante de la température. Les schistes bleus se forment souvent dans ce contexte qui n'aboutit jamais à l'anatexie. Ce climat s'observe souvent dans les contextes de subduction.

	Domaine	Type de métamorphisme	Phénomène responsable	Séquence
BP,HT	Thermique	De contacte	Le remonte du magma	
MP,HT	Thermodynamique	Régionale	Collision	Arg-sch vert-micasch- gneiss
HP,BT	Dynamique		Subduction	Gbr-sch bl- eclo



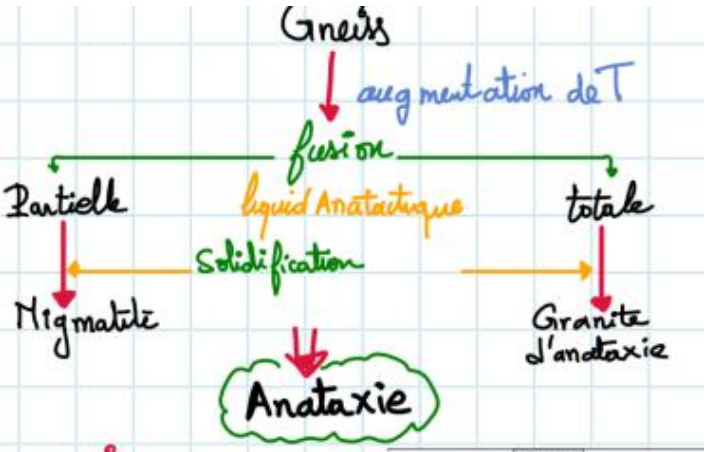
Chapitre 4 : La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

Le granite anatexie :

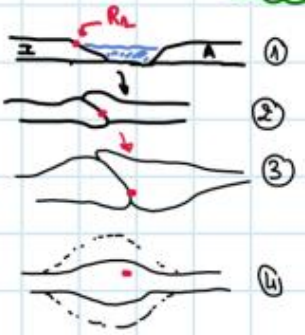


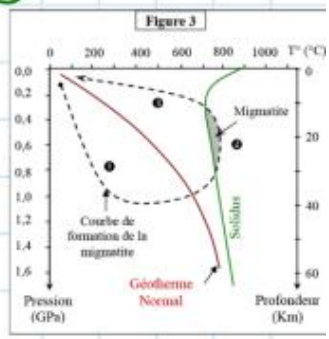
s-vert → mica → gneiss

migmatite : est mélange de roche de granite et gneiss



	gneiss	migmatite	granite
structure	foliacé	foliacé + Grenue	Grenue
Compositn chimq	même composition chimique		





Le granite intrusif :

Ensemble de roches métamorphique formé par l'augmentation de la T° → métamorphisme thermique de contact.

Auréole de métamorphisme

granite

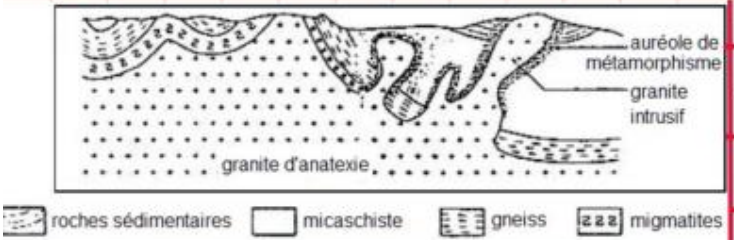
schiste tacheté → Andalousite de petit taille

schiste noduleux → Andalousite de grand taille

Cornéenne

Intrusion

le granite intrusif se met en place suit à la migration vers la surface d'un magma sous forme d'intrusion qui traverse les couches encaissant et donne après refroidissement le granite intrusif.



	granite d'anatexie	Granite intrusif
origine	magma issue de l'anatexie qui se refroidit sur place	magma issue de l'anatexie qui monte à travers les roches Encaissante
surface de granite	large	limité
le granite et métamorphisme	T et P ⇒ thermodynamique ⇒ Regionale	seulement la T ⇒ métamorphisme de contact (thermique)
les limite de granite	migmatite	Auréole métamorphique

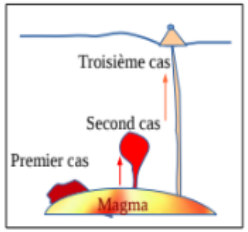
BILAN : Le magmatisme

Comment naissent les roches magmatiques ?

[R. magmatiques = R. plutoniques + R. volcaniques]

A la suite du métamorphisme lorsque la température et la pression atteignent des valeurs très importantes, il y a **fusion** des roches qui vont donner du **magma** Qui a trois devenirs :

- **Rester** en profondeur avec **refroidissement lent** => roche **plutonique** à structure **grenue** comme le **granite d'anatexie.**
- **Remontée** (migration) à une **profondeur** moyenne puis **refroidissement lent** => roche **plutonique** à structure **grenue** comme le **granite intrusif, les granitoïdes** de la zone de subduction **(diorite, granodiorite)** …
- Remontée à la **surface** sous forme de **laves** puis **refroidissement rapide** (instantané) => roche **volcanique** à structure **microlithique** ou **vitreuse** comme **l'andésite**, la **rhyolite** …



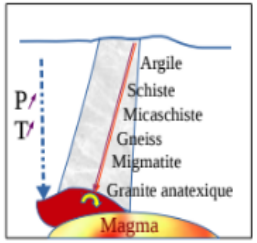
Formation du granite d'anatexie dans les chaînes de collision:

Première phase :

Si **épaississement** crustal, il y a du métamorphisme thermodynamique (P+T) => **fusion partielle** du gneiss dont une **partie** va donner un **magma.**

Seconde phase :

Le refroidissement **lent** du magma donne le **granite d'anatexie** qui est une roche **plutonique grenue** d'origine **crustale**. On l'observe avec des **migmatiques**.



Définition de l'anatexie :

la fusion partielle des roches à de forte température et pression.

