

# maxi.

Préparation

## Tout en Un

- ▶ Rappel complet des cours
- ▶ Exercices d'application
- ▶ Exercices de synthèse
- ▶ Sujets du Bac avec solutions

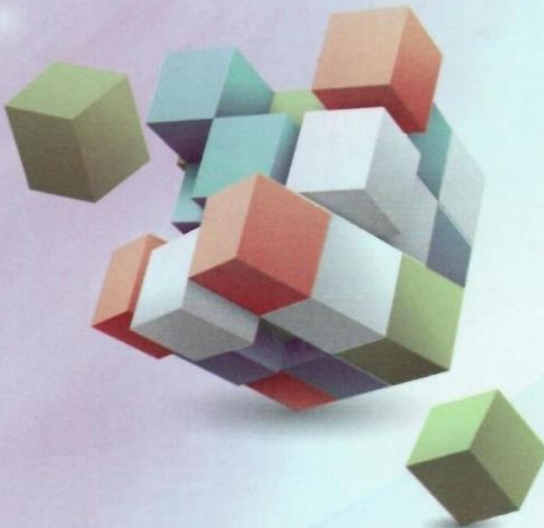
Physique-Chimie

Maths

SVT

English

الفلسفة



# S.V.T

## Unité 1

Chapitre ① : les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique au niveau de la cellule.

Cours .....	402
Exercices .....	404

Chapitre ② : rôle du muscle squelettique strié dans la conversion d'énergie

Cours .....	411
Exercices .....	412

Corrigés unité 1 .....	419
Contrôle N° 1 .....	427

## Unité 2

Chapitre ① : Notion de l'information génétique. Mécanisme de l'expression de l'information génétique: les étapes de la synthèse des protéines.

Domaine 1 : Notion de l'information génétique

Cours .....	430
Exercices .....	431

Domaine 2 : Mécanisme de l'expression de l'information génétique: les étapes de la synthèse des protéines.

Cours .....	433
Exercices .....	434

Chapitre ② : Transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

Domaine 1 : La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

Cours .....	437
Exercices .....	438

Domaine 2 : Les lois statistiques de la transmission des caractères génétiques chez les diploïdes

Cours .....	440
Exercices .....	441

Corrigés unité 2 .....	449
Contrôle N° 2 .....	462

## Unité 3

Chapitre ① : Les ordures ménagères résultant de l'utilisation de des matières organiques et inorganiques

Cours .....	464
Exercices .....	465

Chapitre ② : Les polluants et les milieux pollués

Cours .....	467
Exercices .....	468

Chapitre ③ : Les matières radioactives et l'énergie nucléaire

Cours .....	474
Exercices .....	475

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

Cours .....	478
Exercices .....	478

Corrigés unité 3 .....	480
Contrôle N° 3 .....	485

## Unité 4

Chapitre ① : Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques, et les déformations tectoniques qui les accompagnent

Cours .....	487
Exercices .....	488

Chapitre ② : Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

Cours .....	492
Exercices .....	493

Chapitre ③ : La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

Cours .....	496
Exercices .....	497

Corrigés unité 3 .....	500
Contrôle N° 4 .....	504

Corrigés des contrôles .....	507
------------------------------	-----



## Chapitre 1 Prof Salmi

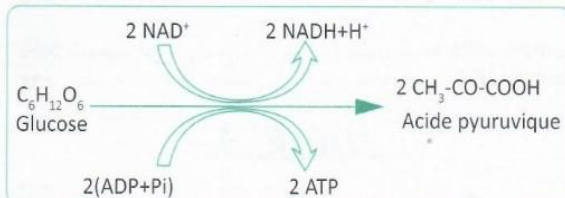
les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique au niveau de la cellule.

## Cours

Les molécules d'ATP sont produites à partir de la dégradation des molécules organiques comme le glucose, cette dégradation est réalisée grâce aux réactions de la respiration et de la fermentation.

### 1 La glycolyse est une étape commune entre la respiration et la fermentation.

La glycolyse est un ensemble de réactions qui se déroulent dans le cytoplasme, elles consistent en une oxydation du glucose accompagnée de la formation de l'acide pyruvique, de l'ATP et de composés réduits (il s'agit de transporteurs d'électrons et de protons qui sont oxydés à l'origine ( $\text{NAD}^+$ ) et deviennent réduits par  $2\text{H}^+$  et  $2\text{e}^-$  arrachés du glucose). On peut résumer la réaction de la glycolyse comme suit :

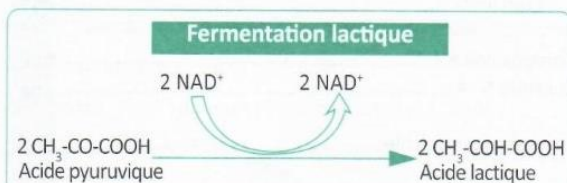


### 2 Les réactions de la fermentation.

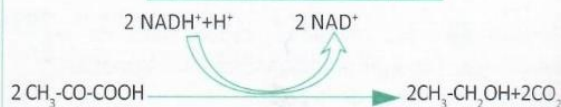
- Dans un milieu anaérobie (absence d' $\text{O}_2$ ) les cellules utilisent la fermentation pour produire l'énergie. Dans ces conditions il y a dégradation incomplète de l'acide pyruvique et il en reste un résidu organique qui emmagasine encore de l'énergie.

- Dans le cas de la fermentation alcoolique les cellules transforment l'acide pyruvique en éthanol et  $\text{CO}_2$ .

- Dans le cas de la fermentation lactique les cellules transforment l'acide pyruvique en acide lactique.



#### Fermentation alcoolique



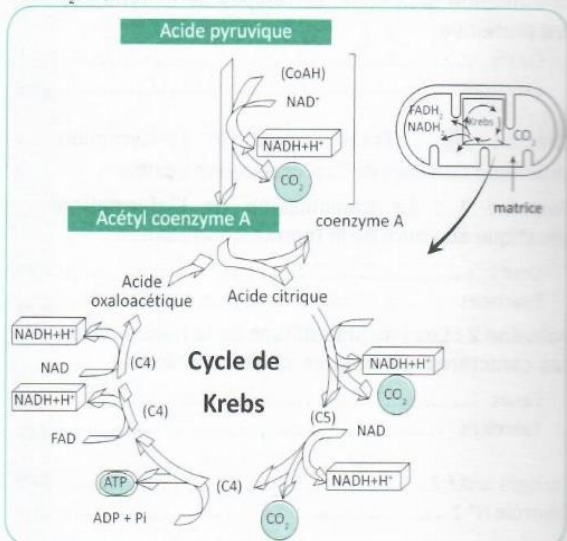
Au cours des réactions de fermentation il y a oxydation des molécules  $\text{NADH}+\text{H}^+$  qui ont été produites au cours de la glycolyse. Ainsi le bilan énergétique de la fermentation est 2ATP à partir de 1 glucose.

### 3 Dégradation de l'acide pyruvique dans la matrice.

- Dans un milieu aérobie (présence d' $\text{O}_2$ ) il y a dégradation complète de l'acide pyruvique au niveau de la mitochondrie accompagnée de la libération de composés qui n'emmagasinent plus d'énergie ( $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ). Ces réactions se déroulent dans la matrice de la mitochondrie comme suit :

- L'acide pyruvique perd  $1\text{CO}_2$ , le  $\text{NAD}^+$  est réduit en  $\text{NADH}+\text{H}^+$ , il y a formation d'un radical acétyl qui se lie à un coenzyme-A ce qui donne naissance à un complexe Acétyl-coenzyme-A (ou Acétyl-CoA).

- L'acétyl Co-A se lie à l'acide oxaloacétique (comporte 4 carbones (C4)) ce qui donne lieu à l'acide citrique (C6) qui passe par un ensemble de réactions appelé Cycle de Krebs. Au cours de ce cycle il y a libération de  $2\text{CO}_2$  (les carbones de l'acétyl), réduction de  $3\text{NAD}^+$  en  $3\text{NADH}+\text{H}^+$ , réduction de  $1\text{FAD}^+$  en  $1\text{FADH}_2$  et production de 1ATP.

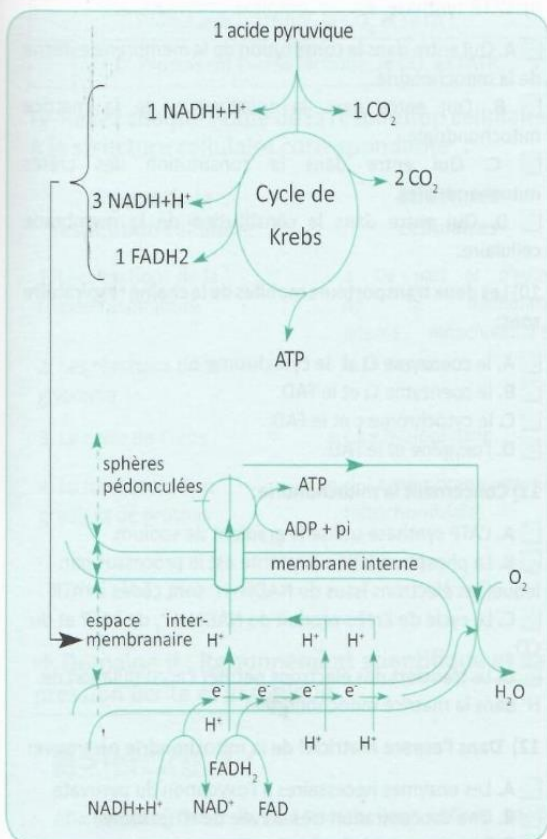
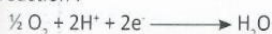


#### 4 La phosphorylation oxydative et la production d'ATP.

Au niveau de la membrane interne mitochondriale il y a une réoxydation des transporteurs  $\text{NADH}+\text{H}^+$  et  $\text{FADH}_2$  qui cèdent leurs protons  $\text{H}^+$  et leurs électrons  $\text{e}^-$  à des protéines intégrées dans la membrane interne (la chaîne respiratoire).

Au cours du transfert d'électrons par la chaîne respiratoire, il y a un pompage de protons  $\text{H}^+$  de la matrice vers l'espace inter membranaire. Il en résulte un gradient de protons  $\text{H}^+$  de part et d'autre de la membrane interne. Ce gradient constitue une réserve d'énergie.

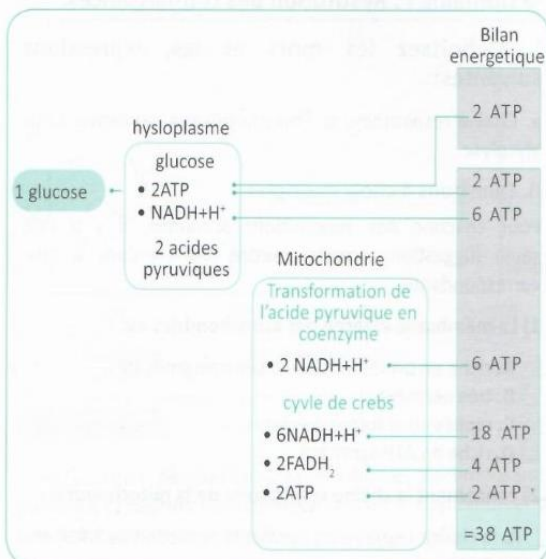
Les sphères pédonculées permettent le retour des protons  $\text{H}^+$  de l'espace intermembranaire vers la matrice, et utilisent l'énergie de ce flux de protons pour catalyser la réaction de phosphorylation :  $\text{ADP} + \text{Pi} \longrightarrow \text{ATP}$ . Et en même temps  $\text{O}_2$  est réduit en recevant des protons  $\text{H}^+$  et des électrons  $\text{e}^-$  selon la réaction :



#### 5 Le bilan énergétique de la respiration et de la fermentation.

A partir d'une mole de glucose la cellule produit, au cours des réactions de fermentation, 2ATP en plus des molécules organiques qui contiennent encore de l'énergie (l'acide

lactique ou l'éthanol). Alors qu'elle produit 38ATP au cours des réactions de respiration cellulaire, en plus de déchets sans valeur énergétique ( $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ).





## EXERCICES

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### I. Définissez les mots et les expressions suivantes:

a. Chaîne respiratoire; b. Phosphorylation oxydative; c. La glycolyse.

#### II. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 1) La membrane externe des mitochondries est :

- ☐ A. riche en protéines de la chaîne respiratoire
- ☐ B. très perméable
- ☐ C. repliée sous forme de crêtes.
- ☐ D. riche en ATP-synthase

##### 2) concernant la chaîne respiratoire de la mitochondrie :

- ☐ A. la chaîne respiratoire permet la réduction de  $\text{NAD}^+$  et de  $\text{FAD}^+$ .
- ☐ B. Le pH de la matrice est plus faible que le pH de l'espace inter-membranaire.
- ☐ C. Seuls les complexes I et II sont constitués de protéines oxydables
- ☐ D. Le cytochrome c transporte des électrons du CIII au CIV à travers la membrane externe des mitochondries.

##### 3) concernant l'ATP synthase :

- ☐ A. Elle participe au transport des électrons.
- ☐ B. Elle participe à l'oxydation de  $\text{O}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ .
- ☐ C. est responsable de la phosphorylation de l'ADP en ATP.
- ☐ D. Elle participe au transport des protons vers l'espace intermembranaire.

##### 4) la respiration cellulaire se déroule selon la succession des étapes suivantes :

- ☐ A. La glycolyse → Cycle de Krebs → formation de l'acétyl CoA → oxydation phosphorylante.
- ☐ B. La glycolyse → formation de l'acétyl CoA → Cycle de Krebs → oxydation phosphorylante.
- ☐ C. La glycolyse → Cycle de Krebs → oxydation phosphorylante → formation de l'acétyl CoA.
- ☐ D. La glycolyse → formation de l'acétyl CoA → oxydation phosphorylante → Cycle de Krebs.

##### 5. Le flux de protons au niveau de la membrane interne de la mitochondrie:

- ☐ A. Dépend de la différence de potentiel entre la face externe et la face interne de la membrane externe.
- ☐ B. Active l'ATP-synthase qui catalyse la réaction de phosphorylation de l'ADP en ATP.
- ☐ C. Développe une énergie photochimique.
- ☐ D. Peut provoquer une déphosphorylation de l'ATP.

##### 6) La régénération de l'ATP chez les mitochondries :

- ☐ A. se fait grâce à des processus d'oxydoréduction
- ☐ B. se fait grâce à la transformation du glucose en pyruvate
- ☐ C. n'est possible que grâce à la fermentation cellulaire
- ☐ D. a lieu exclusivement lors de la phosphorylation oxydative

##### 7) La mitochondrie :

- ☐ A. est le site de la fermentation cellulaire
- ☐ B. est le site de la dégradation du glucose
- ☐ C. peut directement utiliser le pyruvate
- ☐ D. est le site de réduction des transporteurs d'électrons et de protons.

##### 8) Une fonction se fait dans la mitochondrie:

- ☐ A. le cycle de Krebs
- ☐ B. la glycolyse
- ☐ C. la fermentation
- ☐ D. Oxydation du glycaldéhyde phosphate.

##### 9) L'ATP synthase est un complexe enzymatique:

- ☐ A. Qui entre dans la constitution de la membrane externe de la mitochondrie.
- ☐ B. Qui entre dans la constitution de la matrice mitochondriale.
- ☐ C. Qui entre dans la constitution des crêtes mitochondriales.
- ☐ D. Qui entre dans la constitution de la membrane cellulaire.

##### 10) Les deux transporteurs mobiles de la chaîne respiratoire sont:

- ☐ A. le coenzyme Q et le cytochrome c.
- ☐ B. le coenzyme Q et le FAD.
- ☐ C. le cytochrome c et le FAD.
- ☐ D. l'oxygène et le FAD.

##### 11) Concernant la mitochondrie:

- ☐ A. L'ATP synthase utilise le gradient de sodium.
- ☐ B. La phosphorylation oxydante est le processus par lequel les électrons issus du  $\text{NADH}+\text{H}^+$  sont cédés à l'ATP.
- ☐ C. Le cycle de Krebs produit du  $\text{NADH}+\text{H}^+$ , de l'ATP et du  $\text{CO}_2$
- ☐ D. Le transfert des électrons permet l'accumulation de  $\text{H}^+$  dans la matrice mitochondriale.

##### 12) Dans l'espace matriciel de la mitochondrie on trouve:

- ☐ A. Les enzymes nécessaires à l'oxydation du pyruvate
- ☐ B. Une concentration très élevée de  $\text{H}^+$  (protons).
- ☐ C. Des enzymes de la glycolyse.
- ☐ D. Le cytochrome c.

##### 13) La mitochondrie est un organelle:

- ☐ A. Produisant du dioxygène.
- ☐ B. Produisant du lactate
- ☐ C. Produisant du glycogène.
- ☐ D. Produisant de l'ATP.

#### 14) Le cycle de Krebs produit:

- ☐ A.  $\text{NADH}^+\text{H}^+$ ,  $\text{FADH}_2$ , ATP et l'acide pyruvique ;
- ☐ B.  $\text{NADH}^+\text{H}^+$ ,  $\text{FADH}_2$ ,  $\text{CO}_2$  et l'acétyl coenzyme A;
- ☐ C.  $\text{NADH}^+\text{H}^+$ , ATP,  $\text{CO}_2$  et l'acide pyruvique;
- ☐ D.  $\text{NADH}^+\text{H}^+$ ,  $\text{FADH}_2$ , ATP et  $\text{CO}_2$ .

#### 15) La fermentation lactique produit:

- ☐ A. L'acide pyruvique, le  $\text{CO}_2$  et l'ATP;
- ☐ B. L'acide pyruvique et le  $\text{CO}_2$ ;
- ☐ C. L'acide lactique, le  $\text{CO}_2$  et l'ATP;
- ☐ D. L'acide lactique et l'ATP.

### III. Ecrivez devant chacune des propositions «vrai» ou «faux» :

#### Les réactions de la fermentation alcoolique:

<input type="checkbox"/>	A. Se déroulent dans la matrice mitochondriale en absence du dioxygène.
<input type="checkbox"/>	B. Se déroulent dans le hyaloplasme en absence du dioxygène.
<input type="checkbox"/>	C. Produisent l'éthanol, le $\text{CO}_2$ et l'ATP.
<input type="checkbox"/>	D. Produisent l'acide lactique, le $\text{CO}_2$ et l'ATP.

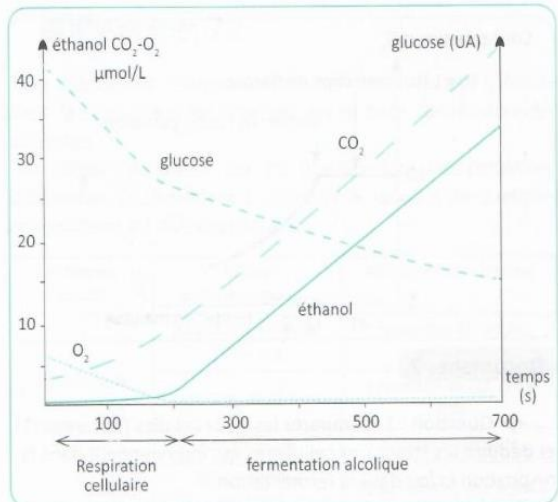
### IV-Reliez chaque étape de la respiration cellulaire à la structure cellulaire correspondante :

Etapes de la respiration cellulaire	Structures cellulaires
1. Les réactions de la chaîne respiratoire	<input type="checkbox"/> a. De part et d'autre de la membrane interne mitochondriale.
2. Les réactions de la glycolyse	<input type="checkbox"/> b. La matrice.
3. Le cycle de Krebs	<input type="checkbox"/> c. Le hyaloplasme.
4. La formation d'un gradient de protons	<input type="checkbox"/> d. La membrane interne mitochondriale.

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

#### Exercice 1 :

Afin de déterminer la voie métabolique utilisée par les cellules de la levure en fonction de la présence ou l'absence d'oxygène, on a réalisé l'expérience suivante : une suspension de cellules de levure est mise dans un milieu contenant une quantité de glucose et d'oxygène à une température de  $30^\circ\text{C}$ . Au cours de l'expérience on suit l'évolution de la concentration du glucose, de l'éthanol, du dioxygène et du  $\text{CO}_2$  en fonction du temps. Le (document 1) présente les résultats de l'expérience.



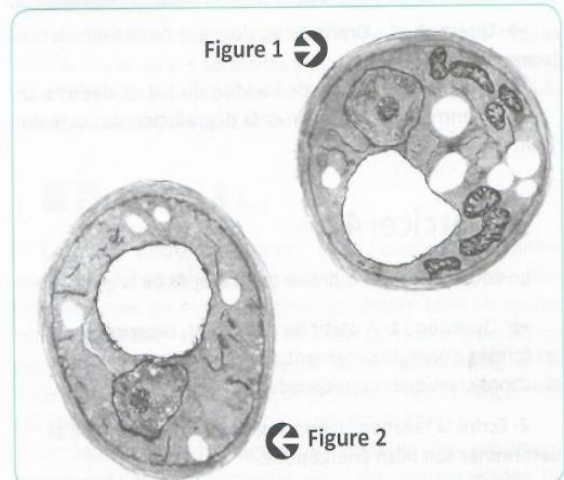
#### Document : 1

→ **Question :** décrire l'évolution des différentes composantes du milieu et déduire les manifestations de la respiration et de la fermentation chez la levure.

#### Exercice 2 :

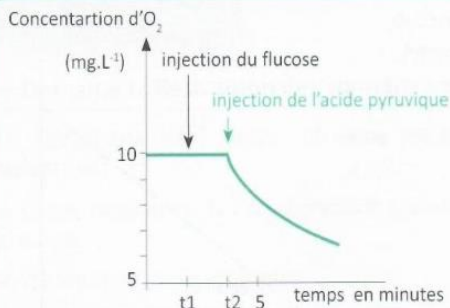
Pour déterminer certaines structures cellulaires qui interviennent dans la respiration et dans la fermentation on présente les données suivantes :

- Le document 1 montre une électronographie de cellules de levure cultivées dans des conditions aérobies (la figure 1) et d'autres cultivées dans des conditions anaérobies (la figure 2).
- Des mitochondries ont été isolées à partir de cellules de foie de rat et mises dans un milieu approprié. Au cours de l'expérience on suit l'évolution du dioxygène dissous. Au temps t1 on ajoute au milieu une faible quantité de glucose, et au temps t2 on ajoute une faible quantité d'acide pyruvique.



#### Document : 1





### Document : 2

→ **Question : 1- Comparer** les deux cellules (document1) et **déduire** les structures cellulaires qui interviennent dans la respiration et/ou dans la fermentation.

**2- Décrire** l'évolution de la concentration du dioxygène dans le milieu et **déduire** l'étape dans laquelle interviennent les mitochondries au cours de la dégradation du glucose à l'intérieur de la cellule.

### Exercice | 3 :

Dans le lait frais existent plusieurs espèces bactériennes parmi lesquelles on trouve le lactobacillus qui se caractérise par sa capacité à transformer le sucre du lait en acide lactique. C'est la fermentation lactique.