Remarque : **La fusion partielle** expérimentale se fait à **670 °C** qui est la température **critique** ou **eutectique**.

La formation des granitoïdes de la zone de subduction :

Première phase :

Pendant le métamorphisme **dynamique** (P), les **réactions minéralogiques** dans la **plaque océaniques** produisent de **l'eau** : le milieu devient **hydraté**.

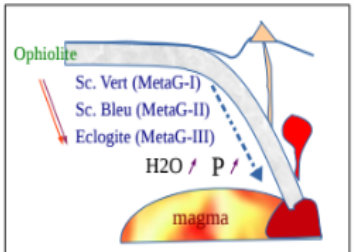
Schiste vert —H2O→ Schiste bleu —H2O→ Éclogite

Péridotite + H2O → Magma

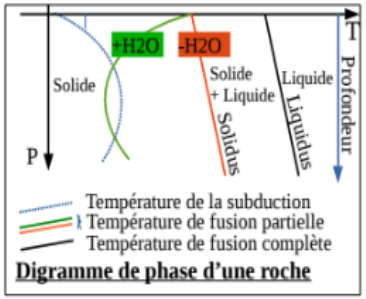
Seconde phase :

la présence de **l'eau** accélère la **fusion partielle** de **la péridotite** de la plaque **continentale**. Le **magma** d'origine **mantellique** se forme à **faible profondeur** où la **température est relativement faible** va connaître deux devenirs :

- Rester **en profondeur** et **refroidir lentement** => roche **plutonique grenue** : le **granodiorite (granitoïde) ;**
- Remonter à la **surface** et **refroidir rapidement** => roche **volcanique microlithique** ou **vitreuse** : **l'andésite.**



Le métamorphisme de subduction

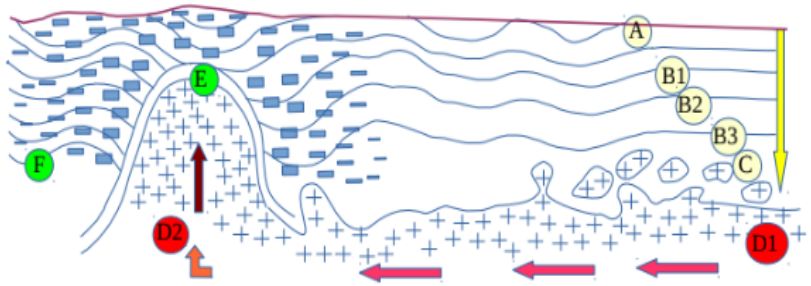


Digramme de phase d'une roche

Formation des granites intrusifs

Le magma en fusion d'origine **mantellique** (zone d subduction) ou **crustale** (zone de collision) peut **migrer** en **profondeur** puis refroidir lentement. Sa haute **température** va métamorphiser par **contact** les roches voisines : ce métamorphisme est dit **thermique** et donnera des **cornéennes.**

A : Argile (roche sédimentaire)
B1 : Schiste, **B2** : Micaschiste, **B3** : Gneiss (Métamorphisme général).
C : Migmatite (= granite+gneiss)
D1 : Granite d'anatexie
D2 : Granite intrusif
E : Cornéenne (métamorphisme de contact)
F : Schiste tacheté (à andalousite)



Relations granites (anatexique et intrusif) avec le métamorphisme (général et de contact)

COMPARAISON DES GRANITES ANATEXIQUE ET INTRUSIF

Granite anatexique	Granite intrusif
- Genèse dans la **phase finale** du métamorphisme thermodynamique - Origine **crustale** par épaississement - Naissance par **fusion partielle** des roches métamorphiques - Passage **transitoire** par migmatites	- mise en place **intrusive** par **migration** depuis un autre endroit - A l'origine du métamorphisme **thermique** grâce à sa forte **chaleur** (cuisson) par **contact** d'où la formation des **cornéennes**. - Passage **brusque** aux roches voisines
- Accompagné de **déformations** tectoniques **importantes**	- Généralement accompagné de **déformations** tectoniques **modérées**
- Occupe des régions de **grande surface**	- Occupe des régions de **petites surface**
- **Pas de limite précise** avec les roches avoisinantes - Composition chimique **identique** a celle des roches environnantes.	- Limite précise **discordante** avec les roches voisines avec une base plus **large** que le sommet (cône) - Composition chimique **différente** de celle des roches environnantes.

3. **Recopiez** le numéro de chacune des propositions suivantes, puis écrivez **«vrai»** ou **«faux»** .

1. La croûte océanique est formée de granités et de gabbro. i
2. Au niveau des zones de subduction, les loyers sismiques se répartissent selon un plan oblique au dessous de la plaque chevauchante.
3. La chaîne d'obduction résulte de l'enfouissement d'une plaque océanique sous une plaque continentale.
4. Un pli-faille résulte d'une faille suivie d'un pli.
5. Les plis et les failles inverses sont des déformations tectoniques qui caractérisent des zones de divergence des plaques lithosphériques.
6. Les zones de subduction se caractérisent par des anomalies thermiques négatives.
7. Le complexe ophiolitique présente une composition pétrographique semblable à celle de la lithosphère océanique.
8. L'andésite est une roche magmatique qui résulte du refroidissement et de la solidification d'un magma en profondeur

4. **Recopiez** les couples (1 ; ...) (2 ; ...) (3 ; ...) (4 ;...) et **adressez** à chaque numéro du groupe 1 la lettre correspondante du groupe 2.

Groupe 1 : le roches	Groupe 2: les caractéristiques
1. L'andésite	a. Roche magmatique à structure grenue appartenant à la croûte océanique.
2. L'ophiolite	b. Complexe rocheux appartenant à la lithosphère océanique
3.Le gabbro	c. Roche magmatique à structure microlithique caractérisant les zones de subduction.
4. La péridotite	d. Roche magmatique à structure grenue appartenant au manteau supérieur.
	e. Roche magmatique à structure grenue caractérisant les zones de collision.