Pour mettre en évidence la fermentation lactique on met un échantillon de lait frais dans un récipient de 250mL de volume, en le remplissant jusqu'au bout pour chasser l'air. On met à l'intérieur du récipient un pH-mètre pour suivre l'évolution de l'acidité du lait (transformation du sucre du lait en acide lactique). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

jours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	6,8	6,8	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,8	4,8	4,8

→ **Question : 1 - Exprimer** les données de ce tableau sous forme de graphe.

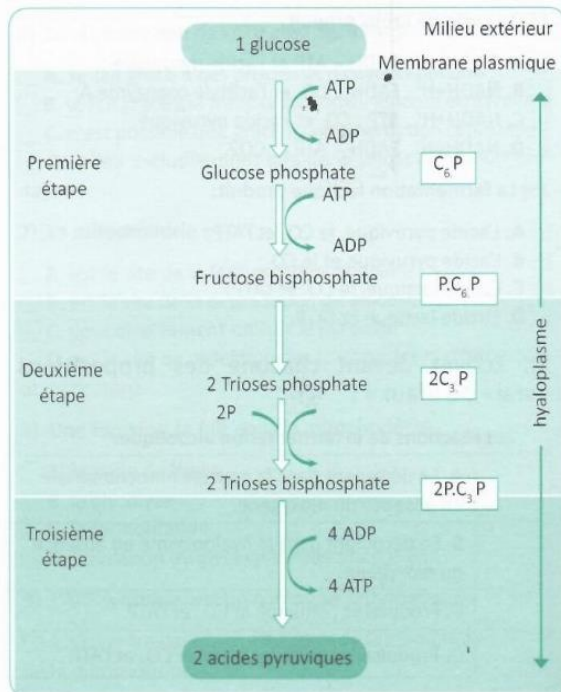
**2 - Décrire** l'évolution de l'acidité du lait et **déduire** la relation entre cette évolution et la dégradation du sucre du lait.

### Exercice | 4 :

Le document suivant présente les étapes de la glycolyse

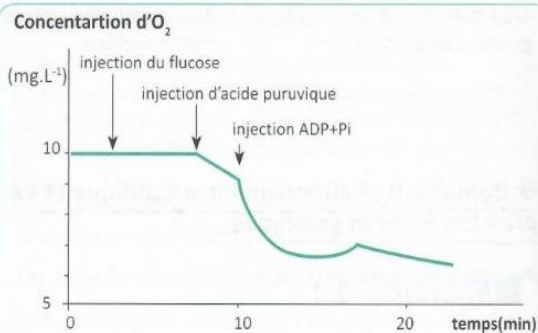
→ **Question : 1-** A partir du document, **déterminer** les formes d'énergie provenant de la glycolyse et écrire les réactions chimiques correspondantes.

**2- Ecrire** la réaction chimique globale de la glycolyse et **déterminer** son bilan énergétique.



### Exercice | 5 :

- Après avoir cassé et centrifugé des cellules, on a isolé une suspension de mitochondries. Au début de l'expérience ces mitochondries sont placées dans un milieu saturé en dioxygène, et le pH du milieu est gardé stable au cours de l'expérience. Le montage expérimental a permis d'ajouter différentes substances à ce milieu, et de mesurer les variations de la concentration du dioxygène en fonction du temps. Le document 1 présente le résultat des mesures.



### Document : 1

La réaction globale de la respiration est :

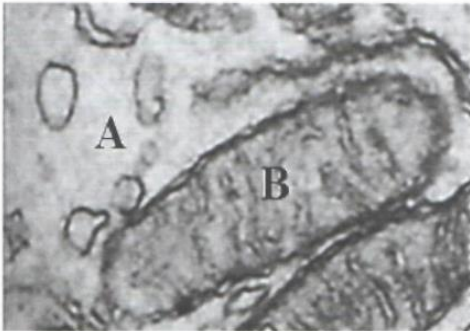


### Document : 2

→ **Question** : à partir de l'étude de ces deux documents **expliquer** comment la cellule peut-elle utiliser le glucose au cours de la respiration.

## Exercice 6 :

Afin de déterminer comment le glucose est utilisé par les cellules animales on présente les données suivantes :  
Le (document 1) montre une photo de l'ultra-structure de la cellule étudiée avec la précision des compartiments cellulaires concernés dans cette étude.



Des cellules animales ont été cultivées dans un milieu aérobie contenant du glucose marqué par le carbone radioactif  $^{14}\text{C}$ . Ce glucose est symbolisé par la lettre G.

Des échantillons ont été pris de ce milieu au temps :  $t_0, t_1, t_2, t_3$  et  $t_4$ , et leur analyse a permis de mettre en évidence l'apparition de nouvelles substances radioactives :

- L'acide pyruvique qu'on symbolise par la lettre P.
- Le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ .

Le document 2 présente l'emplacement de ces substances en fonction du temps.

temps	Milieu extérieur	Milieu intracellulaire	
		Compartiment A	Compartiment B
$t_0$	G+++++		
$t_1$	G++	G+++	
$t_2$		P+++	P++
$t_3$	$\text{CO}_2$ +		P+++
$t_4$	$\text{CO}_2$ ++		

+: le nombre des signes + indique la concentration dans le milieu.

→ **Question** : à partir des deux documents montrer la relation entre la structure de la mitochondrie et le devenir du glucose à l'intérieur de la cellule au cours de la respiration cellulaire.

## Exercice 7 :

Pour déterminer les voies métaboliques utilisées par la levure dans la production de l'énergie, on se base sur les données suivantes :

Des cellules de levure ont été placées dans des conditions différentes. Le document 1 présente le résultat de quelques observations au niveau cellulaire.

Milieu de culture	Milieu anaérobie+glucose	Milieu aérobie+ glucose
Les résultats observés au niveau des cellules	Apparition de l'acide pyruvique	Apparition de l'acide pyruvique
	Apparition de l'éthanol	Apparition du $\text{CO}_2$ et de $\text{H}_2\text{O}$
	Energie faible	Energie importante
	Mitochondries inactives	Mitochondries très actives

### Document : 1

- La figure 1 du (document 2) représente l'état d'une mitochondrie de cellule de levure mise dans un milieu anaérobie.
- La (figure 2) montre l'état de cet organite lorsqu'on met la cellule dans un milieu aérobie.



Figure 1 : mitochondrie d'une cellule de levure dans un milieu aérobie



Figure 2 : mitochondrie d'une cellule de levure dans un milieu anaérobie

### Document : 2

→ **Question** : en se basant sur les données des deux documents et sur vos connaissances **déterminer** les deux voies métaboliques de production de l'énergie chez les cellules de levure, puis **comparer** ces deux voies.

## Exercice 8 :

- Certains micro-organismes sont considérés comme anaérobies facultatifs, ça veut dire qu'elles peuvent vivre dans un milieu avec ou sans dioxygène, et comme exemple de ces micro-organismes on cite les levures. Certaines expériences permettent la mise en évidence de ce phénomène et la détermination des conditions de production de l'énergie chez ces êtres vivants, et ceci avec ou sans dioxygène.

- Le tableau du (document 1) montre les conditions expérimentales dans lesquelles on a mis une suspension de levure avec les résultats obtenus.



durée de l'expérience	expérience 1 24 heures	expérience 2 24 heures
conditions expérimentales	voile de levure solution de glucose CO <sub>2</sub>	glucose + eau sans CO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>
glucose consommé	0,098	0,5
éthanol produit	-	+++
levures produites	0,024	0,0025

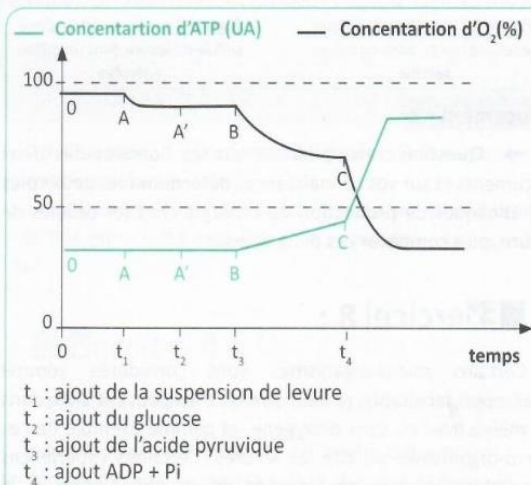
## Document : 1

→ **Question** : A partir des données du document 1 **comparer** les résultats des deux expériences et **déduire** les caractéristiques des levures dans chaque cas.

## Exercice 9 :

- Pour déterminer les conditions nécessaires à la respiration cellulaire au niveau de la mitochondrie et les résultats de cette respiration on a réalisé l'expérience suivante.

- Des cellules éclatées ont été centrifugées afin d'extraire une suspension de mitochondries vivantes. Ces mitochondries ont été placées dans un milieu saturé en dioxygène. Le pH de ce milieu est gardé stable au cours de l'expérience. Après on a ajouté à ce milieu différentes substances tout en mesurant la concentration du dioxygène et d'ATP dans ce milieu en fonction du temps. Les résultats obtenus ont permis de construire le diagramme du document suivant :



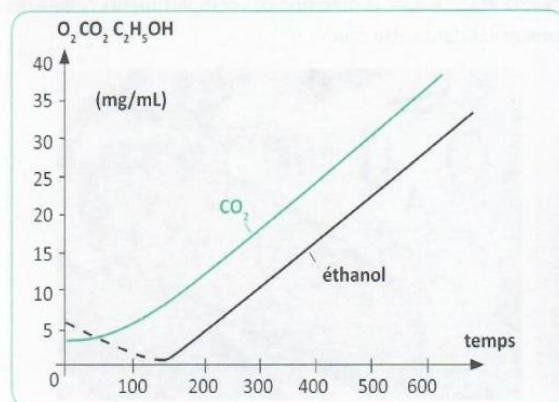
## Document : 1

→ **Question** : A partir des données du document, **déterminer** les conditions essentielles de la respiration au niveau de la mitochondrie et **donner** les résultats de cette respiration.

## Exercice 10 :

Pour savoir comment les cellules de levure utilisent le glucose on présente les données suivantes :

→ **Expérience** : une suspension de levure est mise dans un récipient. Au temps t=0 on ajoute à cette suspension une quantité importante de glucose. Après on suit l'évolution de la quantité de CO<sub>2</sub>, d'O<sub>2</sub> et de l'éthanol, dans le récipient, en fonction du temps. Le (document 1) présente les résultats de ces mesures sous forme de diagramme.

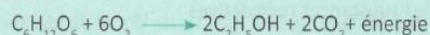


## Document : 1

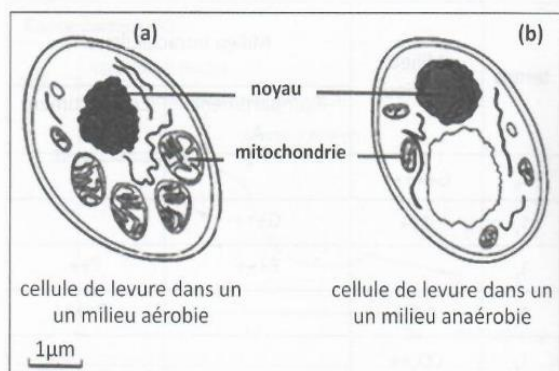
**Formule globale de la respiration chez la levure :**



**Formule globale de la fermentation alcoolique chez la levure :**



→ **Observation** : le document 2 montre un schéma de l'ultra-structure des cellules de levure cultivée dans un milieu aérobie (a) et d'autres cellules cultivées dans un milieu anaérobie (b).



## Document : 2

→ **Question** : 1- **Décrire** les résultats de l'expérience et **déduire** les deux voies métaboliques utilisées par la levure pour produire de l'énergie.

2 - **Comparer** entre l'ultra-structure des cellules de la levure dans les deux milieux et **déterminer** les structures cellulaires responsables de chaque voie.

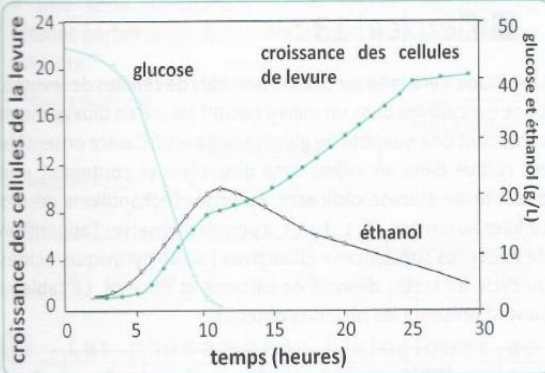
## Exercice 11 :

La levure est un champignon unicellulaire capable de vivre en présence ou en absence du dioxygène gazeux, c'est-à-dire qu'il est capable de produire l'énergie nécessaire à ses fonctions par respiration ou par fermentation et ceci en fonction des conditions du milieu. On présente les formules globales de la respiration et de la fermentation alcoolique chez les cellules de la levure :

- La respiration :  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$
- L'énergie produite à partir d'une mole de glucose : 2815 kJ dont 1677 kJ perdue sous forme de chaleur.
- La fermentation alcoolique :  $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 CO_2 + 2 C_2H_5OH$
- L'énergie produite à partir d'une mole de glucose : 167 kJ dont 106 kJ perdue sous forme de chaleur.

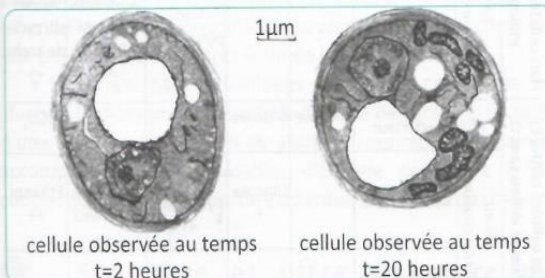
→ **Question : 1- Comparer** le rendement énergétique de la respiration et de la fermentation chez la levure.

■ Pour déterminer quelques manifestations de la production d'énergie chez la levure on présente les données suivantes : Des cellules de levures ont été placées dans un milieu contenant une quantité de dioxygène et riche en glucose. Et au cours de sa croissance on a effectué un ensemble de mesures, le document 1 présente les résultats obtenus. On rappelle que la respiration chez la levure est inhibée lorsque la concentration de glucose dans le milieu est supérieur à  $1g.L^{-1}$  et que l'éthanol peut être utilisé dans les réactions de la respiration cellulaire.



Document : 1

Des cellules ont été prises du milieu présenté dans le document 1 à deux temps différents, et ont été observées par microscope électronique. Le document 2 présente le résultat de cette observation.



Document : 2

→ **Question : 2- Analyser** les données des documents 1 et 2 et **montrer** la relation entre les conditions du milieu et la capacité des cellules de la levure à changer la voie métabolique nécessaire à la croissance et à la production d'énergie.

■ On cultive 2g de levure dans un milieu contenant 1g de glucose. Le document 3 présente le bilan quantitatif de la respiration et de la fermentation à partir des données de ce milieu.

	La respiration	la fermentation
Augmentation de la masse vivante	0.6g	0.02g
Masse d'O <sub>2</sub> utilisée	1.07g	
volume de O <sub>2</sub> utilisé	0.75L	
Masse de CO <sub>2</sub> dégagée	1.45g	0.45g
Volume de CO <sub>2</sub> dégagé	0.74L	0.23L
Masse de l'éthanol produite		0.46g

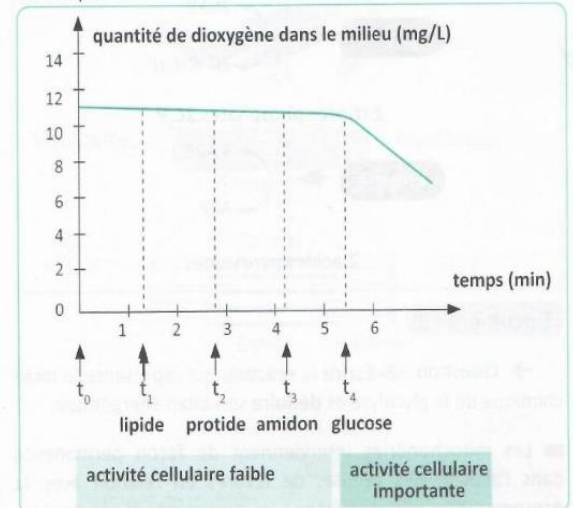
Document : 3

→ **Question : 3-** A partir de l'exploitation des données du document 3 **comparer** entre le bilan de la respiration et celle de la fermentation et **expliquer** la différence observée.

## Exercice 12 :

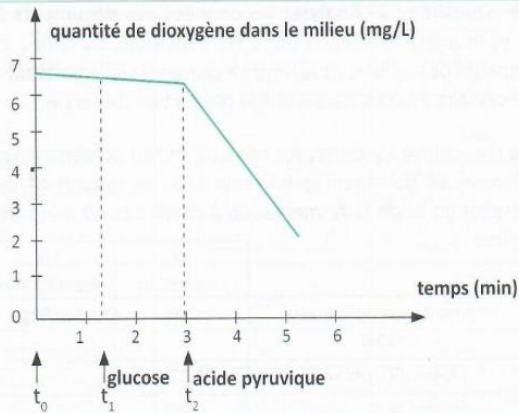
Pour déterminer quelques étapes essentielles des réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique, on présente les données suivantes :

- Le document 1 : Ce document présente l'évolution de la quantité de dioxygène dans un milieu de culture de la levure après l'ajout de différentes substances.
- Des mitochondries ont été mises dans un milieu tampon oxygéné ( temps t<sub>0</sub>). Au temps t<sub>1</sub> on a ajouté du glucose et au temps t<sub>2</sub> de l'acide pyruvique. Le document 2 présente les résultats de l'évolution de dioxygène dans le milieu en fonction du temps.



Document : 1

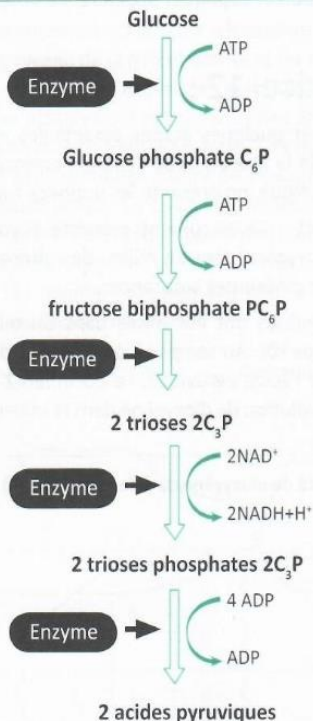




#### Document : 2

→ **Question : 1 -** Décrire les résultats expérimentaux, qu'est-ce que vous pouvez en déduire ?

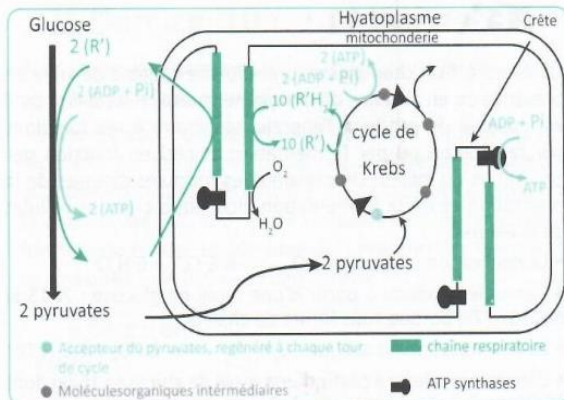
■ Pour comprendre les réactions chimiques que subit une molécule de glucose au niveau du hyaloplasme de la cellule de levure on propose la chaîne de réactions présentée dans le document3 et qui représente l'étape de la glycolyse :



#### Document : 3

→ **Question : 2- Ecrire** la réaction qui représente le bilan chimique de la glycolyse et **déduire** son bilan énergétique.

■ Les mitochondries interviennent de façon permanente dans l'activité des cellules de levures en relation avec la consommation de dioxygène, le document 3 résume les réactions chimiques qui ont lieu au niveau de ces organites.



#### Document : 4

→ **Question : 3-a-** En se basant sur les données du **document-3** montrer l'importance des réactions de déshydrogénation dans la production de l'énergie au niveau des mitochondries.

**b-** À partir des données précédentes, **donner en justifiant** votre réponse, le bilan énergétique de la dégradation totale d'une mole de glucose (au niveau de la membrane interne mitochondriale 3 moles d'ATP sont produites à partir de l'oxydation d'une mole de  $NADH+H^+$ , et 2 moles d'ATP sont produites à partir de l'oxydation d'une mole de  $FADH_2$ ).

### Exercice 13 :

Une étude a été faite sur deux ensembles de cellules de levures. L'une est cultivée dans un milieu nutritif saturé en dioxygène et contenant une quantité de glucose radioactif. L'autre ensemble est cultivé dans un milieu sans dioxygène et contenant une quantité de glucose radioactif. La prise d'échantillons de ces cellules au temps  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_4$  a permis d'observer l'apparition de nouvelles substances radioactives : acide pyruvique, acides du cycle de krebs, dioxyde de carbone et éthanol. Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

	temps	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$
Les cellules cultivées dans le milieu saturé en O <sub>2</sub>	Milieu extérieur	Glucose +++	Glucose +			CO <sub>2</sub> +
	Milieu intracellulaire	hyaloplasme	-	Glucose +	Acide pyruvique ++	Acide pyruvique +
		mitochondrie	-	-	Acide pyruvique +	Acides du cycle de krebs ++
						Acides du cycle de krebs ++
Les cellules cultivées dans le milieu sans O <sub>2</sub>	Milieu extérieur	Glucose +++	Glucose +			CO <sub>2</sub> +
	Milieu intracellulaire	hyaloplasme	-	Glucose +	Acide pyruvique ++	Acide pyruvique et éthanol +
		mitochondrie				Ethanol ++



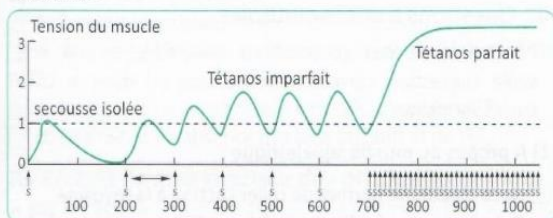
## Cours

**1 Le travail mécanique du muscle squelettique strié**

Le muscle squelettique strié est caractérisé par les propriétés de contractilité et excitabilité. Si on l'excite expérimentalement il ne répond que si on dépasse un seuil d'excitation. On appelle rhéobase, l'intensité minimale du courant électrique pour provoquer l'excitation du muscle.

La réponse du muscle aux excitations efficaces est différente selon le nombre et le moment d'application de ces excitations.

- Une seule excitation → secousse musculaire isolée.
- Deux excitations successives → fusion complète ou incomplète selon le moment d'application de la deuxième excitation.
- Une série d'excitations → téтанos imparfait ou téтанos parfait selon le moment d'application de l'excitation suivante.