Exercice 1

1. **Définissez les notions suivantes :** -Faille inverse -Chaîne de collision
2. Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, une seule suggestion est correcte. **Recopiez** les couples (1 ; ...) (2 ; ...) (3 ; ...) (4 ;...) et **écrivez** dans chaque couple la lettre correspondante à la suggestion correcte.

1. En comparaison avec la croûte continentale, la croûte océanique est :
   a. plus épaisse et plus dense;
   b. plus épaisse et moins dense ;
   c. moins épaisse et plus dense ;
   d. moins épaisse et moins dense.

2. Les zones de subduction sont caractérisées par un volcanisme andesitique lié à la fusion partielle de la péridotite:
   a. hydratée de la plaque en subduction ;
   b. non hydratée de la plaque en subduction ;
   c. hydratée de la plaque chevauchante ;
   d. non hydratée de la plaque chevauchante.

3. L'ophiolite est un complexe rocheux constitué par les roches suivantes :
   a. péridotite, andésite, filons doléritiques etbasalte;
   b. andésite, gabbro, filons doléritiques et basalte;
   c. péridotite, gabbro, andésite et basalte;
   d. péridotite, gabbro, filons doléritiques et basalte.

4. Les zones de subduction, sont caractérisées par des anomalies thermiques:
   a. positives selon le plan de Bénioff et négatives au niveau de l'arc volcanique;
   b. positives selon le plan de Bcnioff et au niveau de l'arc volcanique ;
   c. négatives selon le plan de Bénioff et au niveau de Tare volcanique ;
   d. négatives selon le plan de Bénioff et positives au niveau de l'arc volcanique.

Exercice 3

1- Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, il y a une seule suggestion correcte. **Recopiez** les couples (1,...) ; (2,...) ; (3,...) ; (4,...), et donnez à chaque numéro la lettre qui correspond à la suggestion correcte.

1. La faille inverse est une structure: a- qui résulte des contraintes tectoniquesn distensives. b- caractérisée par l'éloignement des deux compartiments de la faille. c- caractérisée par un plan de faille vertical. d- caractérisée par le rapprochement des deux compartiments de la faille.	2. L'andésite est une roche magmatique qui: a- résulte d'un refroidissement rapide du magma en profondeur. b- résulte d'un refroidissement lent du magma en surface. c- a une structure microlitique caractérisée par des microlites et du verre. d- a une structure grenue caractérisée par des cristaux de grande taille.
3. Les chaînes de subduction résultent de l'enfouissement d'une lithosphère: a- océanique moins dense sous une lithosphère continentale plus dense. b- continentale moins dense sous une lithosphère océanique plus dense. c- océanique plus dense sous une lithosphère continentale moins dense. d- continentale plus dense sous une lithosphère océanique moins dense.	4. L'auréole de métamorphisme est une zone qui entoure le granite: a- intrusif et résulte d'un métamorphisme de contact. b- d'anatexie et résulte d'un métamorphisme de contact. c- intrusif et résulte d'un métamorphisme régional. d- d'anatexie et résulte d'un métamorphisme régional.

2- **Définissez** ce qui suit :

- L'anatexie - Le faciès métamorphique.

3- **Recopiez**, sur votre feuille de rédaction, la lettre qui correspond à chaque proposition, et écrivez devant chacune d'elles **«vrai»** ou **«faux»** :

a	Le magma andésitique résulte de la fusion partielle des roches préexistantes sous l'action d'un mé tamorphisme de haute température et de basse pression.
b	Les zones de subduction sont caractérisées par un métamorphisme dynamique.
c	Une séquence métamorphique correspond à l'ensemble des roches qui se sont formées dans les mêmes conditions de pression et de température.
d	La schistosité et la foliation sont deux structures caractéristiques des roches métamorphiques et La schistosité et la foliation sont deux structures caractéristiques des roches métamorphiques et magmatiques.

4- **Citez** :

1. Deux caractéristiques des chaînes de collision.
2. Deux caractéristiques des chaînes d'obduction.

Exercice 2

1. **Définissez les notions suivantes :** - Chevauchement -Prisme d'accrétion

2. Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, une seule suggestion est correcte. **Recopiez** les couples (1 ; ...) (2 ; ...) (3 ; ...) (4 ;...) et **écrivez** dans chaque couple la lettre correspondante à la suggestion correcte.

5- Le refroidissement du magma en surface dans les zones de subduction entraine la formation de :

a. l'andésite à structure grenue.
b. la péridotite à structure microlitique.
c. l'andésite à structure microlitique.
d. la péridotite à structure grenue.

6- Le gneiss se caractérise par une structure :

a. grenue. b. de foliation. c. microlitique. d. de schistosité.

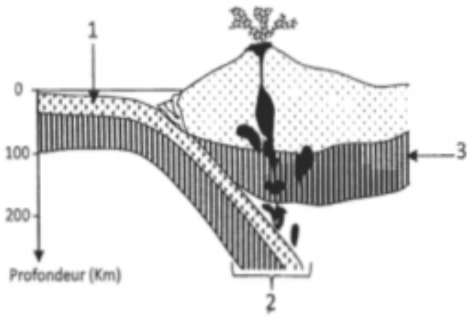
7- Les zones de subduction se caractérisent par une :

a. haute pression et haute température.
b. basse pression et haute température.
c. haute pression et basse température.
d. basse pression et basse température.

8- La chaîne d'Oman est formée suite à un :

a. déplacement d'une lithosphère continentale au- dessus d'une lithosphère océanique.
b. déplacement d'une lithosphère océanique au- dessus d'une lithosphère continentale.
c. enfouissement d'une lithosphère océanique sous ; une lithosphère océanique.
d. enfouissement d'une lithosphère océanique sous une lithosphère continentale.

3. Le document ci-contre représente un schéma d'une zone de convergence entre deux plaques lithosphériques.
Donnez le nom du phénomène représenté par le document et les noms des éléments 1,2 et 3.