**2 Les phénomènes biologiques accompagnant la contraction musculaire et origine de l'énergie musculaire :**

La contraction musculaire s'accompagne de phénomènes thermiques et de phénomènes chimiques :

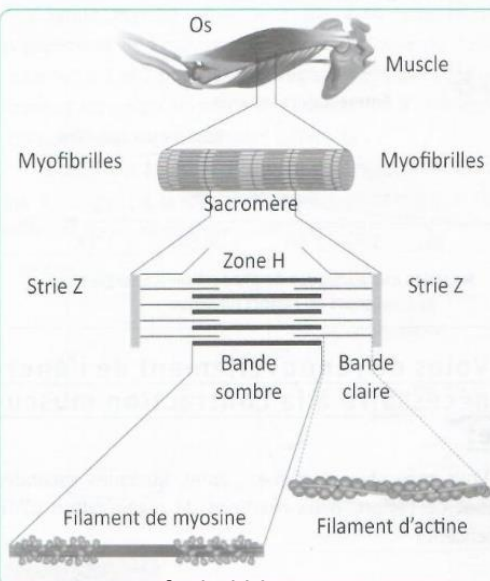
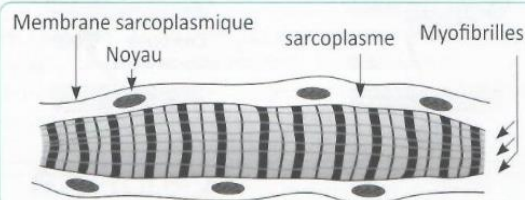
- Les phénomènes thermiques : la contraction musculaire s'accompagne d'un dégagement de chaleur en deux étapes essentielles : une chaleur initiale au cours de la contraction, et une chaleur retardée après la fin de la contraction.
- Les phénomènes chimiques : le muscle consomme le glucose, le dioxygène et rejette le dioxyde de carbone. Il s'agit d'une réaction d'oxydation du glucose (respiration cellulaire) accompagnée d'une libération d'énergie nécessaire à la contraction, et dont une partie est perdue sous forme de chaleur

**3 Structure et ultra structure du muscle squelettique strié :**

- **Structure** : la fibre musculaire est l'unité structurale du muscle. Chaque fibre est sous forme d'une cellule allongée qui contient plusieurs noyaux et un sarcoplasme (cytoplasme) comportant des myofibrilles parallèles entre elles et avec l'axe d'allongement de la cellule. Chaque myofibrille présente une alternance de bandes claires et de bandes sombres.

- **Ultra structure** : les myofibrilles sont formées de deux types de myofilaments : des filaments fins d'actine et des filaments épais de myosine caractérisés par des têtes globulaires. Les stries transversales des myofibrilles sont dues à la présence de bandes claires, formées uniquement de filaments d'actine, et de bandes sombres formées de filaments d'actine et de filaments de myosine. Les myofibrilles contiennent également des stries transversales appelées stries Z, la zone située entre deux stries Z consécutives est appelée sarcomère, qui constitue l'unité structurale de la fibre musculaire.

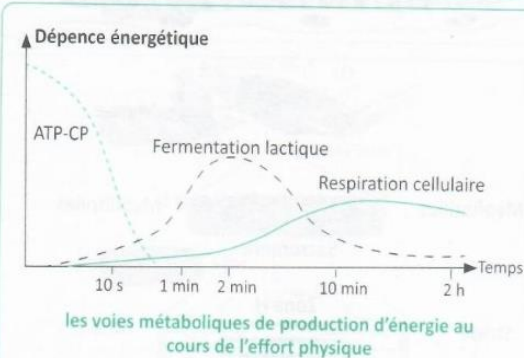
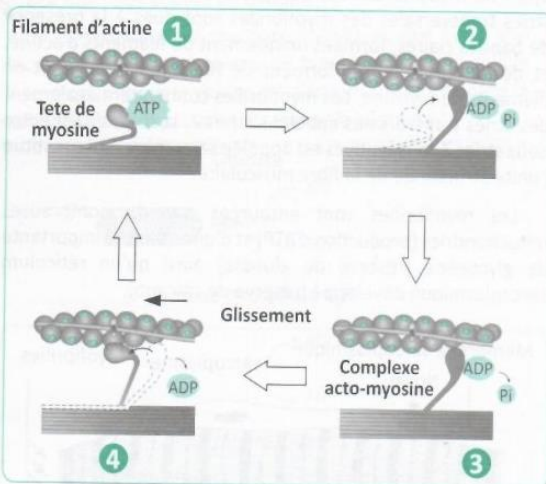
Les myofibrilles sont entourées par de nombreuses mitochondries (production d'ATP) et d'une quantité importante de glycogène (réserve de glucose) ainsi qu'un réticulum sarcoplasmique développé (réserve de calcium).





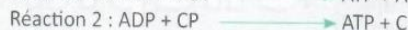
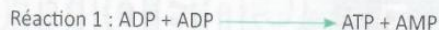
#### 4 Mécanisme de la contraction musculaire :

La contraction musculaire a lieu grâce au glissement entre les filaments d'actine et les filaments de myosine, en présence d'ATP et d'ions calcium. On peut résumer la succession d'événements au cours de la contraction musculaire comme suit : excitation de la fibre musculaire (issue des centres nerveux) → libération des ions calcium à partir du réticulum sarcoplasmique → formation des ponts acto-myosine → hydrolyse de l'ATP en ADP et Pi avec libération d'énergie → rotation des têtes de myosine vers le centre du sarcomère → glissement des filaments d'actine vers le centre du sarcomère → contraction du fibre musculaire. Dès la fin de l'excitation le calcium retourne dans le réticulum sarcoplasmique, les molécules d'ATP se lient aux têtes de myosine ce qui conduit à la séparation de ces têtes des filaments d'actine et par conséquent au relâchement du muscle.



#### 5 Voies de renouvellement de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire :

- Voie anaérobie alactique : après quelques secondes du début de l'effort, deux réactions de régénération d'ATP commencent :



Ces réactions sont accompagnées de la libération de la chaleur initiale.

- Voie anaérobie lactique : il s'agit des réactions de la fermentation lactique non consommatrices d'oxygène et productrices d'une faible quantité d'énergie. Sa réaction globale est :



- Voie aérobie : il s'agit de la respiration cellulaire qui a lieu lorsque le dioxygène est disponible. Cette voie produit une grande quantité d'énergie et s'accompagne de la libération de la chaleur retardée. Sa réaction globale est :



### EXERCICES

#### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### I. Définissez les mots et les expressions suivantes :

a. Le sarcomère ; b. Secousse musculaire ; c. Stimulation supraliminaire .

#### II. Quels sont les types de chaleurs dégagées lors d'une contraction musculaire en milieu aérobie ?

#### III. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 1) A propos du muscle squelettique :

- ☐ A. La troponine permet de relier l'actine à la myosine
- ☐ B. La troponine facilite l'activité de l'ATPase au cours de la contraction musculaire.
- ☐ C. La troponine a une faible affinité pour les ions calcium.
- ☐ D. La tropomyosine est la partie de la l'actine qui s'unit à la myosine

##### 2) La strie Z possède une propriété parmi les suivantes. Laquelle ? :

- ☐ A. est située dans le disque A (la bande sombre).
- ☐ B. divise le disque I (la bande claire) en deux.
- ☐ C. réunit les filaments d'actine et de myosine.
- ☐ D. sépare le disque A du disque I (la bande claire)

##### 3) Dans une cellule musculaire striée, les ions calcium :

- ☐ A. se fixent sur les têtes de myosine lors de la contraction
- ☐ B. sont stockés dans le réticulum sarcoplasmique lisse entre les contractions.
- ☐ C. permettent la liaison des molécules de myosine entre elles.
- ☐ D. permettent la liaison des molécules d'actine entre elles

4) Au niveau de la myofibrille striée on peut trouver les protéines suivantes :

- ☐ A. la myosine, la tropomyosine et l'actine.
- ☐ B. la myosine, la tropomyosine et l'actinine.
- ☐ C. la myosine, la tropomyosine et la myoglobine.
- ☐ D. la myosine, la tropomyosine et la fibrine.

5) L'hydrolyse de l'ATP :

- ☐ A. se déroule au sein des cellules sans catalyse.
- ☐ B. est catalysée par l'ATPase.
- ☐ C. produit de l'ADP et 2Pi (Phosphate inorganique).
- ☐ D. est une réaction endothermique.

6) La contraction du muscle strié :

- ☐ A. Nécessite la présence d'actine et de myosine.
- ☐ B. Peut s'effectuer en absence de calcium.
- ☐ C. Se traduit par un raccourcissement de la bande sombre.
- ☐ D. Se traduit par un raccourcissement des filaments de myosine.

7) Concernant les sarcomères :

- ☐ A. Le sarcomère est l'unité de contraction des fibres musculaires striées et lisses.
- ☐ B. Un sarcomère est délimité par deux stries Z.
- ☐ C. Les filaments fins sont constitués de myosine.
- ☐ D. Un sarcomère est délimité par bandes H.

8) Les filaments fins de la myofibrille sont formés de :

- ☐ A. L'actine, la myosine et la troponine.
- ☐ B. L'actine, la myosine et la tropomyosine.
- ☐ C. L'actine, la troponine et la tropomyosine.
- ☐ D. La myosine, la troponine et la tropomyosine.

9) La contraction musculaire :

- ☐ A. Se produit en absence de l'ATP, et de l'O<sub>2</sub>.
- ☐ B. Nécessite toujours la présence des ions calcium et de l'ATP.
- ☐ C. Se produit en absence des ions calcium et de l'ATP.
- ☐ D. Se produit en absence des ions calcium et de l'O<sub>2</sub>.

IV. Ecrivez devant chacune des propositions « vrai » ou « faux » :

Lors de la contraction musculaire, on assiste à un:

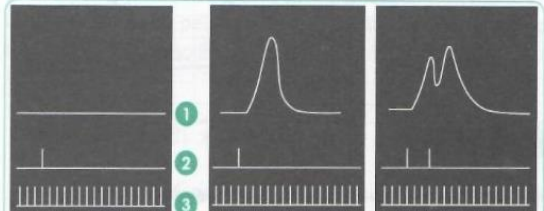
<input type="checkbox"/>	A. Raccourcissement des bandes sombres sans changement de la longueur des bandes claires.
<input type="checkbox"/>	B. Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur des bandes sombres.
<input type="checkbox"/>	C. Rapprochement des deux stries Z avec raccourcissement de la zone H du sarcomère.
<input type="checkbox"/>	D. Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur de la zone H du sarcomère.

## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

Les figures suivantes présentent des enregistrements de la réponse mécanique du muscle d'une grenouille suite à l'application d'une ou plusieurs stimulations électriques.

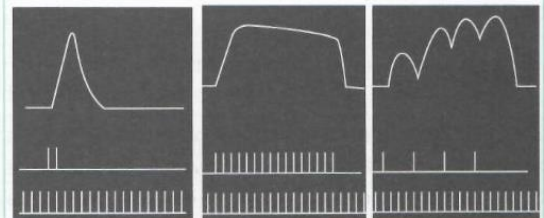
1 myogramme ; 2 stimulation ; 3 temps



Enregistrement 1 : application d'une stimulation S1

Enregistrement 2 : application d'une stimulation S2

Enregistrement 3 : application de deux stimulations S3 et S4 de même intensité



Enregistrement 4 : application de deux stimulations S5 et S6 de même intensité

Enregistrement 5 : application de plusieurs stimulations de même intensité

Enregistrement 6 : application de plusieurs stimulations de même intensité

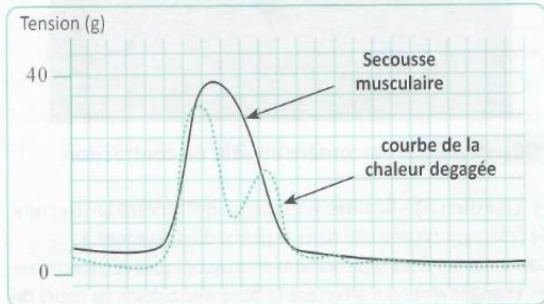
→ Question : 1- Analyser les enregistrements 1, 2, 3 et 4, puis déduire les deux phénomènes mis en évidence.

2- Décrire le myogramme des deux enregistrements 5 et 6 puis donner une explication à ces résultats

### Exercice 2 :

Chaque activité musculaire est accompagnée par un dégagement de chaleur et un échauffement du corps. Les documents 1 et 2 montrent l'enregistrement des phénomènes thermiques qui accompagnent la contraction d'un muscle dans des conditions expérimentales différentes :

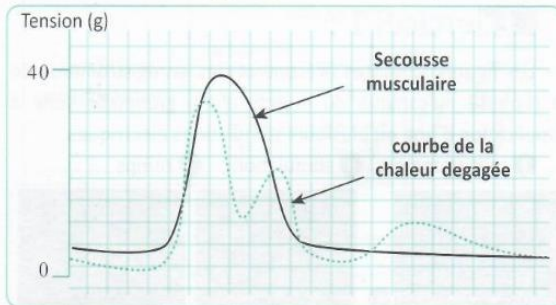
- Document 1 : enregistrement du dégagement de chaleur qui accompagne la contraction d'un muscle placé dans un milieu riche en dioxygène (milieu aérobique).



Document : 1



- Document 2 : enregistrement du dégagement de chaleur qui accompagne la contraction d'un muscle placé dans un milieu pauvre en dioxygène (milieu anaérobie).

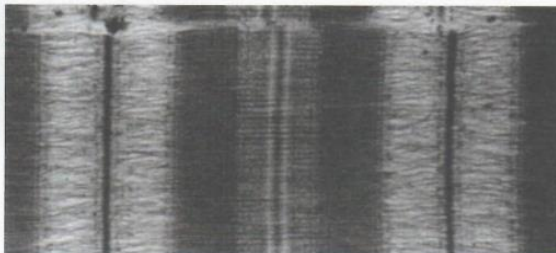


Document : 2

→ **Question** : En se basant sur les données des deux documents et sur vos connaissances **déterminer** les types de chaleur dégagés par le muscle au cours de la contraction, puis **montrer** la relation entre la présence ou l'absence du dioxygène et ces types de chaleur.

### Exercice | 3 :

La fibre musculaire est caractérisée par la contractilité : les documents suivants montrent l'observation microscopique d'une coupe longitudinale d'une partie de cellule musculaire striée en état de repos (document 1) et en état de contraction (document 2).



Document : 1 sarcomère en état de repos



Document : 2 sarcomère en état de contraction

→ **Question** : 1 - **Réaliser** un schéma qui montre la structure de l'élément représenté dans la photo du **document 1**. **Comparer** les deux observations microscopiques et déterminer les changements qui affectent la fibre musculaire au cours de la contraction.

### Exercice | 4 :

Le dosage de certaines substances a été réalisé au niveau d'un muscle strié de grenouille, dans des conditions expérimentales différentes, le tableau suivant présente les conditions expérimentales et les résultats obtenus : (dans les trois expériences les muscles ont subi des excitations de même intensité et même durée).

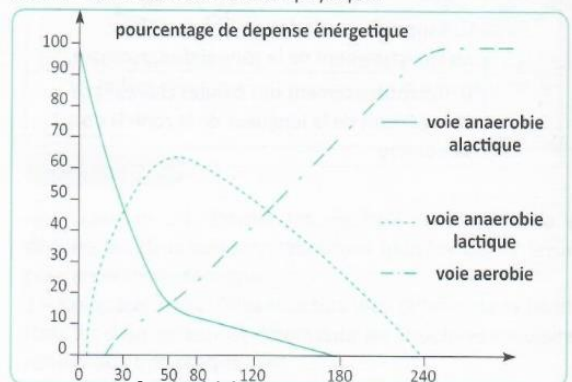
Les conditions expérimentales	Glycogène (g.Kg-1)	Acide lactique (g.Kg-1)	ATP (mmol. Kg-1)	Phosphocréatine (mmol. Kg-1)
Muscle au repos (absence d'excitation)	1.08	1.00	4 à 6	15 à 17
Expérience 1 : excitation du muscle non traité	0.80	1.30	4 à 6	15 à 17
Expérience 2 : excitation du muscle après traitement avec une substance qui inhibe l'utilisation du glycogène	1.08	1.00	4 à 6	3 à 4
Expérience 2 : excitation du muscle après traitement avec une substance qui inhibe l'utilisation du glycogène et de la phosphocréatine.	1.08	1.00	0	15 à 17

→ **Remarque** : Dans les expériences 1 et 2 le muscle s'est contracté pendant tout le temps de l'expérience. Alors que dans l'expérience 3 le muscle s'est contracté pendant quelques secondes puis s'est arrêté.

→ **Question** : **Expliquer** ces résultats expérimentaux et **déduire** les voies qui permettent au muscle strié de produire l'énergie nécessaire à la contraction

### Exercice | 5 :

- Le diagramme du document suivant présente les différentes voies métaboliques qui interviennent dans l'approvisionnement du muscle en énergie nécessaire à la contraction au cours de l'effort physique.



→ **Question** : à partir du **document dégager** l'ordre des voies métaboliques qui approvisionnent le muscle en énergie en fonction du temps en montrant leurs rôles dans le renouvellement d'ATP.

## Exercice 6 :

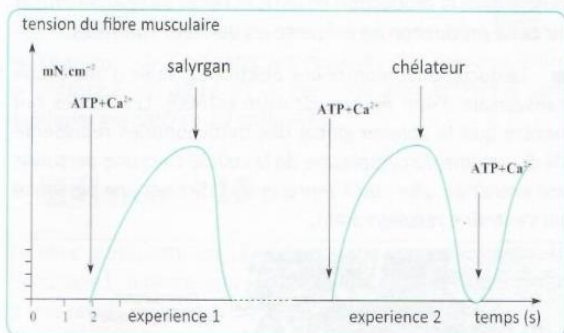
- Pour déterminer comment les fibres musculaires peuvent garder leurs capacité à se contracter au cours de l'effort musculaire on présente les données suivantes :

Des fibres musculaires isolées à partir d'un muscle de lapin, ont été mises entre lame et lamelle puis observées au microscope optique. Ainsi on a pu mesurer l'état de leurs contractions (tension) dans différentes conditions :

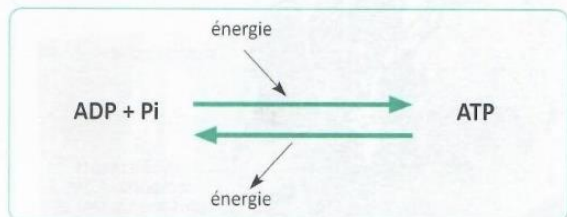
- **Expérience 1** : dans cette expérience on a étudié la contraction d'une fibre musculaire isolée en présence ou en absence du salyrgan qui est un poison qui bloque l'hydrolyse de l'ATP.

- **Expérience 2** : dans cette expérience on a étudié la contraction d'une fibre musculaire isolée en présence ou en absence d'un chélateur du calcium, c'est-à-dire une substance qui se lie au calcium et empêche son action.

Le document suivant présente les résultats des deux expériences.



Document : 1



**Document : 2** l'ATP est un intermédiaire énergétique, son hydrolyse libère de l'énergie et sa synthèse nécessite un apport d'énergie

Le document 3 montre les résultats des mesures de la concentration de molécules d'ATP dans un muscle frais avant et après une contraction :

Les composantes chimiques	Avant la contraction	Après la contraction
ATP	4 à 6 mmol.Kg <sup>-1</sup>	4 à 6 mmol.Kg <sup>-1</sup>

Document : 3

→ **Question** : 1- Analyser les données expérimentales du document 1 et **déduire** les conditions de la contraction musculaire.

2- En exploitant les données des documents proposés, **montrer** comment le muscle peut garder sa capacité à se contracter au cours de l'effort musculaire.

## Exercice 7 :

On distingue dans le muscle deux types de fibres musculaires: les fibres de type I et les fibres de type II. Pour déterminer les voies métaboliques utilisées par ces fibres musculaires au cours de la contraction on présente les données suivantes :

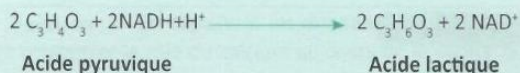
- Le document 1 présente quelques caractéristiques des fibres de type I et des fibres de type II :

Les caractéristiques	Les fibres de type I	Les fibres de type II
Pourcentage chez les coureurs des courtes distances	40%	60%
Pourcentage chez les coureurs de marathon	80%	20%
Nombre de mitochondries dans chaque fibre	élevé	moyen
Nombre de capillaires sanguins au tour de la fibre	5 - 4	3 - 2

Une étude a permis de comparer l'activité de différentes enzymes qui se trouvent dans les fibres de type I et les fibres de type II, le document 2 montre le résultat de cette comparaison (les chiffres présentés sont en unités arbitraires).

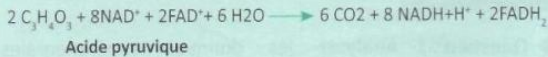
L'enzyme	Les fibres de type I	Les fibres de type II
Lactate déshydrogénase (1)	31 à 42	251 à 312
Malate déshydrogénase (2)	15 à 17	3 à 6

(1) Le lactate déshydrogénase est une enzyme qui active une des étapes de la transformation de l'acide pyruvique en acide lactique, au cours de la fermentation qu'on peut résumer sous forme de la réaction globale suivante :





Le malade déshydrogénase est une enzyme qui active une des étapes de dégradation de l'acide pyruvique dans la mitochondrie, qu'on peut résumer sous forme de la réaction globale suivante :



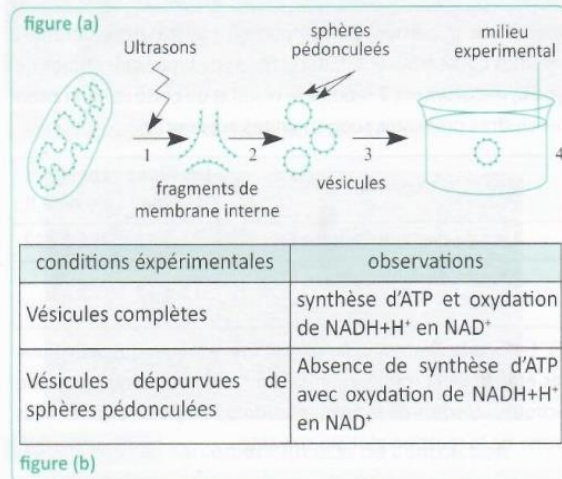
→ **Question : 1-** En exploitant les données des documents proposés **expliquer** les pourcentages observés dans chaque type de fibres musculaires au niveau des muscles des coureurs de courtes distances et ceux des coureurs de marathon.