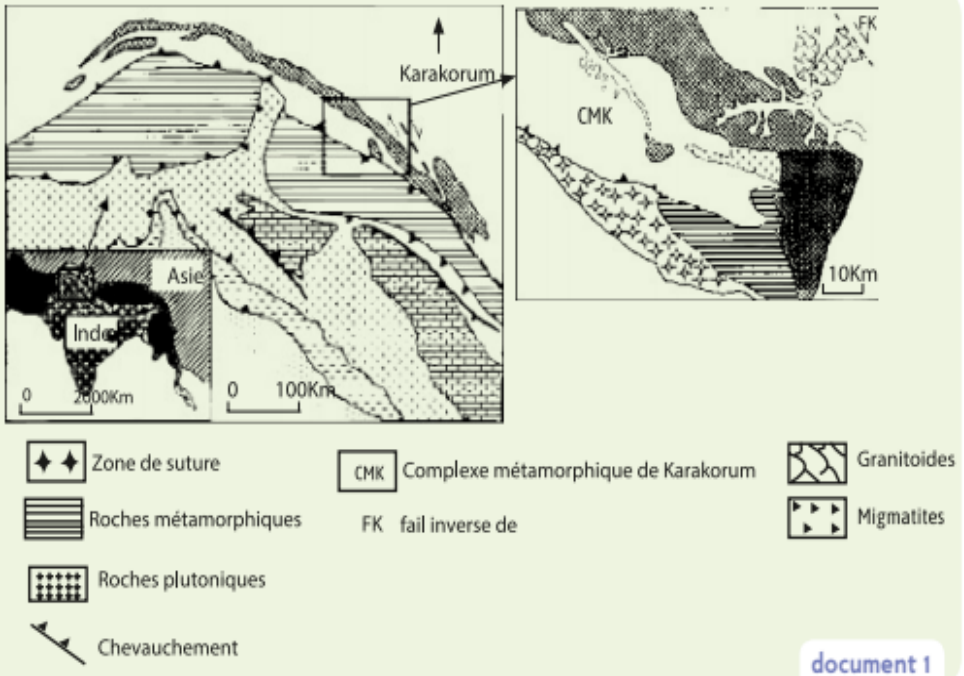


Pr. Bennemlla Ayoub, ZBAC PC BIOF, 2022 - 2023

Exercice 1

Le Karakorum est une chaîne de montagne située dans le nord-ouest de ('Himalaya, elle s'étende du nord du Pakistan jusqu'au sud du Kashemir, Pour déterminer les étapes de formation de cette chaîne de montagne, des études ont été menées sur les caractéristiques tectoniques et pétrographiques de !a zone Karakorum. ChevauchementGranitoidesfail inverse de FKComplexe métamorphique de KarakorumRoches métamorphiquesZone de sutureRoches plutoniquesIndeKarakorumFK10Km2000Km100Km00Asie

Le document 1 présente une carte simplifiée de la zone étudiée.



document 1

1. **En se basant** sur le document 1, **dégagez** deux indices montrant que la région étudiée a connu des contraintes tectoniques compressives, et deux autres indices indiquant que fa région a connu une collision pré- cédée par une subduction.

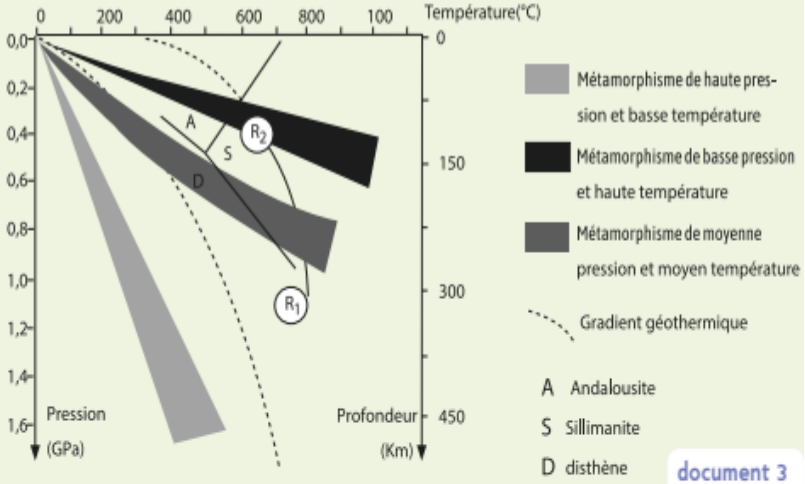
Le complexe métamorphique de Karakorum est caractérisé par la présence du gneiss (R2) résultant de trans- formation métamorphique de la roche du paragnciss (Ri).

Le document 2 présente la composition minéralogique des deux roches Rl et R20X Le document 3 montre le trajet de pression et de température de la formation de ces deux roches.

Minéraux	Paragneiss (R1)	Gneiss (R2)
Quartz	+++	+++
Plagioclase	++	++
Biotite	+++	++
Muscovite	++	++
Grenat	++	++
Disthéne	++	-
SilliiTianite	-	++

le nombre de signe (+) indique te degré d'abondance du minéral.
(-) indique absence du minéral

document 2



document 3

2. **En se basant** sur les données du document 2, **Décrivez** les variations minéralogiqu observées lors du pas- sage du Paragneiss au Gneiss.

Exercice 2

La chaîne de l'Himalaya s'étend sur 3000 km entre l'Inde et l'Asie et comprend trois unités tectoniques formées il y a 55 millions d'années. Pour déterminer les phénomènes géologiques accompagnant la formation de cette chaîne on propose les documents suivants :

Le document 1 présente une carte géologique simplifiée de l'Himalaya (figure a), et une coupe géologique dans la même chaîne de montagne (figure b).