**2- Montrer** les voies métaboliques productrices d'énergie pour chaque type de fibres musculaires

## Exercice | 8 :

Certains antibiotiques (oligomycine) utilisés contre les infections bactériennes, causent un état de fatigue générale chez le malade qui l'utilise. Ces effets secondaires sont liés à l'effet de l'antibiotique sur les mitochondries de cette personne. Pour déterminer certains aspects de ce phénomène on présente les données suivantes :

■ Dans l'expérience de la figure(a) du document 1, l'application des ondes ultrason sur des mitochondries (l'étape 1) conduit à la formation de vésicules à partir des morceaux de la membrane interne mitochondriale (l'étape 2). Ces vésicules possèdent des sphères pédonculées sur leurs surfaces (le numéro 3). Au cours de l'étape 4, ces sphères se retrouvent du côté d'un milieu expérimental au lieu de la matrice mitochondriale. Ce milieu comprend du dioxygène, des composés réduits  $\text{NADH} + \text{H}^+$  et de l' $\text{ADP} + \text{Pi}$ . Après on a réalisé, sur ces vésicules, les expériences présentées dans le tableau (figure (b)) du document 1



### Document : 1

→ **Question : 1-** A partir des résultats expérimentaux **montrer** le rôle de la membrane interne de la mitochondrie et celui des sphères pédonculées, **justifiez** votre réponse.

■ Pour étudier l'effet de l'antibiotique « oligomycine » sur les cellules musculaires, on a réalisé des expériences sur un muscle frais d'un animal et on a effectué le dosage de certaines composantes du muscle avant et après l'effort musculaire. Le tableau du document 2 présente les conditions expérimentales et les résultats obtenus.

Conditions expérimentales	Glycogène	Avant la contraction (mg.g-1 du muscle frais)	Après la contraction (mg.g-1 du muscle frais)
Le muscle est resté en état de contraction le long de l'expérience	ATP	1.08	0.8
		1.35	1.35
Après injection d'une forte dose d'oligomycine	Glycogène	1.08	1.08
	ATP	1.35	0
	Arrêt quasi-instantané de la contraction du muscle malgré le maintien de l'excitation		

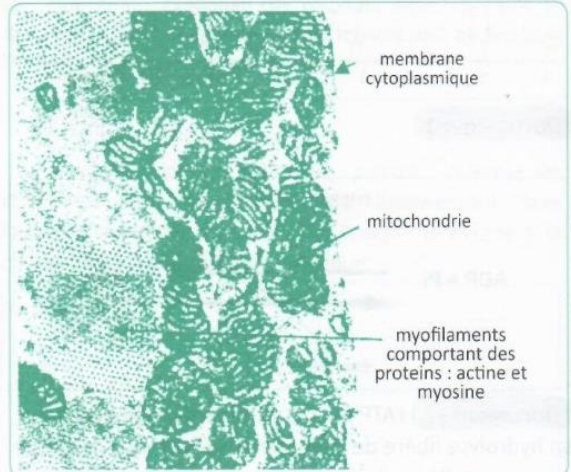
→ **Question : 2- Décrire** les résultats de l'expérience et proposer une explication à ces résultats.

**3- Proposer** deux hypothèses expliquant l'état de fatigue de la personne malade qui prend l'oligomycine.

## Exercice | 9 :

Pour déterminer les voies métaboliques utilisées par le muscle dans la production de l'ATP, et l'effet de l'entraînement sur cette production on présente les données suivantes.

■ Le document1 montre une électronographie d'une coupe transversale d'une fibre musculaire (x1600). Les études ont montré que le volume global des mitochondries représente 5% du volume du cytoplasme de la cellule chez une personne non entraînée, alors qu'il représente 11% chez une personne qui s'entraîne régulièrement.



### Document : 1

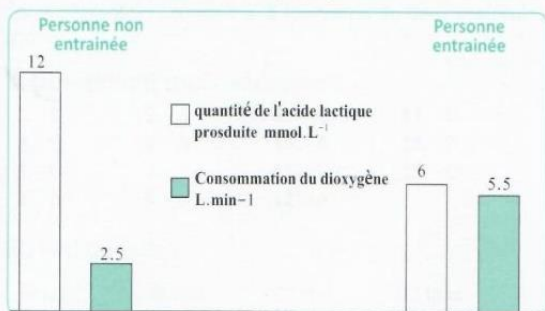
■ Le tableau suivant présente la concentration du dioxygène, du dioxyde de carbone, du glucose et de l'acide lactique dans le sang artériel entrant dans un muscle et dans le sang veineux sortant, ceci pendant un exercice physique.



	Sang artériel	Sang veineux
Concentration de $O_2$ (mL.100mL <sup>-1</sup> )	21,2	5,34
Concentration de $CO_2$ (mL.100mL <sup>-1</sup> )	45	60
Concentration de glucose (mmol.L <sup>-1</sup> )	4	2
Concentration d'acide lactique (mmol.L <sup>-1</sup> )	<1	2,8

→ **Question : 1-** **Décrire** les résultats de l'observation et de l'expérience, et **déduire** les voies métaboliques utilisées par le muscle pour produire l'énergie

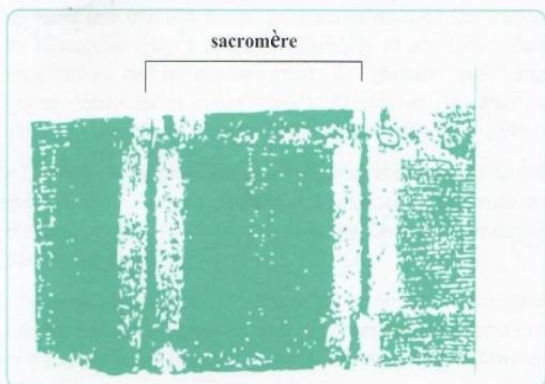
■ Des mesures de production de l'acide lactique et de consommation du dioxygène ont été réalisées chez une personne non entraînée et une autre personne entraînée, pendant la réalisation d'un exercice physique d'intensité déterminée. On considère que les changements observés au niveau du corps proviennent essentiellement de l'activité des muscles au cours de l'exercice physique.



→ **Question : 2-** **Comparer** les résultats des mesures entre la personne entraînée et la personne non entraînée puis **expliquer** les différences observées.

## Exercice 10 :

La fibre musculaire est caractérisée par son contractilité. Le document1 montre une coupe longitudinale d'une partie d'une cellule musculaire striée en état de repos.



Document : 1

→ **Question : 1-** **Réaliser** un schéma légendé du sarcomère en état de contraction, puis **montrer** les changements qui affectent cet élément au cours de la contraction.

■ Pour déterminer les besoins de la contraction musculaire on a réalisé les observations et les expériences suivantes :

**A :** les fibres musculaires à contraction et relâchement rapides sont caractérisées par un réticulum sarcoplasmique développé, alors que les fibres musculaires à contraction et relâchement lents possèdent un réticulum sarcoplasmique moins développé.

**B :** l'injection des ions calcium dans le hyaloplasme d'une fibre musculaire entraîne la contraction des myofibrilles.

**C :** des fibres musculaires ont été cultivées dans un milieu contenant le calcium radioactif. En utilisant la technique d'autoradiographie on a remarqué que le calcium radioactif se trouve à l'intérieur du réticulum sarcoplasmique lorsque les fibres musculaires sont relâchées alors qu'il se disperse dans le hyaloplasme lorsque les fibres musculaires sont contractées.

→ **Question : 2-** En se basant sur ces observations et ces expériences **montrer** la relation entre la structure de la cellule musculaire et la fonction de la contraction musculaire.

■ Le document 2 montre une électronographie où le sarcomère est en état de contraction : on remarque des figures caractéristiques « figures Y » (les figures qui apparaissent à l'intérieur des cercles dessinés sur le document) qui associent les filaments d'actine (A) et les filaments de myosine (M). On met des fragments des filaments (A) et/ou des fragments des filaments (M) dans des milieux de culture différents. Le tableau du document 3 montre les résultats de ces expériences.



Document : 2

expériences	Conditions expérimentales	Figures Y	Production de chaleur	Estimation de la concentration d'ATP
a	A+M+ATP	absente	faible	Faible diminution
b	A+M+ATP+Ca <sup>++</sup>	présente	forte	Forte diminution
c	A+ATP+Ca <sup>++</sup>	absente	absente	Sans changement
d	M+ATP+Ca <sup>++</sup>	absente	faible	Faible diminution

→ **Question : 1-** En exploitant les données des expériences a et b **montrer** le rôle du calcium au cours de la contraction musculaire. Et en se basant sur les données des expériences b, c et d, **expliquer** la relation qui existe entre les éléments A, M et ATP en précisant l'origine de la chaleur produite



## Exercice 11 :

Des expériences ont été réalisées sur trois muscles de grenouille qui ont subi des traitements différents. Au cours de ces expériences les muscles se contractent suite à une excitation. Des analyses sont faites avant et après la contraction. Le tableau du document 1 présente les résultats obtenus.

Les constituants en mg par g du muscle frais	Expérience 1 (muscle non traité)		Expérience 2 (traitement du muscle par une substance qui bloque la glycolyse)		Expérience 3 (inhibition de la glycolyse et de la dégradation de la phospho-créatine)	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Glycogène	1.08	0.8	1.08	1.08	1.08	1.08
Acide lactique	1	1.3	1	1	1	1
ATP	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0
Phospho-créatine	1	1	1	0.3	0.3	1

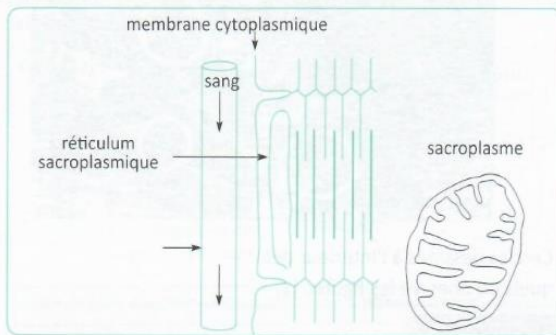
### Document : 1

- La phospho-créatine (CP) est un composé riche en énergie, qui est dégradé dans le muscle selon la réaction :



→ **Question : 1-** Expliquer les résultats obtenus pour chaque expérience, puis **montrer** la relation entre ces résultats en précisant l'enchaînement des réactions qui ont lieu au cours de la contraction musculaire.

**2-** A partir de la réponse précédente et en se basant sur vos connaissances, **compléter** le schéma du document-2, en montrant la relation entre les organites cellulaires et les constituants cellulaires.



### Document : 2

## CORRIGÉS CHAPITRE 1

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### I. Définitions :

-a. **Chaîne respiratoire** : c'est un complexe de protéines membranaires de la membrane interne de la mitochondrie qui servent à réoxyder les coenzymes  $\text{NAD}^+$  et  $\text{FADH}_2$  qui ont été réduits en particulier au cours du cycle de Krebs.

-b. **Phosphorylation oxydative** : fabrication d'ATP par phosphorylation (ajout d'un groupement phosphate) de l'ADP grâce à un couplage avec l'oxydation de composés réduits  $\text{RH}_2$ .

-c. **La glycolyse** : est une suite de réactions chimiques ayant lieu dans le cytoplasme de toutes les cellules, au cours desquelles le glucose est dégradé en deux molécules d'acide pyruvique. Cette dégradation conduit à la formation de deux molécules d'ATP.

#### II. Questions à choix multiples :

- |        |        |         |         |
|--------|--------|---------|---------|
| 1. - B | 5. - B | 9. - C  | 13. - D |
| 2. - B | 6. - A | 10. - A | 14. - D |
| 3. - C | 7. - C | 11. - C | 15. - D |
| 4. - B | 8. - A | 12. - A |         |

#### III. Vrai ou faux :

- A : faux      B : vrai      C : vrai      D : faux

#### IV. Mise en relation :

- (1,d) ;      (2,c) ;      (3,b) ;      (4,a)

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

• **Description** : Du début de l'expérience jusqu'à 200 seconds on remarque une diminution progressive de la concentration du dioxygène jusqu'à ce qu'elle s'annule, et une diminution progressive de la concentration du glucose avec une augmentation de la concentration du dioxyde de carbone, alors que la concentration de l'éthanol est restée quasi nulle.

• **Conclusion** : ce phénomène s'appelle respiration cellulaire qui consiste à une consommation de glucose en présence du dioxygène pour la production de l'énergie. Ceci est accompagné par le rejet du  $\text{CO}_2$ .

• **Description** : de 200 secondes à 700 secondes on remarque une diminution progressive de la concentration du glucose et une augmentation progressive de la concentration de l'éthanol et du  $\text{CO}_2$ .

• **Conclusion** : Ce phénomène s'appelle la fermentation alcoolique qui consiste à une consommation de glucose pour produire de l'énergie, sans consommation de dioxygène, avec libération de l'éthanol et du  $\text{CO}_2$ .

#### Exercice 2 :

• **Comparaison** : les cellules de levure cultivées dans des conditions aérobies (présence de  $\text{O}_2$ ) en utilisent la respiration cellulaire pour produire l'énergie. Elles se caractérisent par la présence de mitochondries développées et nombreuses. Les cellules cultivées dans des conditions anaérobies (absence de  $\text{O}_2$ ), utilisent la fermentation pour produire de l'énergie, et elles se caractérisent par des mitochondries moins nombreuses et moins développées.

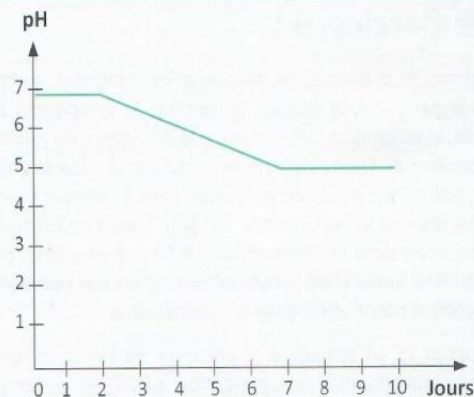
• **Conclusion** : On déduit que les mitochondries interviennent dans la respiration cellulaire et n'interviennent pas dans la fermentation.

• **Description** : Au début de l'expérience la concentration d' $\text{O}_2$  était au niveau de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , et après injection du glucose dans le milieu, cette concentration est restée stable mais après injection de l'acide pyruvique elle a diminué progressivement en fonction du temps.

• **Conclusion** : les mitochondries n'utilisent pas le glucose directement elles utilisent l'acide pyruvique qui provient de la dégradation du glucose.

#### Exercice 3 :

##### 1- La courbe d'évolution du pH du lait en fonction du temps :



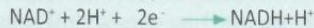
2 - **Description** : au début de l'expérience l'acidité du lait reste stable au niveau de la valeur 6,8 pendant 2 jours, après elle diminue progressivement en fonction du temps pour atteindre 4,8 au septième jour puis elle se stabilise dans cette valeur.

**Conclusion** : la diminution de la valeur du pH du lait signifie que l'acidité du milieu a augmenté à cause de l'accumulation de l'acide lactique produit par les lactobacilles du lait à partir de la dégradation du lactose par fermentation lactique. Les bactéries utilisent ce phénomène de fermentation pour produire l'énergie nécessaire à leurs fonctions vitales.

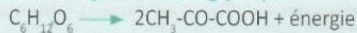


## Exercice 4 :

1- Les formes d'énergie qui proviennent de la glycolyse sont : les molécules d'ATP et les molécules de  $\text{NADH}+\text{H}^+$



2- La formule globale de la glycolyse :



- Le bilan énergétique de l'hydrolyse d'une mole de glucose (la glycolyse) est : 2ATP.

## Exercice 5 :

Après injection du glucose on remarque que la concentration d' $\text{O}_2$  dans le milieu est restée stable. Donc les mitochondries n'ont pas consommé ce gaz et ne n'ont pas pu l'utiliser dans la respiration. Mais après injection de l'acide pyruvique on remarque une diminution progressive de la concentration d' $\text{O}_2$  dans le milieu ce qui signifie que ces organites utilisent l'acide pyruvique au cours de la respiration. En présence de l'acide pyruvique et de l'ADP+Pi on remarque une diminution rapide de la concentration de  $\text{O}_2$  ce qui signifie que les mitochondries ont besoin d'ADP+Pi pour respirer de façon efficace.

L'acide pyruvique se dégrade à l'intérieur de la mitochondrie au cours des réactions de la respiration. Ces réactions sont accompagnées par d'autres réactions productrices de l'ATP.

## Exercice 6 :

Au temps  $t_0$  le glucose est dans le milieu extérieur, au temps  $t_1$  une partie de ce glucose entre dans le cytoplasme de la cellule, et au temps  $t_2$  on remarque la disparition du glucose et l'apparition de l'acide pyruvique ce qui signifie que le glucose s'est transformé en acide pyruvique dans le compartiment A qui représente le hyaloplasme. On peut expliquer l'apparition de cet acide dans le compartiment B (la mitochondrie) par le fait qu'il se forme dans le hyaloplasme grâce aux réactions de la glycolyse puis il entre dans la mitochondrie.

Au temps  $t_3$  on remarque la présence de l'acide pyruvique dans la mitochondrie avec apparition du  $\text{CO}_2$ , et au temps  $t_4$  il y a disparition de l'acide pyruvique. On explique ceci par la dégradation de l'acide pyruvique dans la mitochondrie au cours des réactions du cycle de Krebs ce qui aboutit à la libération du  $\text{CO}_2$ .

## Exercice 7 :

• Lorsqu'on met les cellules de levure dans un milieu anaérobie, c'est-à-dire en absence du dioxygène, on remarque (document-1), l'apparition de l'acide pyruvique et de l'éthanol. Donc les cellules de levure, dans ces conditions, utilisent la fermentation alcoolique qui commence par la glycolyse avec production de l'acide pyruvique, puis la transformation de ce dernier en éthanol avec production d'une petite quantité d'énergie.

• Lorsqu'on met les cellules de levure dans un milieu aérobie, c'est-à-dire en présence du dioxygène (document 1), on remarque l'apparition de l'acide pyruvique, du  $\text{CO}_2$  et du  $\text{H}_2\text{O}$ . Donc les cellules de levure, dans ces conditions, utilisent la respiration cellulaire qui commence par la glycolyse avec production de l'acide pyruvique, puis ce dernier entre dans la mitochondrie où il subit une dégradation totale avec production d'une quantité importante d'énergie. Cette voie métabolique se déroule dans les mitochondries qui deviennent très actives et de grande taille avec des crêtes très développées comme le montre le document 2.

## Exercice 8 :

• **Comparaison** : dans l'expérience 1 (milieu contient du dioxygène (aérobie)), on remarque qu'il n'a pas de production d'éthanol, et que la croissance cellulaire est importante par rapport à la quantité du glucose consommée. Dans ce milieu les cellules de levure respirent, c'est-à-dire que le glucose est dégradé dans le hyaloplasme en acide pyruvique (glycolyse), et cet acide entre dans la mitochondrie où il subit une dégradation totale accompagnée de production d'énergie utilisée dans la croissance des levures.

• **Conclusion** : dans l'expérience 2 (milieu ne contient pas de dioxygène (anaérobie)), on remarque qu'il y a production d'éthanol, et que la croissance cellulaire est faible par rapport à la quantité du glucose consommée. Dans ce milieu les cellules de levure utilisent la fermentation qui consiste à une dégradation du glucose en acide pyruvique (glycolyse) dans le hyaloplasme, suivie d'une transformation de cet acide en éthanol avec production du  $\text{CO}_2$  et d'une faible quantité d'énergie. Ce qui explique la faible croissance des cellules de levure.

## Exercice 9 :

Après injection du glucose au temps  $t_2$ , on remarque que la concentration du  $\text{O}_2$  reste stable. Donc les mitochondries n'utilisent pas le glucose.

Après injection de l'acide pyruvique au temps  $t_3$ , on remarque une importante diminution d' $\text{O}_2$  avec synthèse d'ATP. Donc les mitochondries utilisent l'acide pyruvique pour produire l'ATP.

Après injection d'ADP et Pi au temps  $t_4$ , on remarque une diminution importante de la concentration d' $\text{O}_2$  avec augmentation de la synthèse d'ATP. Donc la présence de ADP et Pi est nécessaire pour la synthèse d'ATP en grande quantité.

**Conclusion** : on déduit que les conditions essentielles de la respiration au niveau de la mitochondrie est la présence de l'acide pyruvique, l'ADP, Pi et du dioxygène. Le résultat de ce phénomène est la synthèse d'ATP.

## Exercice 10 :

1- **Description** : Au début de l'expérience on remarque que le récipient contient une quantité de dioxygène, et au cours



du temps cette quantité diminue alors que la quantité de  $\text{CO}_2$  augmente progressivement. A partir de 150 secondes la quantité de  $\text{O}_2$  s'annule dans le milieu, et on note une augmentation de la quantité d'éthanol en fonction du temps accompagné de la production de  $\text{CO}_2$ .

• **Détermination des voies métaboliques :** le récipient contient du glucose. Donc en présence de  $\text{O}_2$  les levures utilisent ce métabolite pour la production d'énergie grâce aux réactions de la respiration cellulaire. En effet, la formule globale de ce phénomène montre une dégradation totale du glucose avec consommation d' $\text{O}_2$  et production de  $\text{CO}_2$  et d'énergie.

Quand la quantité d' $\text{O}_2$  devient faible ou nulle (milieu anaérobie) les cellules de levure utilisent une autre voie pour la production d'énergie, qui est la fermentation alcoolique. Ceci apparaît à partir de la formule globale de la fermentation alcoolique qui montre une dégradation partielle du glucose en absence d' $\text{O}_2$  et avec production de  $\text{CO}_2$ , de l'éthanol et de l'énergie.

**2- Le document 1** montre que les levures cultivées dans un milieu anaérobie contiennent un nombre important de mitochondries de grande taille ayant des crêtes développées. Ceci prouve que les réactions de la respiration se déroulent dans les mitochondries.

Par contre, les levures cultivées dans un milieu anaérobie sont caractérisées par des mitochondries peu nombreuses, de petite taille et à crêtes peu développées. Ceci prouve que les réactions de la fermentation ne se déroulent pas dans ces organites mais dans le hyaloplasme.

## Exercice 11 :

**1- Les cellules de levure** peuvent consommer le glucose grâce à la fermentation ou la respiration, et ceci en fonction des conditions du milieu. Le document 1 montre que ces deux voies métaboliques ont des rendements énergétiques différents, puisque l'énergie libérée par fermentation à partir d'une mole de glucose ne représente que 5% à 6% de l'énergie libérée par respiration.

**2- Selon les données**, si on cultive les cellules de levure dans un milieu riche en glucose, la respiration est inhibée lorsque la concentration du glucose dépasse  $1\text{g.L}^{-1}$ . Cette observation confirme que les cellules prélevées du milieu à  $t=2\text{h}$  utilisaient la fermentation. Et malgré ça elles se divisaient (elles ont atteint 8 unités à  $t=10\text{h}$ ), et produisaient l'éthanol grâce à la fermentation alcoolique. A partir de ce moment la concentration du glucose est devenue faible et a permis le démarrage de la respiration. Après une phase transitoire pendant laquelle tout le glucose du milieu a été consommé, les cellules de levures ont commencées à consommer l'éthanol grâce au phénomène de la respiration, et ainsi elles ont pu continuer à se multiplier.

L'observation réalisée à  $t=20\text{h}$  confirme que les cellules de levure respiraient, puisqu'elles contenaient plusieurs mitochondries bien développées.