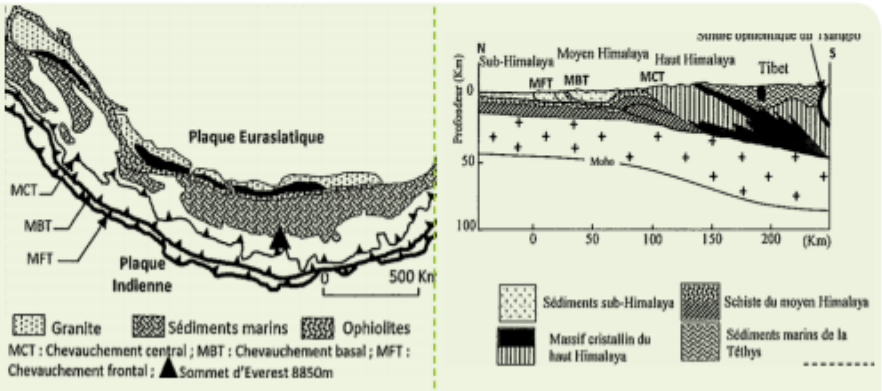
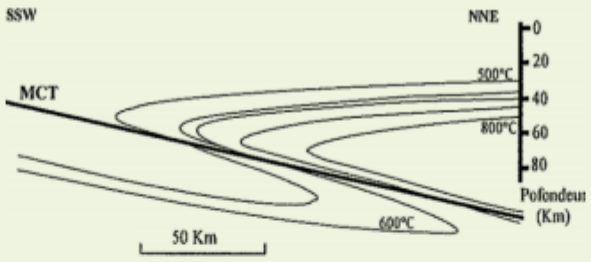


figure a — figure b

document 1



document 2

1. **En exploitant** le document 1 **déterminez** deux phénomènes géologiques à l'origine de la formation de l'Himalaya.

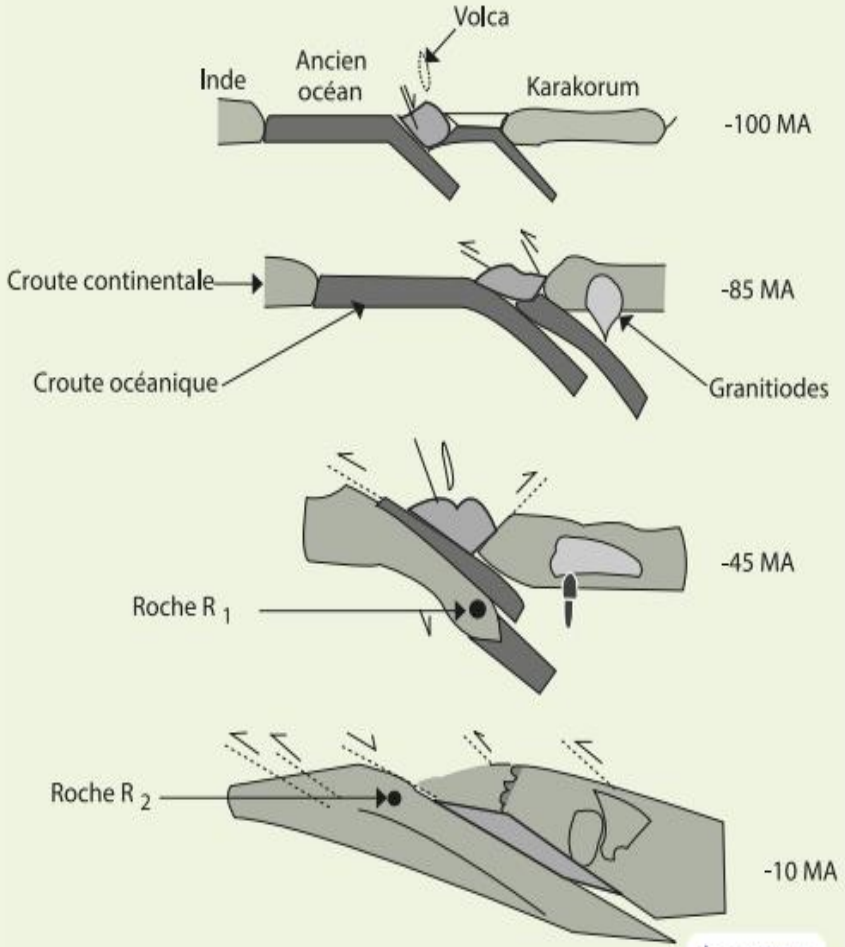
   L'étude géophysique de l'unité du haut Himalaya a permis l'obtention des résultats présentés par le document 2.

2. **Décrivez** la variation de la température de la lithosphère au niveau de cette unité (document 2), puis **expliquez** cette variation,

Le haut Himalaya se caractérise par l'affleurement des blocs d'écologiste résultant du métamorphisme du gabbro, et des roches continentales métamorphiques. Le document 3 présente le trajet PTt (pression - température - temps) de l'évolution des roches appartenant au complexe ophiolitique de l'Himalaya, et le document 4 présente la limite séparant les associations de minéraux présents dans la séquence métamorphique continentale formant le massif cristallin du haut Himalaya (figure a), et le diagramme des faciès métamorphiques (figure b).

3- **En se basant** sur les données du document 3, **Déterminez** les conditions de pression et de température permettant la formation des deux roches RI et R2, puis expliquez les changements minéralogiques observées lors du passage du Paragneiss au Gneiss.

Le document 4 montre les étapes de formation du Karakorum selon le modèle proposé par YXEMENNICIER



document 4

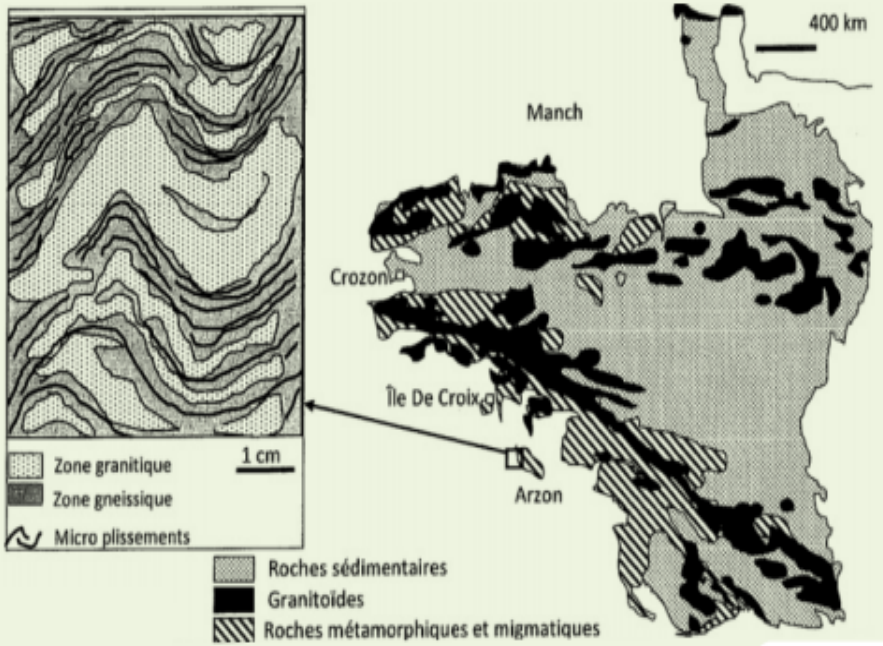
4- **En exploitant** les données précédentes et le document 4, **reconstituez** l'histoire géologique de la chaîne de montagne du Karakorum en précisant la relation entre la formation du gneiss et l'orogenèse de cette chaîne de montagne.

Exercice 3

Dans le cadre de l'étude des phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes en propose les données suivantes :

Le massif Armoricain situé au nord-ouest de la France a fait l'objet de nombreuses études géologiques selon lesquelles, cette entité géologique, de faible altitude, correspondrait à une chaîne de montagnes. Pour vérifier ce propos et retracer quelques aspects de l'histoire géologique de ce massif, on propose l'étude des documents suivants :

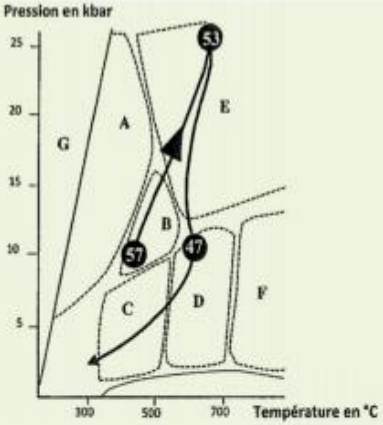
Le document 1 présente la carte de répartition des granitoïdes et des roches métamorphiques dans le massif armoricain accompagnée d'un schéma simplifié d'une migmatite de la région d'Arzon (les lits clairs sont de composition granitique et sont riches en quartz et feldspaths, les lits sombres sont riches en biotites).



document 1

1. **En vous basant** sur le document 1, **dégagez** les indices qui témoignent que celte région à subit un métamorphisme régionale suivi d'une anatexie.

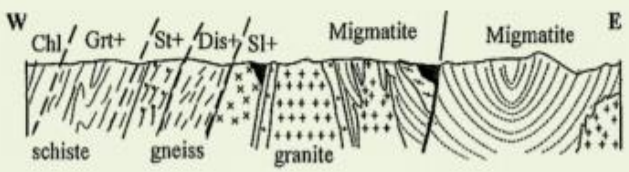
L'examen minéralogique de certaines roches de l'île De Croix, révèle la présence de minéraux du glaucophane, de la jadéite et du grenat. Le document 2 représente les conditions de stabilité de certains groupements minéraux en fonction de la pression et de la température.



A : Schistes bleus à lawsonite ;
B : Schistes bleus à épidote ;
C : Schistes verts ;
D : Amphibolites ;
E : Eclogites ;
F : Granulites ;
G : Conditions pression-température qui n'existent pas sur terre.

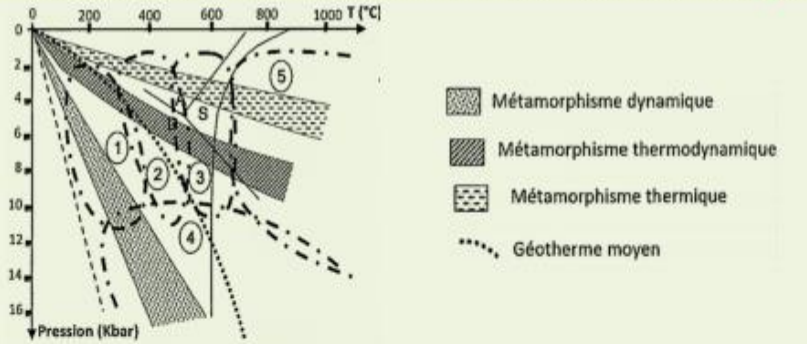
47 53 57 : les âges en millions d'années obtenus à ces conditions pression et température.

document 3



Chl : chlorite
Grt : grenant
St : staurotide
Dis : disthène
Sl : sillimanite
+ : apparition du minéral

figure a



A : Andalousite ; S : sillimanite ; D : Disthène.
1 : Schistes bleus (Glaucophane + Grenat + Epidote) ; 2 : Schistes verts (Actinote + Chlorite) ;
3 : Amphibolites (Hornblende + Plagioclases) ; 4 : Eclogites (Jadéite + Grenat),
5 : Granulites