**3- Comparaison :** la masse des cellules de levures a augmentée de 0,6g dans le milieu où elles utilisent la respiration, ce rendement de productivité est supérieur en comparaison avec les levures du milieu dans lequel elles utilisent la fermentation. On remarque également que la respiration est accompagnée de la consommation d'oxygène et le rejet de  $\text{CO}_2$ , alors que la fermentation n'a pas besoin d' $\text{O}_2$  et rejette des déchets organiques (éthanol).

• **Explication :** l'explique la différence observée par le fait que la respiration permet une dégradation complète du glucose et produit des déchets qui ne contiennent plus d'énergie, alors que la fermentation permet la dégradation partielle du glucose puisque ses déchets (l'éthanol) contiennent encore de l'énergie.

## Exercice 12 :

**1- Le document 1** montre que la quantité d'oxygène dans le milieu reste stable malgré l'ajout des lipides, des protéides ou de l'amidon. l'activité des cellules de levure reste également faible. Mais lorsqu'on ajoute le glucose on remarque une diminution progressive de la quantité d'oxygène ainsi que une augmentation de l'activité des cellules de levure. On déduit que les cellules de levure utilisent le glucose comme métabolite pour la production d'énergie.

**2- Le document 2** montre que la quantité d'oxygène dans le milieu connaît une faible diminution après l'ajout du glucose dans le milieu, mais après l'ajout de l'acide pyruvique cette diminution devient forte ce qui prouve qu'il est consommé par les mitochondries. On déduit que les mitochondries qui se trouvent dans le milieu utilisent l'acide pyruvique qui provient de la glycolyse, au cours de la respiration, et ceci pour produire l'énergie nécessaire à l'activité des cellules de levure.

## Exercice 13 :

**1- Pour les cellules cultivées dans un milieu saturé en  $\text{O}_2$  :** au temps  $t_0$  le glucose radioactif apparaît dans le milieu extérieur et au temps  $t_1$  il apparaît dans le hyaloplasme. On explique ça par l'entrée du glucose dans la cellule. Au temps  $t_2$  l'acide pyruvique apparaît dans le hyaloplasme et dans la mitochondrie. On explique cette observation par la dégradation du glucose en acide pyruvique (glycolyse) qui entre dans la mitochondrie. Au temps  $t_3$  les acides du cycle de Krebs apparaissent dans la mitochondrie et le  $\text{CO}_2$  apparaît au temps  $t_4$  dans le milieu extérieur. On explique ça par la dégradation complète de l'acide pyruvique dans la mitochondrie qui est accompagnée par la libération du  $\text{CO}_2$  en tant que déchet de la respiration qui est rejeté à l'extérieur de la cellule.

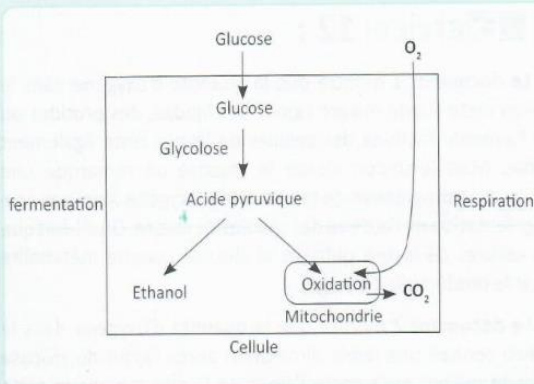
**Pour les cellules cultivées dans un milieu sans  $\text{O}_2$  :** au temps  $t_0$  le glucose radioactif apparaît dans le milieu extérieur et au temps  $t_1$  il apparaît dans le hyaloplasme. On explique ça par l'entrée du glucose dans la cellule. Au temps  $t_2$  l'acide pyruvique apparaît dans le hyaloplasme, on explique cette observation par la dégradation du glucose en acide pyruvique (glycolyse)



qui entre dans la mitochondrie. Au temps t3 et t4 apparaît l'éthanol radioactif dans le hyaloplasme, ceci est expliqué par le fait que l'acide pyruvique subit une fermentation alcoolique.

## 2- Le glucose est dégradé dans la cellule en deux étapes :

- Une étape commune entre la respiration et la fermentation qui est la glycolyse, et qui permet la dégradation du glucose en acides pyruvique dans le hyaloplasme.
- Dans le cas de la fermentation (absence d'O<sub>2</sub>) l'acide pyruvique se transforme en éthanol au niveau du hyaloplasme.
- Dans le cas de la respiration (présence d'O<sub>2</sub>) l'acide pyruvique entre à l'intérieur de la mitochondrie où il subit une dégradation complète qui permet la libération et la production d'énergie.



## Exercice 14 :

**1- Dans le milieu aérobie :** les cellules sont caractérisées par des mitochondries de grandes tailles à crêtes développées, par comparaison au milieu anaérobie.

**2- Dans le milieu 1 :** la concentration d'oxygène reste stable au cours de l'expérience.

**- Dans le milieu 2 :** la concentration d'oxygène diminue en fonction du temps.

• **Conclusion :** les mitochondries sont responsables de la consommation d'oxygène (respiration cellulaire).

**3- Après l'ajout de l'oxygène dans le milieu :**

- La concentration de H<sup>+</sup> augmente instantanément puis diminue progressivement jusqu'à ce qu'elle s'annule.

- La concentration d'ATP augmente rapidement dans une première étape puis continue à augmenter doucement au cours d'une deuxième étape.

- La présence de l'oxygène dans le milieu entraîne une augmentation de la concentration de H<sup>+</sup> et la synthèse de l'ATP.

**4- Lorsqu'on a ajouté l'oxygène au milieu on note :**

- Une activation de l'oxydation des composés réduits au niveau de la chaîne respiratoire ;

- Le transfert d'électrons le long de la chaîne respiratoire jusqu'à l'accepteur final (l'oxygène) ;

- Le pompage de H<sup>+</sup> de la matrice vers l'espace inter-membranaire et la formation d'un gradient de H<sup>+</sup> (augmentation de la concentration dans le milieu) ;

- Le retour de H<sup>+</sup> vers la matrice à travers les sphères pédonculées, ce qui conduit à la diminution de la concentration de H<sup>+</sup> ;

- La synthèse d'ATP à partir d'ADP et P<sub>i</sub> grâce aux sphères pédonculées.

## Exercice 15 :

**1- Le document 1 :** dans le milieu aérobie « A » on remarque une consommation complète du glucose par les cellules de levure, en présence du dioxygène, et ceci pendant 9 jours.

La structure microscopique de la cellule de levure (document 2, figure(a)) montre une abondance de mitochondries de grande taille qui s'adaptent aux conditions du milieu « A ». Il s'agit de la respiration.

- Dans le milieu « B » qui est anaérobie (absence d'O<sub>2</sub>) on remarque une consommation incomplète du glucose même après 90 jours.

La structure microscopique de la cellule de levure (document 2, figure (b)) montre une rareté de mitochondries, ce qui signifie que cette cellule utilise la fermentation.

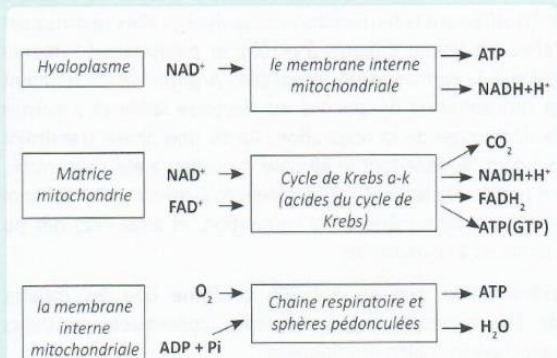
**2- Au temps t1 :** la radioactivité du glucose diminue dans le milieu extérieur et augmente dans le hyaloplasme des cellules dans les milieux « A » et « B », ce qui signifie que les cellules utilisent le glucose.

- **Au temps t2 :** la radioactivité de l'acide pyruvique est moyenne dans le hyaloplasme des deux milieux ce qui montre que le glucose a été dégradé en acide pyruvique par la glycolyse.

- **Au temps t3 :** dans le milieu « A » la radioactivité disparaît du hyaloplasme et apparaît dans l'acide pyruvique et les acides du cycle de Krebs dans la mitochondrie, ce qui signifie que l'acide pyruvique entre dans la mitochondrie et subit une dégradation.

- **Au temps t4 :** dans le milieu « A » la radioactivité apparaît dans les acides du cycle de Krebs et dans le CO<sub>2</sub> du milieu extérieur ce qui prouve que l'acide pyruvique subit une dégradation au cours des réactions du cycle de Krebs, avec production du CO<sub>2</sub> rejeté à l'extérieur.

**3- Schéma de synthèse qui montre les étapes de la dégradation du glucose dans les cellules du milieu « A » :**



profsalmi.blogspot.com



## Exercice 16 :

### 1-La souche A :

+ Diminution de la concentration d'O<sub>2</sub> en parallèle avec une augmentation de la concentration du CO<sub>2</sub> et une diminution de la concentration du glucose, ce qui signifie que l'oxygène consommé est utilisé pour l'oxydation du glucose avec rejet du CO<sub>2</sub>.

+ les cellules de la souche A possèdent de nombreuses mitochondries de grande taille ;

Donc la voie métabolique utilisée par la souche A est la respiration cellulaire.

### - La souche B :

+ stabilité de la concentration d'O<sub>2</sub> en parallèle avec une augmentation de la concentration du CO<sub>2</sub> et une diminution de la concentration du glucose. Ce qui signifie que le glucose est utilisé par les cellules avec rejet du CO<sub>2</sub> et sans consommation d'O<sub>2</sub>.

+ les cellules de la souche B possèdent des mitochondries peu nombreuses et de petite taille.

Donc la voie métabolique utilisée par la souche B est la fermentation.

2- La souche A : la présence de nombreuses mitochondries de grande taille signifie que les cellules dégradent le glucose grâce aux réaction d'oxydoréduction au niveau du hyaloplasme (glycolyse) et au niveau des mitochondries (les oxydations respiratoires), ceci au cours de la respiration cellulaire. Ces réaction produisent des déchets (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O) et une importante quantité d'énergie (38 ATP) ce qui explique la croissance rapide des cellules de levure de la souche A.

3- la souche B : le nombre faible des mitochondries et leur petite taille signifient que les cellules dégradent le glucose dans le hyaloplasme par fermentation avec production d'éthanol et d'une petite quantité d'énergie (2ATP), ce qui explique la croissance lente des cellules de levure de la souche B.

## CORRIGÉS CHAPITRE 2

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### I. Définitions:

a. **Le sarcomère**: est l'unité de base des myofibrilles des muscles striés. Il est constitué d'agencements de plusieurs protéines organisé en de deux filaments : l'actine et la myosine. Chaque sarcomère est limité par deux stries Z.

b. **Secousse musculaire**: contraction brève du muscle à la suite d'une stimulation unique supraliminaire.

c. **Stimulation supraliminaire**: Lorsque le stimulus a une intensité supérieure à celle du seuil, il est dit supraliminaire.

II- Suite à une contraction musculaire il y a un dégagement de chaleur qui se fait en deux temps:

• Une chaleur initiale qui se dégage pendant la secousse musculaire. Elle comporte :

- la chaleur de contraction dégagée au cours de la phase de contraction ;
- la chaleur de relâchement dégagée au cours de la phase de relâchement.

• Une chaleur retardée qui se dégage lentement après la secousse.

#### II. Questions à choix multiples :

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 1. - B | 4. - A | 7. - B |
| 2. - B | 5. - B | 8. - C |
| 3. - B | 6. - A | 9. - B |

#### III. Vrai ou faux :

- A : faux      B : vrai      C : vrai      D : faux

### → - Domaine II: Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

## Exercice 1 :

1- **L'enregistrement 1** : la tension musculaire est nulle car l'excitation appliquée sur le muscle est infraliminaire.

- **L'enregistrement 2** : le muscle a subi une excitation efficace ce qui a permis d'enregistrer une secousse musculaire qui comprend une phase de contraction et une phase de relâchement.

- **L'enregistrement 3** : le muscle a subi deux excitations efficaces, la deuxième excitation a été appliquée au cours de la phase de relâchement de la première réponse. On remarque l'enregistrement de deux secousses qui montrent une fusion incomplète. La deuxième réponse a une amplitude supérieure à celle de la première: c'est le phénomène de sommation.

- **L'enregistrement 4** : le muscle a subi deux excitations efficaces, la deuxième excitation a été appliquée au cours de la phase de contraction de la première réponse. On remarque l'enregistrement de deux secousses qui montrent une fusion complète. L'amplitude de la réponse est supérieure à celle de la secousse isolée.

2- **L'enregistrement 5** : le muscle a subi une série d'excitations efficaces, chaque excitation est appliquée au cours de la phase de contraction de la réponse précédente, il s'agit d'un tétanos parfait.

- **L'enregistrement 6** : le muscle a subi une série d'excitations efficaces, chaque excitation est appliquée au cours de la phase de relâchement de la réponse précédente, il s'agit d'un tétanos imparfait



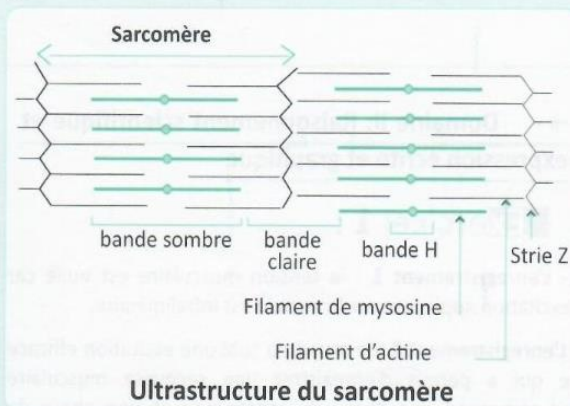
## Exercice 2 :

Dans l'enregistrement du document 1 le muscle, placé dans un milieu anaérobie (pauvre en  $O_2$ ), dégage uniquement la chaleur initiale dont une partie au cours de la contraction et l'autre partie au cours du relâchement. Dans ces conditions le muscle utilise la fermentation lactique pour produire de l'énergie, ce qui prouve que ce phénomène est responsable du dégagement de la chaleur initiale.

Dans l'enregistrement du document 2 le muscle, placé dans un milieu aérobie (riche en  $O_2$ ), dégage la chaleur initiale et la chaleur retardée. Dans ces conditions le muscle utilise la respiration cellulaire pour produire l'énergie ce qui prouve que ce phénomène est responsable du dégagement de la chaleur retardée.

## Exercice 3 :

1-



2- En comparant un sarcomère en état de relâchement et en état de contraction on remarque :

- La longueur de la bande sombre reste stable ;
- Diminution de la longueur de la bande claire ;
- Disparition de la bande H ;
- Diminution de la longueur du sarcomère.

Donc la contraction de la fibre musculaire est le résultat d'un raccourcissement des sarcomères grâce au glissement entre les filaments d'actine et les filaments de myosine.

## Exercice 4 :

• **Expérience 1** : après la contraction du muscle on remarque une diminution de la concentration du glycogène, une augmentation de la concentration de l'acide lactique et une stabilité de l'ATP et de la phosphocréatine, ce qui signifie que le muscle a utilisé la fermentation lactique pour régénérer l'ATP consommé au cours de la contraction.

• **Expérience 2** : lorsque l'utilisation du glycogène est inhibée on remarque une diminution de la concentration de la phosphocréatine et une stabilité des autres constituants après la contraction. On explique ces résultats par le fait que le muscle utilise ses réserves de phosphocréatine pour régénérer l'ATP consommé au cours de la contraction.

• **Expérience 3** : lorsque l'utilisation du glycogène et de la phosphocréatine est inhibée on remarque une diminution de la concentration d'ATP jusqu'à disparition et une stabilité des autres constituants après la contraction. On explique ces résultats par le fait que le muscle l'ATP pour la contraction et le régénère grâce à la fermentation lactique et à la phosphocréatine.

## Exercice 5 :

Au début de l'effort physique le muscle utilise essentiellement les voies anaérobies alactiques, et après épuisement de ses réserves en ATP il utilise la voie de la phospho-créatine pour régénérer l'ATP consommé. L'utilisation de cette voie diminue progressivement avec le temps et en parallèle le muscle utilise la voie anaérobie lactique, c'est-à-dire la fermentation lactique qui permet de régénérer l'ATP. Après environ 50 secondes l'utilisation de cette voie diminue progressivement alors que la voie aérobie prend la relève. Il s'agit de la respiration cellulaire qui permet de régénérer l'ATP pour une longue durée.

## Exercice 6 :

1- Dans l'expérience (a), l'augmentation de la tension de la fibre musculaire en présence d'ATP et de  $Ca^{2+}$  signifie que cette fibre se contracte. Mais après l'ajout du salyrgan, qui inhibe l'hydrolyse de l'ATP, on remarque une diminution de la tension, c'est-à-dire absence de contraction. On déduit que l'hydrolyse de l'ATP est indispensable à la contraction car elle permet de libérer l'énergie nécessaire à cette contraction.

Dans l'expérience (b) la présence de la substance qui inhibe l'utilisation du calcium, entraîne une diminution de la tension de la fibre, c'est-à-dire absence de contraction. Et si on ajoute le calcium la fibre se contracte. On déduit que le calcium est indispensable à la contraction musculaire.

2- Dans l'expérience du document 3 on remarque que les réserves en ATP musculaire ne change pas au cours de la contraction, ce qui prouve que le muscle régénère en permanence ses réserves en ATP qui représente la source d'énergie nécessaire à la contraction. Pour renouveler ces réserves le muscle utilise des voies anaérobies alactiques (consommation des réserves de CP) et des voies anaérobies lactiques (fermentation lactique) ainsi que des voies aérobie (respiration cellulaire).

## Exercice 7 :

1- Le document 1 montre que le nombre de fibres musculaires de type I est important dans les muscles qui exécutent un effort de longue durée comme les muscles du coureur de marathons. Ces muscles contiennent un grand nombre de mitochondries et reçoivent une quantité importante d'oxygène du sang. On remarque le contraire pour les fibres musculaire de type II.

Le document 2 montre que les fibres de type I sont caractérisées par une activité de l'enzyme Lactate déshydrogénase 8 fois plus faible, et une activité de l'enzyme Malate déshydrogénase 3 à

profsalmi.blogspot.com



5 fois plus forte, en comparaison avec les fibres de type II.

Donc les enzymes de la fermentation lactique existent en grande quantité dans les fibres de type II, alors que les enzymes de dégradation de l'acide pyruvique existent en grande quantité dans les fibres de type I. On explique ça par le fait que les enzymes de la fermentation se trouvent dans le hyaloplasme et les enzymes de dégradation de l'acide pyruvique se trouvent dans les mitochondries.

**2- Les fibres de type II** produisent l'ATP essentiellement par fermentation lactique, ce qui permet de régénérer les transporteurs d'hydrogène  $\text{NAD}^+$  qui ont été réduits au cours de la glycolyse. Alors que les fibres de type I produisent l'ATP essentiellement grâce à la respiration cellulaire, c'est-à-dire les réactions productrices de  $\text{CO}_2$  et des transporteurs d'hydrogène au cours de la dégradation de l'acide pyruvique.

Dans les cellules musculaires, comme dans les autres cellules animales, il existe deux mécanismes de production d'ATP nécessaire à la contraction musculaire, l'un est basé sur la fermentation (malgré son faible rendement énergétique qui ne dépasse pas 2ATP pour chaque mole de glucose consommée) et intervient dans les exercices musculaires intenses et de courtes durées. L'autre mécanisme est basée sur la respiration dans les mitochondries et intervient au cours des exercices musculaires de longues durées. Ce mécanisme est caractérisé par son rendement énergétique élevé qui atteint 38 ATP pour chaque mole de glucose consommée.

## Exercice 8 :

**1- Lorsqu'on met les vésicules entières** dans le milieu on remarque qu'il y a eu synthèse d'ATP et oxydation de  $\text{NADH} + \text{H}^+$  en  $\text{NAD}^+$ . Et si on enlève les sphères pédonculées il n'y a pas synthèse d'ATP mais l'oxydation de  $\text{NADH} + \text{H}^+$  demeure, ce qui signifie que ces sphères sont responsables de la synthèse d'ATP, et la membrane interne de la mitochondrie est responsable de cette oxydation.

**2- Après contraction du muscle dans le cas normal** on remarque une diminution de la concentration du glycogène et une stabilité de la concentration d'ATP. On explique ça par le fait que le muscle dégrade le glycogène en glucose et l'utilise dans la production d'ATP. Pour le muscle injecté par l'oligomycine on note que la concentration du glycogène ne change pas et celle de l'ATP s'annule, en plus le muscle perd rapidement sa capacité à se contracter. On explique ces résultats par le fait que le muscle ne peut pas utiliser le glycogène et donc ne peut pas produire l'ATP, et après épuisement de ses réserves en ATP le muscle ne peut plus se contracter.

**3- Puisque l'oligomycine arrête l'utilisation du glycogène et la production d'ATP :**

- **hypothèse 1** : on suppose que l'oligomycine inhibe la glycolyse et par conséquent inhibe l'utilisation du glycogène et la production d'ATP.

- **hypothèse 2** : on suppose que l'oligomycine agit sur les mitochondries et inhibe leur rôle dans la production d'ATP.

## Exercice 9 :

**1- L'observation montre** que les cellules musculaires possèdent un nombre important de mitochondries, alors que l'expérience montre que le sang qui sort du muscle au cours de l'exercice physique s'appauvrit en  $\text{O}_2$  et s'enrichit en  $\text{CO}_2$  et que la concentration du glucose diminue. On déduit que les cellules musculaires oxydent le glucose en présence d'oxygène grâce à la respiration cellulaire, pour produire l'énergie nécessaire à la contraction.

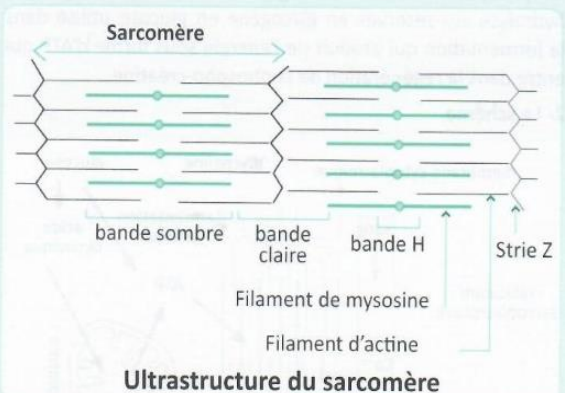
L'expérience montre également une augmentation de la concentration de l'acide lactique dans le sang sortant du muscle au cours de la concentration. On déduit que le muscle consomme le glucose, également, par la fermentation lactique pour produire de l'énergie.

**2- Au cours de l'exercice physique on remarque** chez la personne entraînée une consommation importante d'oxygène et une faible production d'acide lactique. En plus l'observation microscopique a montré que les cellules musculaires de cette personne contiennent un nombre important de mitochondries, on explique ces résultats par le fait que ces cellules utilisent essentiellement la respiration cellulaire pour produire de l'énergie, et secondairement la fermentation lactique.