figure b

document 4

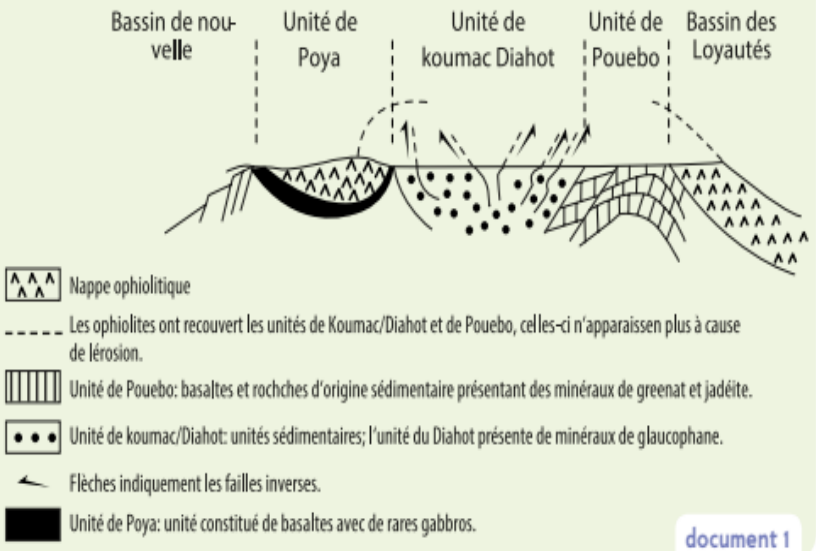
1. **En exploitant** les documents 3 et 4 :
   a- **Déterminez** le type de métamorphisme aboutissant à la formation de l'éclogite, justifiez votre réponse
   b- **Déterminez** le type de métamorphisme aboutissant à la formation du massif cristallin de haut Himalaya, justifiez votre réponse.
2. **En vous basant** sur vos réponses précédentes, **déterminez** les étapes de la formation de la chaîne de l'Himalaya en mettant en évidence les phénomènes géologiques qu'a connue la région.

Exercice 4

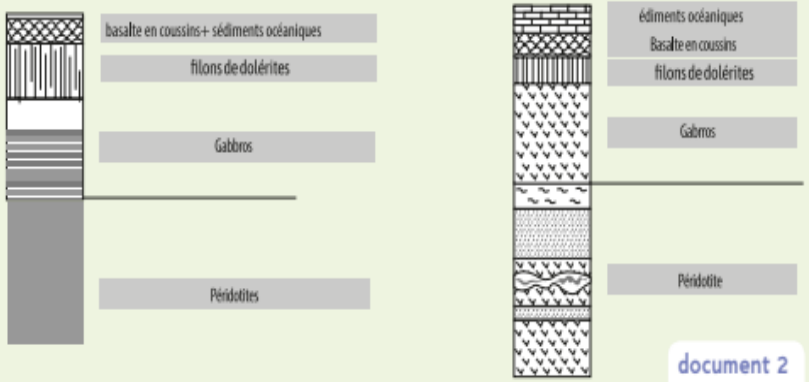
Afin de montrer la relation entre les chaînes de montagnes récentes et la tectonique des plaques au niveau de la nouvelle calédonie, située dans l'océan pacifique, on présente les données suivantes :

Le document 1 présente une coupe géologique simplifiée de la partie nord de la nouvelle calédonie.

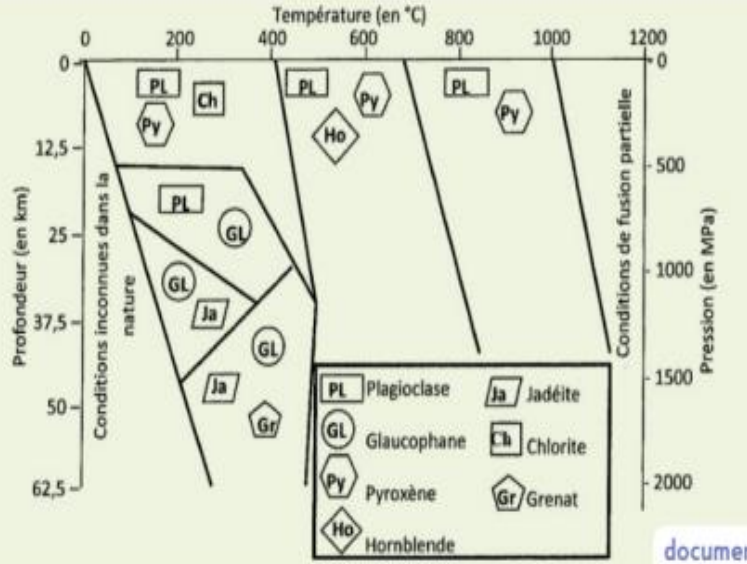
Le document 2 présente une coupe longitudinale simplifiée de la lithosphère océanique (figure (a)) et une coupe longitudinale simplifiée de la nappe ophiolitique de la chaîne de montagne de la nouvelle calédonie (figure(b)). Le document 3 montre les domaines de stabilité de quelques minéraux index.



document 1



document 2



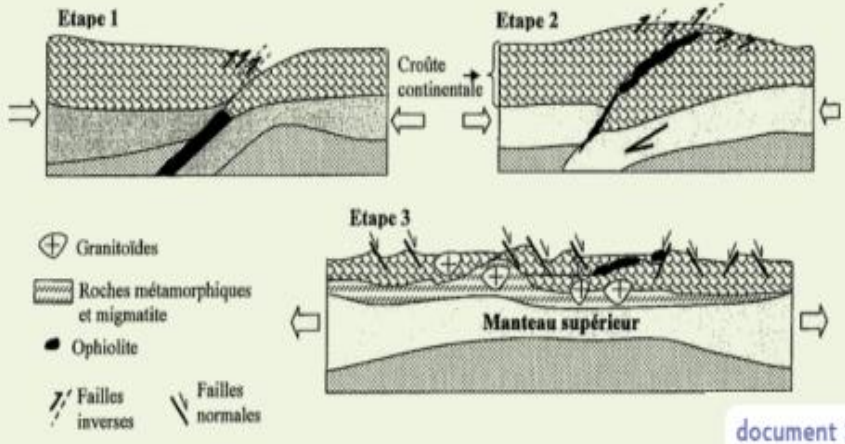
document 2

2. **En vous basant** sur le diagramme du document 2 :

   a. **Déterminez** les conditions de formation des roches de l'ilc De Croix.