Par contre, on remarque chez la personne non entraînée une faible consommation d'oxygène et une production importante d'acide lactique. En plus l'observation microscopique a montré que les cellules musculaires de cette personne contiennent peu de mitochondries. On explique ces résultats par le fait que ces cellules utilisent essentiellement la fermentation lactique pour produire de l'énergie, et secondairement la respiration cellulaire.

## Exercice 10 :

1-



Au cours de la contraction on assiste à une diminution de la longueur de la bande claire et à une disparition de zone H alors que la longueur de la bande sombre ne change pas, et par conséquent la longueur du sarcomère diminue.

**2- Ces observations et expériences montrent** que la cellule musculaire possède un sarcoplasme développé. Au repos les ions calcium sont stockés dans le sarcoplasme, et à l'arrivée



de l'influx nerveux il libère les ions calcium qui participent à la contraction. Quand l'arrivée des influx nerveux cesse ces ions sont pompés dans le sarcoplasme et le muscle se relâche.

**3- En absence du calcium (expérience (a))** on remarque une faible consommation de l'ATP et une absence des complexes acto-myosine (figure Y) qui sont indispensables à la contraction. On peut conclure que le calcium est nécessaire à la formation de ces complexes et à la contraction.

**En absence des filaments de myosine (expérience (c))** ou des filaments d'actine (expérience (d)) il n'y a pas formation des complexes acto-myosine ni consommation d'ATP. On déduit que la contraction est le résultat de la formation des complexes acto-myosine (figure Y) et de la consommation d'ATP qui libère l'énergie nécessaire au glissement entre les filaments d'actine et les filaments de myosine. L'hydrolyse de l'ATP entraîne la libération d'une partie de l'énergie sous forme de chaleur.

## Exercice 11 :

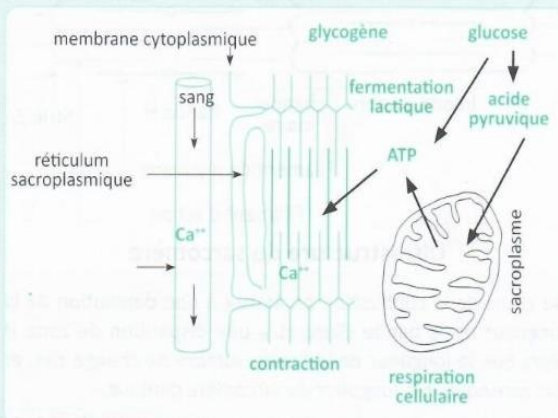
**1- On explique la stabilité de la quantité d'oxygène et de l'acide pyruvique dans l'expérience 2** par l'utilisation de la substance qui inhibe la glycolyse. Alors que la stabilité de la quantité d'ATP peut être expliquée par sa régénération à partir de la phosphocréatine dont la concentration a diminuée après la contraction selon la réaction :



Dans l'expérience 3 on explique la stabilité de la quantité d'oxygène et de l'acide pyruvique par l'inhibition de la glycolyse, et on explique la diminution de la quantité d'oxygène par sa consommation au cours de la contraction sans le renouveler à partir de la phosphocréatine à cause de l'utilisation de la substance qui inhibe sa dégradation.

Donc la contraction musculaire nécessite une consommation d'ATP, et pour régénérer celui-ci le muscle hydrolyse ses réserves en phosphocréatine. Pour régénérer la phosphocréatine il hydrolyse ses réserves en glycogène en glucose utilisé dans la fermentation qui produit de l'énergie sous forme d'ATP qui entre dans la régénération de la phospho-créatine.

### 2- Le schéma







## Unité 1 : les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique au niveau cellulaire.

### → Partie 1 : Restitution des connaissances (5pt).

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

#### 1. La fermentation lactique produit :

- ☐ A. L'acide pyruvique, le CO<sub>2</sub> et l'ATP;
- ☐ B. L'acide pyruvique et le CO<sub>2</sub>;
- ☐ C. L'acide lactique, le CO<sub>2</sub> et l'ATP;
- ☐ D. L'acide lactique et l'ATP.

#### 2 – Le cycle de Krebs produit :

- ☐ A. NADH, H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub>, ATP et l'acide pyruvique ;
- ☐ B. NADH, H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et l'acétyl coenzyme A;
- ☐ C. NADH, H<sup>+</sup>, ATP, CO<sub>2</sub> et l'acide pyruvique;
- ☐ D. NADH, H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub>, ATP et CO<sub>2</sub>.

#### 3- Les filaments fins de la myofibrille sont formés de :

- ☐ A. L'actine, la myosine et la troponine;
- ☐ B. L'actine, la myosine et la tropomyosine;
- ☐ C. L'actine, la troponine et la tropomyosine;
- ☐ D. La myosine, la troponine et la tropomyosine.

#### 4- La contraction musculaire :

- ☐ A. Se produit en absence de l'ATP, et de l'O<sub>2</sub>;
- ☐ B. Nécessite toujours la présence des ions calcium et de l'ATP;
- ☐ C. Se produit en absence des ions calcium et de l'ATP;
- ☐ D. Se produit en absence des ions calcium et de l'O<sub>2</sub>.

II) Reliez chaque étape de la respiration cellulaire à la structure cellulaire correspondante : Recopiez les couples (1, ...) ; (2, ...) ; (3, ...) ; (4, ...) et adressez à chaque numéro la lettre correspondante. (1 pt)

Durant la métaphase de la mitose, les chromosomes:

Etapes de la respiration cellulaire	Structures cellulaires
1 – Les réactions de la chaîne respiratoire.	a. De part et d'autre de la membrane interne mitochondriale.
2 – Les réactions de la glycolyse.	b. La matrice.
3 – Le cycle de Krebs.	c. Le hyaloplasme.
4 – La formation d'un gradient de protons.	d. La membrane interne mitochondriale.

III) Pour chacune des propositions 1 et 2, recopiez la lettre de chaque suggestion, et écrivez devant chacune d'elles « vrai » ou « faux » :

#### 1 – Les réactions de la fermentation alcoolique : (1 pt)

a	Se déroulent dans la matrice mitochondriale en absence du dioxygène.
b	Se déroulent dans le hyaloplasme en absence du dioxygène.
c	Produisent l'éthanol, le CO <sub>2</sub> et l'ATP.
d	Produisent l'acide lactique, le CO <sub>2</sub> et l'ATP.

#### 2- Lors de la contraction musculaire, on assiste à un : (1 pt)

a	Raccourcissement des bandes sombres sans changement de la longueur des bandes claires.
b	Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur des bandes sombres.
c	Rapprochement des deux stries Z avec raccourcissement de la zone H du sarcomère.
d	Raccourcissement des bandes claires sans changement de la longueur de la zone H du sarcomère.

### → Partie II : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 points)

#### Exercice | 1 : (7 points)

Afin d'étudier l'effet du manque d'exercices sportifs et du tabagisme (usage du tabac) sur les réactions responsables de la libération de l'énergie au niveau du muscle squelettique strié, on propose l'étude des données suivantes :

Le manque d'exercices sportifs chez l'Homme augmente sa fatigabilité. Pour expliquer l'origine de cette fatigabilité, une comparaison de certaines caractéristiques des mitochondries a été effectuée chez deux personnes, l'une entraînée pour un exercice physique de puissance donnée et l'autre non entraînée. Le document 1 résume les résultats obtenus, alors que le document 2 donne les résultats de la comparaison de la production d'acide lactique et la consommation du dioxygène chez ces deux personnes.

	Personne entraînée	Personne non entraînée
Volume total des mitochondries par rapport au volume de la cellule musculaire	11%	5%
Activité des enzymes mitochondriales	importante	faible

Document : 1



■ Quantité d'acide lactique produit en mmol/L.  
■ Consommation du dioxygène en L/min.



#### Document : 2

Remarque : le phénomène de la fatigue musculaire est lié à la baisse des réserves d'ATP au niveau des fibres musculaires.

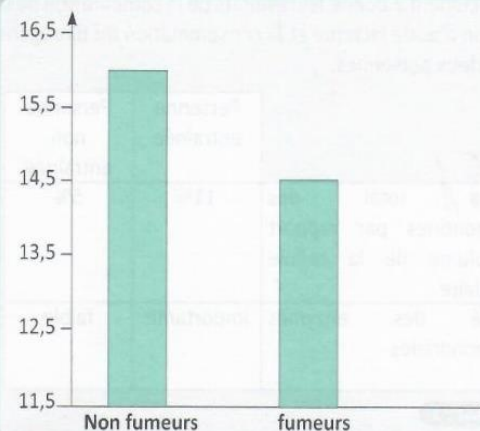
#### Questions :

1. En exploitant les données des documents 1 et 2, expliquez l'augmentation de la fatigabilité observée chez la personne non entraînée. (2 pt)

- Pour mettre en évidence l'effet du tabagisme sur l'effort musculaire, un groupe d'élèves fumeurs a été soumis à un test de l'endurance. Ce test consiste à courir avec une vitesse qui croît progressivement de 1km/h toutes les deux minutes jusqu'à la fatigue totale. Ceci permet de déterminer la vitesse maximale aérobie (VMA) exprimant le volume maximal de dioxygène consommé par l'individu testé. Le document 3 représente les résultats, en unités arbitraires, obtenus chez ce groupe d'élèves comparés à un groupe témoin composé d'élèves non-fumeurs.

2. En utilisant le document 3, comparez l'endurance des élèves fumeurs à celle des élèves non-fumeurs. (1pt)

- La fumée de la cigarette contient le monoxyde de carbone (CO) qui se fixe sur le même site de fixation du dioxygène au niveau de l'hémoglobine. Le document-4 présente les résultats de mesure de la quantité du monoxyde de carbone transporté dans le sang et la quantité du dioxygène fixé sur l'hémoglobine chez des élèves fumeurs et des élèves non-fumeurs. Le document 5 montre le site de fixation du monoxyde de carbone au niveau de la chaîne respiratoire.

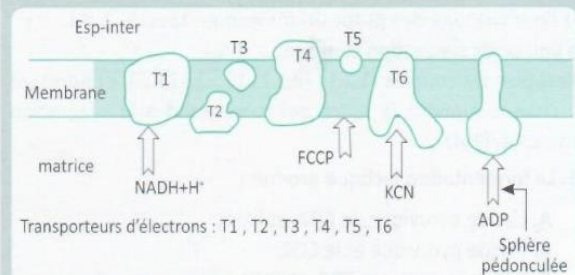


DoProfSalmi

Remarque : l'hémoglobine est une protéine qui se trouve dans les globules rouges. Cette protéine joue un rôle important dans le transport du dioxygène vers les cellules.

	Quantité du dioxygène en mL/ g de l'hémoglobine	Quantité du monoxyde de carbone en mL/100mL du sang
Non-fumeurs	1.328	0.280
Fumeurs	1.210	2.200

#### Document : 4



#### Document : 5

#### Questions :

3. A l'aide des documents 4 et 5, expliquez comment agit le monoxyde de carbone sur le fonctionnement de la chaîne respiratoire et sur les réactions de libération d'énergie au niveau des mitochondries chez les élèves fumeurs. (2pt)

- Les fumeurs se plaignent souvent de crampes musculaires. Pour expliquer l'origine de ces crampes, on a mesuré, chez des élèves fumeurs et d'autres non-fumeurs, la concentration sanguine de l'acide lactique et du pH sanguin au niveau du sang veineux partant du muscle avant et après un exercice physique. Les résultats de ces mesures sont présentés dans le document-6.

	Avant l'effort musculaire	Après l'effort musculaire	
		Non-fumeurs	fumeurs
L'acide lactique au niveau du sang veineux	50 mg/L	150 mg/L	500 mg/L
pH du sang veineux	7.4	7.38	7.35

#### Document : 6

#### Questions :

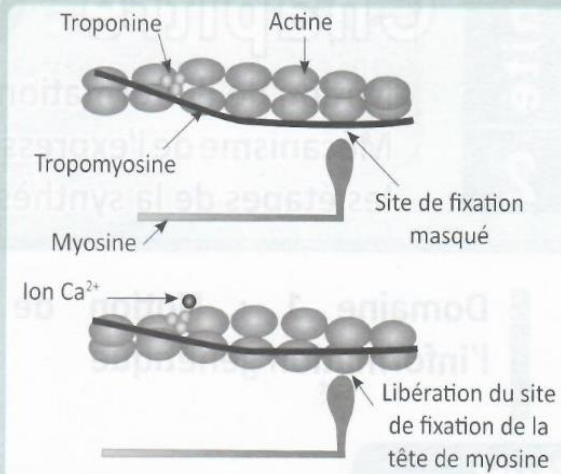
4. En exploitant le document 6 et en vous basant sur vos réponses précédentes, expliquez la faible endurance et les crampes musculaires fréquentes chez les élèves fumeurs. (3 pts)

### Exercice 2 : (8 points)

On cherche à étudier quelques aspects du mécanisme de la contraction musculaire et à montrer le rôle des ions  $Ca^{2+}$  dans ce processus. [profsalmi.blogspot.com](http://profsalmi.blogspot.com) propose les données suivantes :



• **Données 1 :** Des fibres musculaires striées sont isolées et cultivées dans un milieu physiologique contenant des ions calcium radioactifs ( $^{45}\text{Ca}^{2+}$ ) puis elles sont réparties en deux lots 1 et 2. Les fibres du lot 1 sont fixées en état de relâchement alors que les fibres du lot 2 sont fixées en état de contraction. Par autoradiographie, on détecte la localisation de la radioactivité au niveau des fibres de chaque lot. Les figures du document 1 présentent des schémas explicatifs des résultats de cette détection (la figure a pour les fibres du lot 1, la figure b pour les fibres du lot 2).



**Document : 2**

→ **Questions :**

2. En vous basant sur les résultats présentés dans le document-2, **montrez** comment interviennent les ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans la contraction de la fibre musculaire. (1.5 pt)

• **Donnée 3 :** Pour extraire l'énergie nécessaire à sa contraction, la fibre musculaire hydrolyse de grandes quantités d'ATP. Afin de déterminer certaines conditions nécessaires à l'hydrolyse de ces molécules, on présente les données expérimentales du document 3.

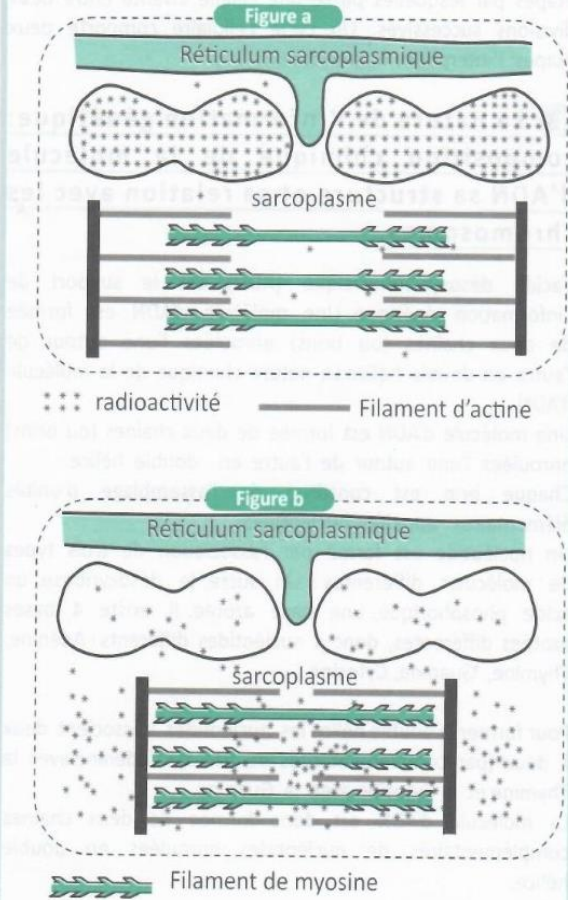
Milieu	Composition des milieux	
	Début de l'expérience	Fin de l'expérience
Milieu 1	Filaments de myosine + filaments d'actine + ATP + $\text{Ca}^{2+}$	Complexes actomyosine + $\text{Ca}^{2+}$ + une grande quantité d'ADP et de Pi
Milieu 2	Filaments d'actine + ATP + $\text{Ca}^{2+}$	Filaments d'actine + ATP + $\text{Ca}^{2+}$
Milieu 3	Filaments de myosine + ATP + $\text{Ca}^{2+}$	Filaments de myosine + ATP + $\text{Ca}^{2+}$ + une faible quantité d'ADP et de Pi

**Document : 3**

→ **Questions :**

3. En exploitant les données du document-3, **expliquez** la différence d'hydrolyse de l'ATP observée dans les différents milieux. (2 pt)

4. En vous basant sur les données précédentes et sur vos connaissances, **résumez** l'enchainement des événements conduisant à la contraction du muscle suite à une excitation. (2 pt)



**Document : 1**

→ **Questions :**

1. **Comparez** la répartition de la radioactivité dans les fibres des lots 1 et 2, puis **dégagez** le sens de déplacement des ions calcium lorsque la fibre musculaire passe de l'état de relâchement à l'état de contraction. (1,5pt)

• **Donnée 2 :** L'étude biochimique et l'observation électronographique des myofilaments d'actine et de myosine, dans des fibres musculaires en présence et en absence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$ , ont permis de construire le modèle explicatif présenté dans le document 2.



# Chapitre 1

Notion de l'information génétique.

Mécanisme de l'expression de l'information génétique:  
les étapes de la synthèse des protéines.

## Domaine 1 : Notion de l'information génétique

### Cours

#### 1 Localisation de l'information génétique .

Le programme génétique à l'origine des caractères d'un individu est localisé dans le noyau des cellules sous forme de chromosomes observables lorsque les cellules se multiplient.

#### 2 Mitose et cycle cellulaire

La mitose est un processus continu, mais peut être divisée en quatre phases, chacune étant essentiellement caractérisée par l'état et l'emplacement des chromosomes.

- **La prophase:** Les chromosomes composés de deux chromatides commencent à se condenser et deviennent progressivement visibles au microscope optique. Un fuseau mitotique apparaît entre les deux pôles de la cellule. L'enveloppe nucléaire est peu à peu détruite si bien qu'elle disparaît totalement à la fin de la prophase.

- **La métaphase:** Les chromosomes dupliqués sont condensés au maximum, ils apparaissent épais et courts. Les centromères sont alignés à l'équateur du fuseau mitotique.

- **L'anaphase:** Les deux chromatides de chaque chromosome se séparent par rupture du centromère et migrent chacune vers un pôle de la cellule. Dès la fin de l'anaphase commence la séparation du cytoplasme.

- **La télophase:** Chacun des deux lots de chromosomes se situe désormais aux deux pôles opposés. Chaque chromosome ne comporte alors qu'une seule chromatide. La décompression commence. Une enveloppe nucléaire se forme autour de chacun des deux lots de chromosomes simples. La télophase se termine par la cytotélorèse : séparation des deux cellules filles par formation d'une nouvelle membrane plasmique.

Ainsi, à l'issue de la division cellulaire ou mitose, les deux cellules filles possèdent le même équipement chromosomique qui est le même que celui de la cellule mère.

On désigne sous le terme de cycle cellulaire les différentes étapes par lesquelles passe une cellule vivante entre deux divisions successives. Un cycle cellulaire comporte deux étapes: l'interphase et la mitose.

#### 3 La nature de l'information génétique: composition chimique de la molécule d'ADN sa structure et sa relation avec les chromosomes.

L'acide désoxyribonucléique (ADN) est le support de l'information génétique. Une molécule d'ADN est formée de deux chaînes (ou brins) enroulées l'une autour de l'autre en double hélice. La nature chimique de la molécule d'ADN

Une molécule d'ADN est formée de deux chaînes (ou brins) enroulées l'une autour de l'autre en double hélice. Chaque brin est constitué de l'assemblage d'unités élémentaires appelées nucléotides.

Un nucléotide est formé par l'association de trois types de molécules différentes : Un sucre, le désoxyribose, un acide phosphorique, une base azotée. Il existe 4 bases azotées différentes, donc 4 nucléotides différents : Adénine, Thymine, Guanine, Cytosine.

Pour former la double hélice les nucléotides s'associent deux à deux (par complémentarité de bases) : L'Adénine avec la Thymine et la Cytosine avec la Guanine.

La molécule d'ADN est donc formée de deux chaînes complémentaires de nucléotides enroulées en double hélice.

#### 4 La réplication de l'ADN

La réplication de l'ADN s'effectue selon un mécanisme semi conservatif fondé sur la complémentarité des bases azotées. Ce mécanisme aboutit à deux molécules d'ADN identiques entre elles-mêmes et identiques à la cellule mère.

### EXERCICES

#### → Domaine I : Restitution des connaissances.

##### I. Définissez les mots et les expressions suivantes:

a. cycle cellulaire b. nucléotide c. ADN polymérase

[profsalmi.blogspot.com](http://profsalmi.blogspot.com)



### III. vrai ou faux

A. les chromosomes sont formés de deux chromatides seulement au moment de la métaphase.	
B. La prophase est une phase de séparation des chromosomes en deux lots identiques.	
C. L'ADN est le constituant essentiel du chromosome.	
D. L'information génétique est la même dans toutes les cellules d'un organisme à l'exception des gamètes	

### III. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

#### 1) Au cours de la mitose :

- ☐ A. l'information génétique est répartie de façon inégale entre les cellules filles une molécule,
- ☐ B. le nombre de chromosomes des cellules filles devient la moitié de celui de la cellule mère.
- ☐ C. il y a distribution égale des chromosomes entre les cellules filles.
- ☐ D. les chromosomes sont présents par paires dans les cellules filles.

#### 2) Dans une molécule d'ADN, il y a :

- ☐ A. autant d'adénine que de guanine.
- ☐ B. autant de thymine que de cytosine.
- ☐ C. autant de guanine que de cytosine.
- ☐ D. autant de guanine que de thymine.

#### 3) L'information génétique est définie par :

- ☐ A. la structure des nucléotides.
- ☐ B. le nombre de nucléotides.
- ☐ C. la séquence des nucléotides.
- ☐ D. la répartition des molécules de phosphate.

#### 4) Au cours du cycle cellulaire :

- ☐ A. L'ADN est toujours sous forme de double brin.
- ☐ B. L'organisation de la chromatine reste constante selon les phases.
- ☐ C. La biosynthèse de l'ADN a lieu lors de la mitose.
- ☐ D. la quantité d'ADN double pendant l'interphase.

#### 5) Une mutation

- ☐ A. est un changement au niveau de la séquence des nucléotides
- ☐ B. n'est jamais transmissible de génération en génération
- ☐ C. peut être à l'origine d'un nouvel allèle appelé allèle sauvage
- ☐ D. n'a pas d'influence sur les caractères héréditaires.

#### 6) Une cellule à $2n = 6$ est une cellule:

- ☐ A. diploïde à 3 paires de chromosomes homologues.
- ☐ B. diploïde à 6 chromosomes de tailles différentes.
- ☐ C. diploïde à 6 paires de chromosomes homologues.
- ☐ D. haploïde à 3 paires de chromosomes non homologues.

## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

La figure ci-dessous représente la garniture chromosomique d'une cellule d'un Triton Pleurodèle :

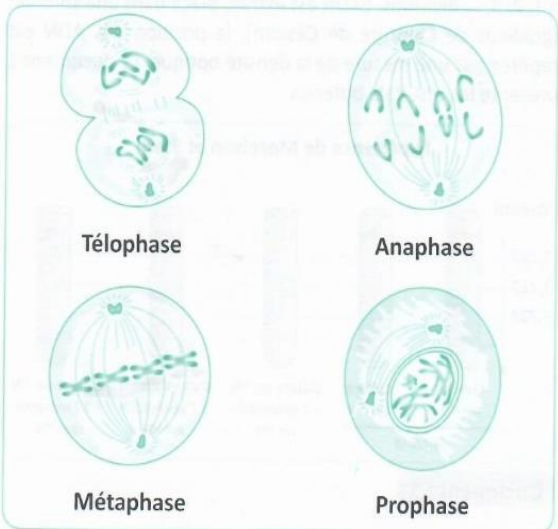


→ Question : 1. A quel moment précis de la vie cellulaire a-t-on pu obtenir cette image. **Justifiez** votre réponse.

2. **Déterminez** le nombre de chromosomes du Pleurodèle.

### Exercice 2 :

la mitose permet la multiplication cellulaire et la transmission de l'information génétique d'une génération cellulaire à une autre. Le document 1 présente des schémas des phases de ce processus :

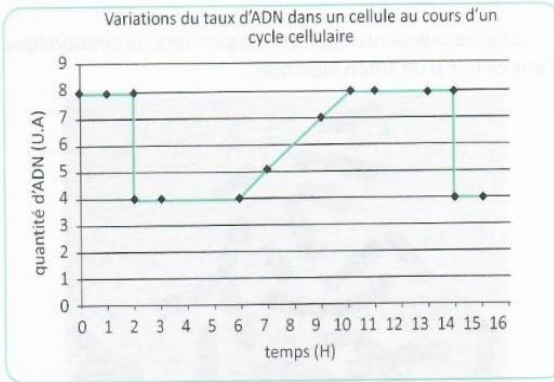


→ Question : **Décrivez** les phases de la mitose et **montrez** comment ce phénomène permet la transmission conforme de l'information génétique.



### Exercice 3 :

Le graphique suivant représente l'évolution de la quantité d'ADN, dans le noyau d'une cellule, en fonction du temps :



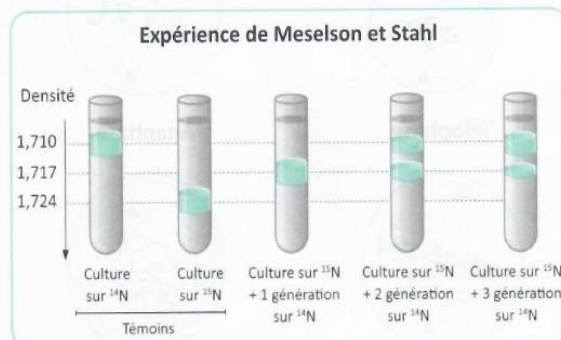
→ **Question : 1.** Indiquer sur ce graphique les phases G1, S et G2 et **calculer** leur durée sachant que la mitose dure environ 1 heure.

**2. Représenter** les chromosomes à chaque stade du cycle cellulaire.

**3.** A partir de données chiffrées tirées de l'étude du graphique réalisé, **mettre** en relation les variations des taux observés avec l'évolution des chromosomes au cours d'un cycle cellulaire

### Exercice 4 :

Expérience de Meselson et Stahl (1958) : Des bactéries cultivées depuis longtemps en présence de molécules azotées  $^{15}\text{N}$  sont repiquées sur un milieu contenant des molécules azotées  $^{14}\text{N}$  et permettant la synchronisation des divisions. Des fractions sont prélevées après différents temps correspondant à 1, 2, 3, ... divisions. L'ADN est extrait, placé dans une solution (gradient de Chlorure de Césium), la position des ADN est repérée par une mesure de la densité optique. Le document 1 présente les résultats obtenus

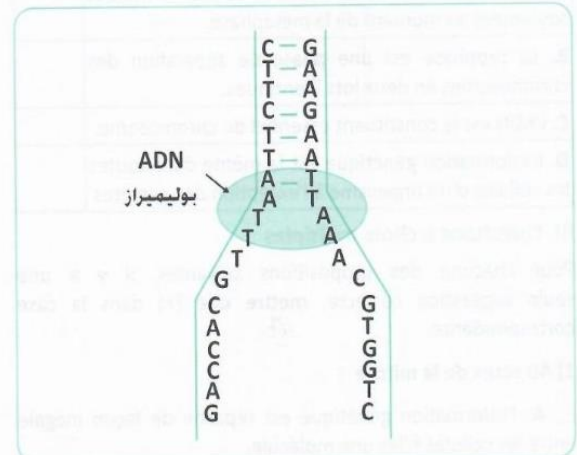


#### Document : 1

→ **Question : 1.** Décrivez les résultats obtenus.

**2. Interprétez** les résultats de l'expérience à partir de vos connaissances de la structure de l'ADN et de son mode de duplication, en vous aidant de schémas explicatifs.

■ Le document 2 présente une partie d'un œil de réplication de l'ADN, au niveau du gène de la caséine chez la brebis.



#### Document : 2

→ **Question :** En exploitant les données précédentes, **donner** le résultat de la duplication complète de l'ADN présenté dans le document.

### Exercice 5 :

La BrdU est une molécule qui peut remplacer la thymine lors de la réplication.

Des cellules en phase G1 sont cultivées pendant un cycle cellulaire sur un milieu avec la thymine mais sans BrdU, puis pendant deux cycles sur un milieu avec BrdU mais sans thymine.

Les chromosomes sont analysés pendant la métaphase de la mitose du second cycle cellulaire en présence de BrdU.

Ils sont traités avec une substance qui colore en jaune les brins d'ADN contenant de la thymine (les brins contenant de la BrdU sont peu colorés) puis observés au microscope optique.

Ci-dessous est présenté un schéma des résultats obtenus.



→ **Question :** Expliquez le résultat obtenu et montrez que la duplication de l'ADN se fait selon le mode semi-conservatif.



## Domaine 2 : Mécanisme de l'expression de l'information génétique : les étapes de la synthèse des protéines.

### Cours

#### 1 Relation gène-caractère

Un caractère est un signe, une particularité externe ou interne, présent chez un individu (couleur des cheveux, taille, groupe sanguin...). Les caractères qui se retrouvent dans les générations successives sont des caractères héréditaires.

Un gène est une partie d'un chromosome formant une unité d'information génétique. Il détermine la mise en place et la transmission d'un caractère observable.

#### 2 Relation protéine-caractère.

Un phénotype peut être caractérisé à différentes échelles: Individuelle, où il se caractérise par un ensemble de caractères apparents (symptômes d'une maladie par ex.), cellulaire, où il s'exprime par les caractères des cellules à l'origine des symptômes observés, moléculaire, où il correspond à des modifications de la structure des molécules, lesquelles sont la cause des caractères cellulaires différents.

Il existe un parallélisme entre les variations d'un caractère présenté par divers individus d'une même espèce et les variations de la structure d'une protéine chez ces mêmes individus (ex: albinisme, drépanocytose.), ce qui concrétise la relation protéine-caractère.

#### 3 Relation gène-protéine.

La séquence d'une protéine est susceptible de variations lorsqu'il y a variation d'un gène, c'est-à-dire modification de la séquence en nucléotides d'un morceau d'ADN. Il y a donc un rapport entre la séquence des nucléotides de l'ADN et la séquence en acides aminés d'une protéine, ce qui montre que La relation gène-protéine.

Mécanisme d'expression de l'information génétique : la transcription.

L'information génétique codée dans l'ADN se trouve dans le noyau. La transmission de l'information génétique entre le noyau et le cytoplasme est assurée par l'ARN messager (ARNm).

Après ouverture de la double hélice d'ADN, l'un des deux brins, appelé brin transcrit, sert de « matrice » à la synthèse d'une nouvelle chaîne. Il se forme un brin d'ARN dont la séquence est complémentaire d'une portion du brin transcrit de la molécule d'ADN. Il n'y pas de thymine dans la molécule d'ARN, elle est remplacée par l'uracyle.

#### 4 Code génétique :

On appelle code génétique la correspondance étroite entre le « langage » de l'ADN qui comporte 64 codons différents, et le « langage » protéique, qui comporte 20 acides aminés. Un même acide aminé peut être codé par des codons différents : il y a redondance et le code génétique est dit dégénéré. Trois codons ne désignent aucun acide aminé (codons-stop), ils correspondent à un signal de ponctuation. Le code génétique est ponctué.

Une mutation désigne le processus par lequel un allèle naît par modification d'un gène préexistant.

Le plus souvent, les mutations sont ponctuelles et concernent un ou plusieurs nucléotides.

Elles se produisent au hasard le long du gène et peuvent se manifester par : Une substitution de nucléotides, Une délétion ou une insertion de nucléotides

#### 5 Mécanisme d'expression de l'information génétique : la traduction :

La seconde étape de l'expression d'un gène, la traduction, se déroule dans le cytoplasme et correspond à l'assemblage des acides aminés pour former une protéine. Cette synthèse est effectuée selon les instructions contenues dans l'ARNm. L'information réside dans la nature et l'ordre d'enchaînement des nucléotides. La synthèse est réalisée au niveau des ribosomes, organites cytoplasmiques formés de protéines et d'ARN, qui fonctionnent comme des ateliers d'assemblage. Le mécanisme de synthèse comporte trois étapes :

a) **L'initiation**, au cours de laquelle un ribosome se fixe au niveau d'un triplet de l'ARNm. Ce triplet est toujours le codon AUG. C'est le codon d'initiation.

b) **L'élongation**, au cours de laquelle le ribosome se déplace le long de la chaîne d'ARNm et fait correspondre à chaque triplet rencontré, un acide aminé spécifique.

c) **La terminaison** provoquée par l'arrivée du ribosome au niveau d'un codon-stop. Le ribosome se détache de l'ARNm et libère la chaîne polypeptidique formée.

### EXERCICES

#### → Domaine I : Restitution des connaissances.

##### I. Définissez les mots et les expressions suivantes:

a. gène, b. codon, c. code génétique, d. allèle, e. phénotype.

##### II- Représentez par un schéma

a. Une molécule d'ADN ayant comme séquence GAGCGT.

b. Deux allèles d'un fragment de gène composé de 10 nucléotides. Ces allèles diffèrent par deux mutations en position 3 et en position 5.



### III- Répondez par vrai ou faux en mettant le signe x dans la case correspondante.

#### 3.1. En ce qui concerne l'expression des gènes :

A. La transcription, comme la traduction, a lieu dans le compartiment nucléaire.	
B. L'ARN polymérase est un acide nucléique qui permet la synthèse des chaînes polypeptidiques.	
C. Un acide aminé est parfois codé par plusieurs codons.	
D. La séquence de l'ARNm d'un gène est complémentaire de la séquence de l'ADN du brin transcrit de ce gène.	

#### 3.2. La traduction de l'ARN messenger

A. se fait dans le noyau.	
B. se fait dans le cytoplasme.	
C. produit une séquence d'acides aminés correspondant à tous les codons du gène.	
D. peut produire, à partir d'un même gène, des protéines différentes.	

### IV. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case qui lui correspond.

#### 1) Le code génétique

- ☐ A. est différent selon les espèces d'êtres vivants mais identique pour tous les Hommes et les grands singes.
- ☐ B. est une correspondance entre un ARN-messenger et une séquence d'acides aminés.
- ☐ C. Permet de connaître la séquence d'ADN correspondant à la séquence en acides aminés d'une protéine donnée.
- ☐ D. Permet de connaître la séquence d'ARN correspondant à la séquence en acides aminés d'une protéine donnée

#### 2) Les ribosomes:

- ☐ A. Sont des cellules qui interviennent dans la synthèse des protéines.
- ☐ B. Sont des organites responsables de la transcription de l'ADN en ARNm.
- ☐ C. Sont des organites responsables de la traduction de l'ARNm en protéine(s).
- ☐ D. Sont des organites responsables de la transcription de l'ADN en ARNt.

#### 3) La traduction conduit à un phénotype :

- ☐ A. Cellulaire dont dépendent les phénotypes macroscopique et moléculaire.
- ☐ B. Macroscopique dont dépendent les phénotypes cellulaire et moléculaire.
- ☐ C. Moléculaire dont dépendent les phénotypes cellulaire et macroscopique.
- ☐ D. Moléculaire dont dépendent les génotypes cellulaire et macroscopique.

#### 3.4. L'expression du patrimoine génétique est assurée, dans l'ordre, par :

- ☐ A. La traduction grâce au code génétique puis la transcription suivie d'une maturation d'un pré-ARN messenger.
- ☐ B. La transcription grâce au code génétique puis la traduction suivie d'une maturation d'un pré-ARN messenger.
- ☐ C. La transcription suivie éventuellement d'une maturation d'un pré-ARN messenger puis la traduction grâce au code génétique.
- ☐ D. La réplication de l'ADN suivie éventuellement d'une maturation d'un pré-ARN messenger puis la traduction grâce au code génétique.

#### 3.5. La traduction :

- ☐ A. est la fabrication, dans le cytoplasme, d'une séquence de protéines à partir d'un ARN messenger après maturation d'un ARN pré-messenger.
- ☐ B. est la fabrication exceptionnelle, dans le noyau, d'une protéine à partir d'un ARN messenger mais avant maturation d'un ARN pré-messenger.
- ☐ C. est la fabrication, dans le cytoplasme, d'une protéine à partir d'un ARNt.
- ☐ D. est l'interprétation des codons de l'ADN en acides aminés.

#### 3.6. La transcription :

- ☐ A. est la fabrication, dans le noyau d'un ARN pré-messenger à partir de l'ADN.
- ☐ B. est la fabrication exceptionnelle, dans le noyau, d'une protéine à partir d'un ARN messenger mais avant maturation d'un ARN pré-messenger.
- ☐ C. est la fabrication, dans le cytoplasme, d'une protéine à partir d'un ARN messenger.
- ☐ D. est la fabrication, dans le noyau d'un ARN pré-messenger à partir de l'ARNm.

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

#### Exercice 1 :

La rétinopathie 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.

Afin 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 suivant 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 rétinopathie pigmentaire. La figure (b) présente un extrait du tableau du code génétique.



Figure (a)

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 (b)

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

➔ **Question** : 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.

## Exercice 2 :

L'hémochromatose héréditaire est une maladie due à une anomalie dans l'absorption intestinale du fer. La maladie se manifeste après 40 ans sous forme de complications hépatiques, cardiaques, cutanées, articulaires et endocriniennes. Cette maladie est liée à une protéine, appelée « Hépcidine », sécrétée par le foie dans le sang. Cette protéine régule l'absorption du fer au niveau des intestins.

L'analyse du sang chez deux individus, l'un sain et l'autre atteint de cette maladie, a donné les résultats présentés dans le document 1.

	L'Hépcidine	Quantité de fer absorbée par jour au niveau des intestins ( mg )	Quantité de fer emmagasinée dans les organes ( g )
Individu sain	Normale	1 à 2	5
Individu malade	Anormale	5 à 8	10 à 30

Document : 1

➔ **Question** : **Comparez** la quantité du fer absorbée et celle emmagasinée dans les organes entre l'individu sain et l'individu atteint et montrez l'existence d'une relation protéine - caractère.

■ La synthèse de l'Hépcidine est contrôlée par un gène localisé sur le chromosome 6. Ce gène existe sous deux formes alléliques : l'allèle responsable de la synthèse de l'Hépcidine normale et l'allèle responsable de la synthèse de l'Hépcidine anormale.

Le document 2 présente un fragment du brin d'ADN transcrit pour chacun des deux allèles responsables de la synthèse de l'Hépcidine chez un individu sain et chez un individu malade.

Numéro du nucléotide	1060	1069	1074
	↓	↓	↓
individu sain	ATA-CGT-GCC-AGG-TGG-....		
individu malade	ATA-CGT-ACC-AGG-TGG-....		
	Sens de lecture →		

Document : 2

Le document 3 présente un extrait du tableau du code génétique.

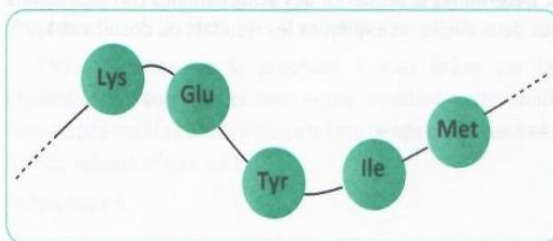
codons	GCC	ACU	CGA	UAU	UGA	UCC	UAA
	GCA	ACC	CGG	UAC	UGG	UCA	UAG
Acides aminés	Ala	Thr	Arg	Tyr	Trp	Ser	Codon stop

Document : 3

➔ **Question** : En vous basant sur les documents 2 et 3, **déterminez** la séquence de l'ARNm et celle de la chaîne peptidique qui correspondent aux deux allèles du gène étudié, puis montrez l'existence d'une relation gène - protéine.

## Exercice 3 :

Le schéma suivant présente un peptide de 5 acides aminés.



➔ **Question** : 1. à l'aide du tableau du code génétique, **retrouvez** 8 parmi les séquences de l'ARNm ayant pu aboutir à cette séquence peptidique.

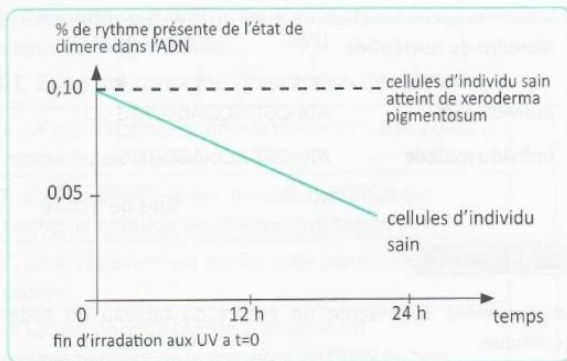
2. **choisissez** l'une de ces séquences d'ARNm, et **déterminez** la séquence d'ADN transcrit qui lui a donné naissance.

## Exercice 4 :

Le xeroderma pigmentosum est une maladie rare d'origine génétique, caractérisée par une sensibilité excessive de la peau aux rayons ultraviolets et multipliant par 1000 le risque de développer un cancer de la peau. Les rayons UV provoquent l'établissement de liaisons entre deux nucléotides T successifs (dimères de thymine) qui déforment l'ADN. On a mesuré chez des malades et des individus sains l'évolution du pourcentage des dimères T=T dans les cellules après une exposition aux UV (document 2).

profsalmi.blogspot.com





### Document : 1

Le gène *xpc* code (permet de produire) une enzyme *xpc* qui intervient dans la réparation des dimères de thymine présents dans l'ADN. Le document 1 présente une portion de deux allèles de ce gène.

#### Individu sain homozygote

... AAAGAAGAGCAACAG ...

#### individu atteint de Xeroderma pigmentosum

... AAAGAAGAGAAACAG ...

### Document : 2

- **Question : 1.** Décrivez les résultats présentés par le document 2.
- 2. Déterminez** la séquence des acides aminés correspondants aux deux allèles, et **expliquez** les résultats du document 1.



gène	protéine	activité
AAAGAAGAGCAACAG	XPC	active
AAAGAAGAGAAACAG	XPC	inactive



## Chapitre 2

## Transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

## La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée.

## Cours

**1 La méiose : de la diploïdie à l'haploïdie :**

- La méiose est une division cellulaire impliquée dans la reproduction sexuée des organismes: elle aboutit à la production des cellules sexuelles ou gamètes.

Elle est constituée de deux divisions successives qui permettent le passage d'une cellule diploïde à  $2n$  chromosomes à quatre cellules haploïdes à  $n$  chromosomes (spermatozoïdes ou ovocytes).

**2 La première division de méiose : la division réductionnelle.**

Elle est constituée de 4 phases :

**La prophase I**

L'enveloppe nucléaire disparaît et le fuseau achromatique commence à se former.

Les chromosomes dupliqués, car formés chacun de deux chromatides, se condensent progressivement, et s'unissent ensuite deux par deux, formant des paires de chromosomes homologues. Cet appariement donne des bivalents ou tétrades (car il y a 4 chromatides).

**La métaphase I**

Le fuseau achromatique s'est formé. Les paires de chromosomes homologues restent assemblées en bivalents (tétrades) et se placent en vis-à-vis de part et d'autre du plan équatorial. Pour chaque tétrade, les centromères se placent de part et d'autre ainsi qu'à égale distance du plan équatorial.

**L'anaphase I**

Les chromosomes à 2 chromatides migrent vers les pôles opposés (la disjonction des deux chromosomes homologues de chaque paire). A la fin de cette phase on aura plus que  $n$  chromosomes toujours à 2 chromatides dans chaque pôle.

**Télophase I**

Cette phase est marquée par :

la reconstitution des enveloppes nucléaires autour des chromosomes réunis à chaque pôle de la cellule, formant deux noyaux haploïdes, contenant chacun  $n$  chromosomes à 2 chromatides.

- La division de la cellule en deux cellules filles par cytotéièrese (= séparation du cytoplasme). A noter que la télophase I est parfois très incomplète et rapide, enchaînant immédiatement sur la deuxième division de la méiose.

**3 Deuxième division méiotique : la division équationnelle.**

Cette division consiste en une simple mitose classique : pour chaque cellule, on passe de  $n$  chromosomes doubles à deux cellules à  $n$  chromosomes simples. Elle est constituée, elle aussi, de quatre phases :

**Prophase II**

Phase identique à la prophase I mais brève car les chromosomes sont restés compactés. Pendant cette phase l'enveloppe nucléaire disparaît en même temps que le nouveau fuseau achromatique se forme.

**Métaphase II**

Le fuseau achromatique est bien formé. Les chromosomes se placent sur le plan équatorial par leur centromère. Leur condensation est maximale.

**Anaphase II**

Les chromatides sœurs de chaque chromosome se séparent après rupture de leur centromère et migrent vers les pôles opposés de la cellule.

**Télophase II**

Cytotéièrese (partage des cytoplasmes), décondensation des chromosomes et reformation du nucléole et de la membrane nucléaire. La deuxième division a affecté simultanément les 2 cellules filles pour donner 4 cellules haploïdes. Chaque cellule reçoit 1 exemplaire des deux chromosomes homologues.

**4 Variations de la quantité d'ADN au cours de la méiose.**

La méiose est précédée par la réplication de l'ADN pendant l'interphase, ce qui conduit à un doublement de sa quantité



et à la transformation des chromosomes monochromatidiens (avec une seule chromatide) en chromosomes bichromatidiens (avec deux chromatides). Pendant la division réductionnelle, avec la séparation des chromosomes homologues, la quantité d'ADN par cellule diminue par deux. Puis la seconde division (division équationnelle), avec la séparation des chromatides de chaque chromosome, permet une seconde réduction par deux de la quantité d'ADN (passage d'une garniture chromosomique de  $2n$  à  $n$ ).