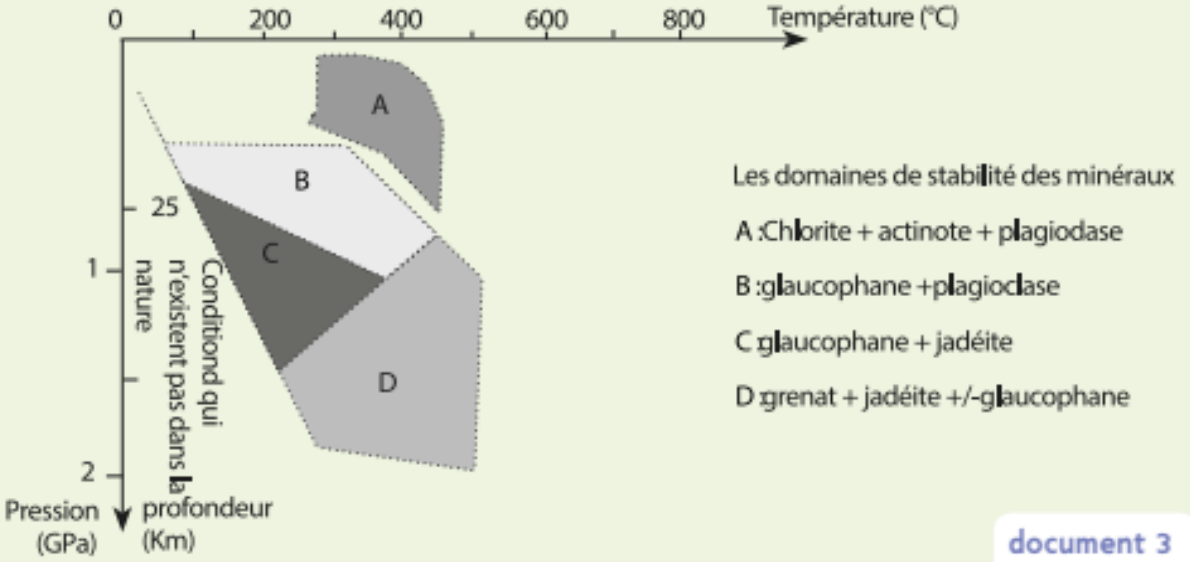
   b. **Déduisez** le type de metamorphise auquel les roches de cette région ont été soumises, puis précisez le contexte géodynamique qui a régné dans cette région.

Les figures du document 3 représentent trois étapes d'évolution d'une chaîne de montagne de collision.



document 3

3. En vous aidant des étapes du document 3, retracez l'histoire géologique du massif Armoricain.

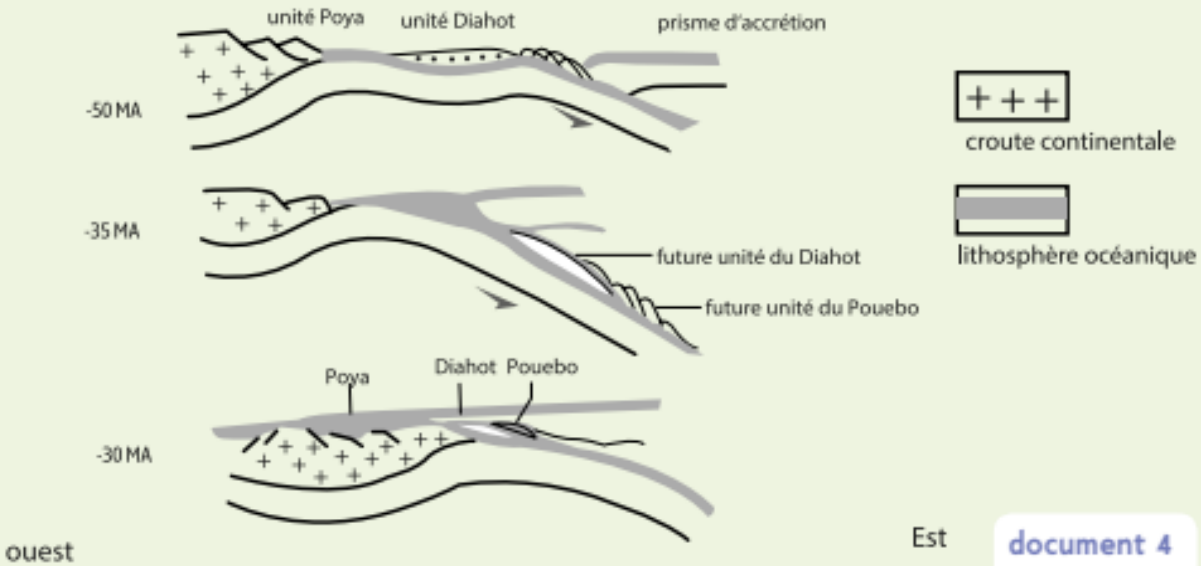


document 3

1- **En exploitant** les données des documents 1 et 2, **montrez que** la chaîne de montagne de la Nouvelle Calédonie est une chaîne d'obduction.

2- **Déduisez** à partir des documents 1 et 3 le type de métamorphisme qui a accompagné la genèse de cette chaîne de montagne, ainsi que le phénomène responsable de ce métamorphisme.

Dans le but d'illustrer les étapes de formation de la chaîne de la Nouvelle Calédonie, Auboin et ail, a pro- posé un modèle explicatif présenté dans le document 4.



document 4

3- **En se basant** les données précédentes et sur le modèle d'Au-boin, donnez les étapes de formation de la chaîne de montagnes de la Nouvelle Calédonie.

Dédicace :

« J'ai le grand plaisir de dédier ce livre a mes élevés de 2 -ème année baccalauréat Biof, vous méritez tout ce qui est bon dans cette vie. Je vous souhaite un bon courage et une merveilleuse continuation ! »

pr.benhemied ayoub