## 5 Le rôle de la méiose et de la fécondation dans le brassage chromosomique.

La méiose et la fécondation sont les deux étapes fondamentales de la reproduction sexuée. Elles assurent le maintien du nombre de chromosomes au cours des générations successives et la diversité génétique au sein d'une même espèce. Cette diversité est due à un brassage chromosomique qui survient pendant ces deux étapes.

### Brassage interchromosomique

La répartition au hasard des chromosomes homologues maternels et paternels entre les cellules filles pendant l'anaphase I. Au moment de la métaphase I de la méiose, les chromosomes se disposent aléatoirement de part et d'autre du plan équatorial.

### Brassage intra-chromosomique

À chaque méiose, sauf cas exceptionnels, il peut se produire un échange réciproque de fragments de chromatides appartenant à deux chromosomes homologues : c'est le phénomène d'enjambement, également appelé crossing-over, qui survient pendant la prophase I. Les chromatides recombinés se distinguent des chromatides d'origine ; on parle alors de brassage intra-chromosomique.

### La fécondation amplifie le brassage génétique

La réunion des deux gamètes au cours de la fécondation multiplie la diversité des zygotes possibles, donc la diversité des individus.

## 6 Le rôle de la méiose et de la fécondation dans la stabilité du matériel héréditaire chez l'espèce :

Le nombre de chromosomes, support du matériel héréditaire, est fixe pour une espèce donnée (l'Homme possède  $2n = 46$  chromosomes) et il est maintenu constant au cours des générations issues de la reproduction.

C'est la reproduction sexuée, caractérisée par l'alternance de la méiose et de la fécondation, qui assure cette stabilité du matériel héréditaire.

## EXERCICES

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### 1. Questions à réponses courtes.

##### 1.1. Définissez les mots suivants :

Caryotype ; brassage intrachromosomique .

1. 2. Dites comment la méiose et la fécondation conservent-ils la garniture chromosomique de l'espèce

#### 2. Reliez chaque phase avec l'aspect des chromosomes qui convient :

##### A. les phases de la méiose

1. Anaphase I
2. Anaphase II
3. Prophase I
4. Métaphase II

##### B. aspect des chromosomes

- a. chromosomes monochromatidiens en ascension
- b. chromosomes bichromatidiens en ascension
- c. Formation des tétrades
- d. chromosomes bichromatidiens sur le plan équatorial

#### 3. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 3.1. Au cours de la deuxième division de la méiose

- ☐ A. les chromosomes homologues se séparent.
- ☐ B. les bras courts et longs de chaque chromatide se séparent au niveau de leurs centromères.
- ☐ C. le taux d'ADN de chaque cellule-fille est égal au  $1/4$  de celui de la cellule-mère en phase G1.
- ☐ D. le taux d'ADN de chaque cellule-fille est égal au  $1/4$  de celui de la cellule-mère en phase G2.

##### 3.2. La méiose est une succession de deux divisions:

- ☐ A. qui maintient le nombre de chromosomes de la cellule mère.
- ☐ B. qui permet de produire des gamètes à  $n$  chromosomes.
- ☐ C. qui démarre à partir d'une cellule haploïde où chaque chromosome est répliqué.
- ☐ D. qui maintient les associations d'allèles de la cellule de départ.

##### 3.3. Un crossing-over est un échange entre:

- ☐ A. deux chromatides du même chromosome.
- ☐ B. deux chromosomes homologues.
- ☐ C. deux chromosomes qui se succèdent.
- ☐ D. deux chromosomes différents.



## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

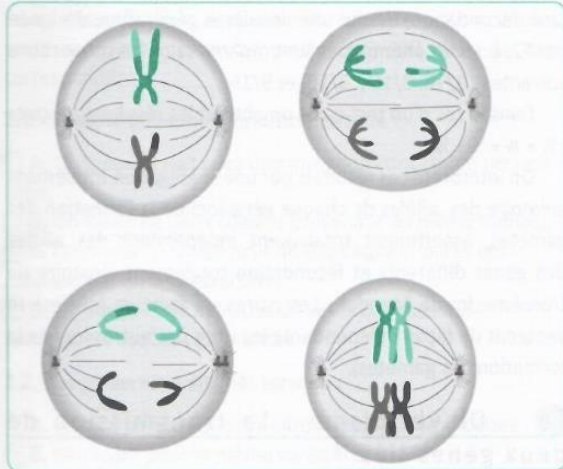
Chez l'homme la quantité d'ADN est la même dans les cellules des tissus qui ne sont pas en voie de croissance ( $6,6 \cdot 10^{-12}$ g environ).

Quant aux spermatozoïdes ils contiennent  $3,3 \cdot 10^{-13}$ g d'ADN.

→ **Question :** Expliquez ces données.

### Exercice 2 :

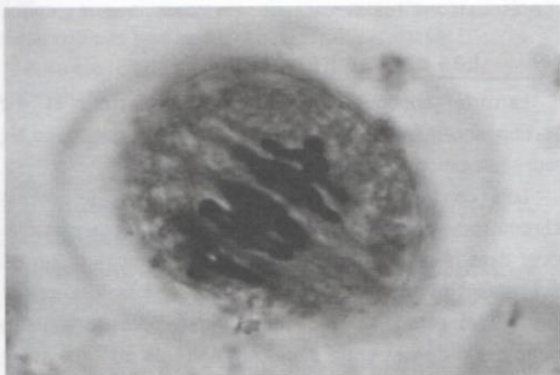
Ces 4 schémas représentent quatre phases de la méiose:



→ **Question :** Classez ces phases selon leur ordre chronologique. Justifiez votre réponse

### Exercice 3 :

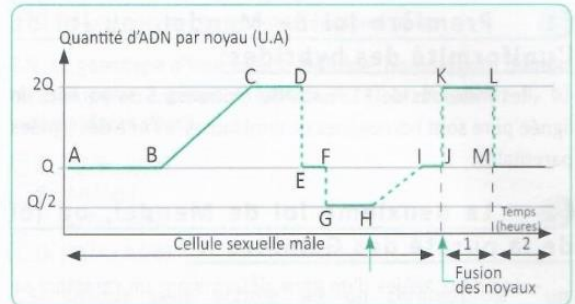
La photographie suivante représente une cellule au niveau d'une anthère de lis pendant la formation des grains de pollen.



→ **Question :** 1. Précisez à quelle phase cette photographie a été prise. Justifiez votre réponse.  
2. Réalisez un schéma légendé interprétant cette photographie (pour simplifier prenez  $2n = 4$ ).

### Exercice 4 :

La stabilité du caryotype chez les diploïdes est assurée par deux événements : la méiose (lors de la formation des gamètes) et la fécondation (lors de l'union du gamète mâle et du gamète femelle) qui modifie la quantité d'ADN présente dans les noyaux cellulaires. Le document suivant représente l'évolution de la quantité d'ADN par noyau depuis la fabrication des spermatozoïdes à partir d'une cellule mère jusqu'à l'obtention d'une cellule œuf à  $2n$  chromosomes qui entame sa première mitose.



1 : Cellule œuf;

2 : cellule embryonnaire;

Segment HI du graphique : réplication d'ADN de chaque noyau avant leur fusion. Entrée du spermatozoïde dans le cytoplasme du gamète femelle.

→ **Question :** 1. Indiquer à partir du graphique :

- L'étape de réplication de l'ADN avant la méiose ;
- l'étape de la méiose.

2. Décrivez l'évolution de l'ADN pendant ces deux étapes.

3. Déduisez à partir de ce graphique le rôle de la méiose et de la fécondation au cours de la transmission du matériel génétique.

4. Réalisez trois schémas qui représentent successivement l'aspect d'un chromosome pendant les étapes CD, EF et GH. Justifiez votre représentation.



# La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée.

## Cours

S.V.T

### 1 Première loi de Mendel ou loi de l'uniformité des hybrides :

- les individus de F1 issus du croisement de parents de lignée pure sont homogènes et semblables à l'une des lignées parentales.

### 2 La deuxième loi de Mendel, ou loi de la pureté des Gamètes ::

- Les deux allèles d'un gène déterminant un caractère se disjoignent (ségrégent) lors de la formation des gamètes : une moitié des gamètes contient l'un des allèles et l'autre moitié contient l'autre.

Cette loi résulte du fait qu'il y a ségrégation des chromosomes homologues lors de l'anaphase de la première division méiotique (anaphase I).

### 3 Le test-cross :

C'est un croisement entre un individu dominant de génotype inconnu avec un individu testeur homozygote récessif. L'individu testeur ne produit qu'un seul type de gamètes et il n'influence pas les phénotypes qui apparaissent à l'issue du croisement. Les phénotypes et leur proportion dépendent uniquement des gamètes produits par l'individu de génotype inconnu.

Si dans le monohybridisme on obtient 2 phénotypes dans les proportions  $\frac{1}{2}$  ,  $\frac{1}{2}$  cela signifie que l'individu de génotype inconnu a produit deux types de gamètes, il est donc hétérozygote.

### 4 La codominance :

La codominance : Si le premier croisement entre les deux souches pures donnent des descendants F1 de phénotype différent des phénotypes parentaux : il n'y a donc dominance d'aucun des deux phénotypes parentaux ; le phénotype de « l'hybride » étant intermédiaire, on dit qu'il y a semi-dominance ou codominance.

### 5 Le gène létal :

Un allèle est dit létal lorsque les individus homozygotes pour le gène létal ne sont pas viables.

En F2, la disparition du  $\frac{1}{4}$  des individus homozygotes pour

le gène létal transforme les proportions normales  $\frac{3}{4}$  -  $\frac{1}{4}$  en  $\frac{2}{3}$  -  $\frac{1}{3}$ , qui sont les proportions en F2 d'un gène létal.

### 6 Hérité liée au sexe :

Si on réalise un croisement entre une femelle de race pure, qui porte le phénotype récessif, et un mâle qui porte le phénotype dominant et on a en F1 l'apparition du caractère lié à l'allèle récessif uniquement chez les mâles, on associe ce caractère au chromosome sexuel X.

C'est une exception à la première loi de Mendel.

### 7 Dihybridisme : La transmission de deux gènes indépendants

Le deuxième croisement entre les hybrides de F1 (autofécondation) donne une deuxième génération, désignée par F2, dont les phénotypes sont répartis selon les proportions suivantes :  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{3}{16}$ ,  $\frac{3}{16}$  et  $\frac{9}{16}$ .

Dans le cas d'un test-cross on obtient les résultats suivants :  $\frac{1}{4}$  +  $\frac{1}{4}$  +  $\frac{1}{4}$  +  $\frac{1}{4}$ .

On interprète ces résultats par une ségrégation totalement aléatoire des allèles de chaque gène lors de la formation des gamètes, assortiment totalement indépendant des allèles des gènes différents et fécondation totalement aléatoire (la troisième loi de Mendel : Les paires de facteurs (allèles) se séparent de façon indépendante les unes des autres lors de la formation des gamètes).

### 8 Dihybridisme : La transmission de deux gènes liés

Dans le cas de deux gènes portés par un même chromosome (gènes liés) le croisement-test (test-cross) réalisé entre un hétérozygote et un double homozygote récessif donne une génération F' répartie en quatre phénotypes en quantité non équiprobable :

- 2 majoritaires de type parental ;
- 2 minoritaires de type recombiné.

Ce résultat constitue une exception à la troisième loi de Mendel.

### 9 Les cartes génétiques :

La carte génétique (appelée aussi carte factorielle) est l'ordonnement de gènes grâce à l'analyse statistique de leur ségrégation au cours des générations.

Lors de la méiose, des gènes situés sur un même chromosome peuvent être séparés s'il se produit un crossing-over dans la région qui les sépare. La probabilité qu'un tel événement se produise est proportionnelle à la distance qui sépare ces gènes. La fréquence de recombinaison reflète donc des distances entre gènes et l'unité de distance est le centiMorgan (cM) : 1 cM est égal à 1% de crossing-over.



→ **Domaine I : Restitution des connaissances.****1. Questions à réponses courtes.****1.1 Définissez les mots et les expressions suivantes:**

Homozygote ; Test-cross ; Dihybridisme .

**1.2. quelle est la signification des proportions 1/16 , 3/16 , 3/16 , 9/16 dans une étude de dihybridisme****1.3. Donner la signification de la première loi de Mendel.****2. Questions à choix multiples**

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

**2.1. On parle de monohybridisme lorsque :**

- ☐ A. Un individu naît avec une mutation concernant un seul gène.
- ☐ B. On fusionne deux cellules provenant du même individu
- ☐ C. On réalise le croisement de deux lignées pures qui diffèrent par un seul caractère.
- ☐ D. On croise deux individus de sexes opposés mais provenant d'espèces différentes.

**2.2. Des gènes sont dits liés lorsque :**

- ☐ A. Ils sont portés par deux chromosomes homologues.
- ☐ B. Ils codent pour le même caractère.
- ☐ C. Ils sont exprimés en même temps.
- ☐ D. Ils sont portés par le même chromosome.

**2.3. Le brassage intrachromosomique :**

- ☐ A. permet l'apparition de nouvelles combinaisons d'allèles portés par des paires de chromosomes différentes.
- ☐ B. permet l'apparition de nouvelles combinaisons d'allèles portés par les deux chromatides d'un même chromosome.
- ☐ C. est le résultat d'un crossing-over entre deux chromosomes non homologues.
- ☐ D. se produit durant la réplication de l'ADN et cela pendant l'interphase.

**2.4. Le brassage interchromosomique:**

- ☐ A. se produit avant le brassage intrachromosomique.
- ☐ B. résulte de la migration aléatoire des chromosomes homologues lors de la 2ème division de méiose.
- ☐ C. maintient les chromosomes homologues appariés.
- ☐ D. peut exceptionnellement aboutir à des anomalies de type trisomie chez le zygote.

**2.5. Le génotype d'une cellule diploïde, hétérozygote pour 2 gènes A (allèles A, a) et B (allèles B, b) indépendants s'écrit :**

- ☐ A. (A//B ; a//b).
- ☐ B. (AB//ab).
- ☐ C. (A//a ; b//B).
- ☐ D. (A//A ; b//b).

**2.6. Des gènes sont dits liés lorsque :**

- ☐ A. Ils sont portés par deux chromosomes homologues.
- ☐ B. Ils codent pour le même caractère.
- ☐ C. Ils sont exprimés en même temps.
- ☐ D. Ils sont portés par le même chromosome.

**2.7. dans le cas de 2 gènes A et B indépendants, le croisement entre un individu double homozygote récessif et un individu hétérozygote donne :**

- ☐ A. 4 phénotypes en quantité équiprobable
- ☐ B. 2 phénotypes en quantité équiprobable
- ☐ C. une génération homogène
- ☐ D. 16 phénotypes en quantité équiprobable.

**2.8. Le génotype d'une cellule diploïde, homozygote double récessif pour 2 gènes A (allèles A, a) et B (allèles B, b) indépendants s'écrit**

- ☐ A. (A//B ; a//b).
- ☐ B. (AB//ab).
- ☐ C. (a//a ; b//b).
- ☐ D. (A//A ; b//b).

**2.9. Chaque gène occupe sur un chromosome un emplacement:**

- ☐ A. unique et toujours identique.
- ☐ B. variable selon les individus.
- ☐ C. variable selon les générations.
- ☐ D. variable selon le sexe.

**2.10. Le brassage intrachromosomique :**

- ☐ A. permet l'apparition de nouvelles combinaisons d'allèles portés par des paires de chromosomes différentes.
- ☐ B. permet l'apparition de nouvelles combinaisons d'allèles portés par les deux chromatides d'un même chromosome.
- ☐ C. permet l'apparition de nouvelles combinaisons d'allèles portés par des paires de chromosomes homologues.
- ☐ D. permet l'apparition de nouveaux gènes portés par des paires de chromosomes homologues.

**2.11. Lors de la méiose, il s'effectue un brassage génétique par :**

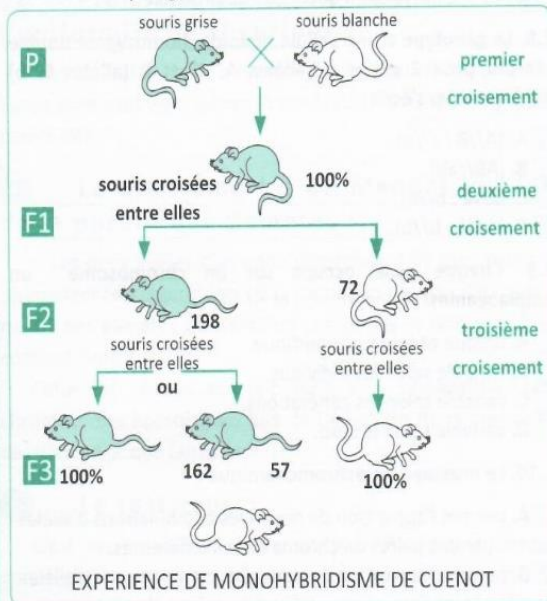
- ☐ A. un brassage intrachromosomique lors de la deuxième division de la méiose.
- ☐ B. un brassage interchromosomique puis intrachromosomique lors de la première division de la méiose
- ☐ C. un brassage intrachromosomique puis interchromosomique lors de la deuxième division de la méiose.
- ☐ D. un brassage intrachromosomique puis interchromosomique lors de la première division de la méiose.



## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

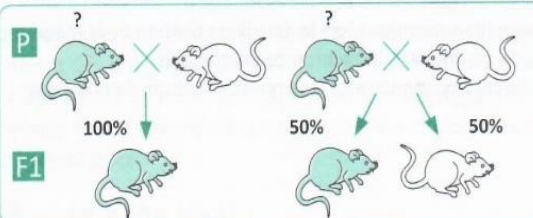
Les travaux du français Cuenot sur la souris: Lucien CUENOT, professeur de zoologie à Nancy, reprend les lois de Mendel dont il est longtemps le seul en France à proclamer la valeur et montre l'application de ces lois à l'ensemble des espèces animales. En 1903-1906, il a réalisé les croisements suivants (document 1) chez des souris pour suivre la transmission de la coloration du pelage.



#### Document : 1

- **Question : 1.** Quelles conclusions pouvez-vous tirer à partir de l'analyse du premier et du deuxième croisement ?  
**2. Interprétez** les résultats des travaux de CUENOT.

Il est possible de tester la nature des souris grises de F2 en réalisant des croisements-tests: ceux-ci consistent à croiser un individu dont on n'est pas sûr de la nature (souris grise hybride ou de lignée pure) avec un individu dont on est sûr de la nature génétique (souris blanche de lignée pure). Les résultats obtenus sont présentés dans le document 2.



#### Document : 2

- **Question : 2-** Interprétez les résultats des croisements-tests.

### Exercice 2 :

Mendel était passionné d'horticulture et s'est beaucoup intéressé à l'hérédité de la couleur des fleurs, toujours dans la perspective de créer de nouvelles variétés stables, notamment chez le fuchsia. Une souche pure aux fleurs roses est croisée avec une souche pure aux fleurs blanches dépourvues de pigment, les descendants F1 (« hybrides » chez Mendel) sont rose pâle. Croisés entre eux, ils donnent 1/4 de fleurs roses 1/2 de fleurs pâles 1/4 de fleurs blanches.

- **Question :** Interprétez ces résultats.

### Exercice 3 :

Deux chiens au poil court sont croisés. La descendance est constituée de 3 chiots au poil court et de 1 chiot au poil long .

- **Question : 1.** Précisez le déterminisme de la longueur des poils chez le chien.  
**2. De quels génotypes et phénotypes** sera constituée la descendance du croisement entre un parent à poils longs et un chien F1 à poils courts, et en quelles proportions ? **Comment s'appelle** ce type de croisement ?

### Exercice 4 :

Chez le soja, la couleur des cotylédons d'individus de génotype CGCG est vert foncé, celle des cotylédons d'individus CGCY est vert clair et celle des cotylédons d'individus CYCY est jaune. Les plantules des individus CYCY, presque dépourvues de chloroplastes, sont incapables de se développer. On croise des plantes à feuilles vert foncé avec des plantes à feuilles vert clair. Une F2 est obtenue par croisement aléatoire des individus F1 entre eux.

- **Question :** De quels génotypes et phénotypes seront les plantes adultes F2, et en quelles proportions ?

### Exercice 5 :

Chez les bovins, l'absence de membre (type amputé) est attribuée à un gène récessif létal. La mort des homozygotes a/a survient après la naissance. Un taureau et une vache normaux sont croisés; un veau amputé est mis au monde. Les mêmes parents sont à nouveau croisés.

- **Question : 1.** Quelle probabilité ont-ils de produire un autre veau (amputé) ? Donnez une explication en utilisant l'échiquier de croisement.

- 2. Quelle probabilité** ont-ils de produire deux veaux (amputés) ?  
**3. Des taureaux hétérozygotes A/a** sont croisés avec des vaches non-porteuses. Une génération F2 est obtenue par croisement aléatoire des individus F1 entre eux. **De quels génotypes et phénotypes** sera constituée la F2, et en quelles proportions ?



## Exercice 6 :

On considère trois plants de Pois à grains jaunes et lisses : A, B et C. Après avoir poussé, on les croise avec un plant de Pois à grains verts et ridés.

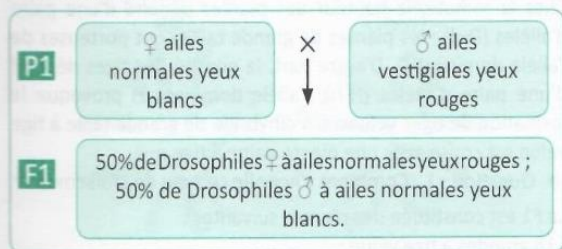
On obtient les résultats suivants :

- pour le plant A : 100 grains jaunes et lisses ;
- pour le plant B : 51 grains jaunes et lisses, 49 verts et lisses ;
- pour le plant C : 24 grains jaunes et lisses, 26 jaunes et ridés, 25 verts et lisses, 25 verts et ridés.

→ Question : Retrouvez les génotypes des plants A, B et C.

## Exercice 7 :

Un croisement entre deux Drosophiles de lignée pure diffèrent par la longueur de l'aile et la couleur de l'œil, a donné les résultats suivants :



→ Question : Interprétez ces résultats

## Exercice 8 :

On veut, chez le maïs, étudier le mode de transmission de deux couples d'allèles :

- (A,a) responsable de la couleur des graines (avec A = noire qui domine a = jaune) ;
- (B,b) responsable de la forme des graines (avec B = lisse qui domine b = ridée) .

On réalise les croisements suivants : [AB] et [ab].

La descendance comporte les quatre phénotypes suivants : 45% [AB] ; 45% [ab] ; 5% [Ab] ; 5% [aB].

→ Question : 1. Analysez les résultats de ce croisement en vue de vérifier chacune des deux hypothèses suivantes :  
Hypothèse 1 : les deux gènes sont indépendants ;  
Hypothèse 2 : les deux gènes sont liés.

2. Donnez les génotypes des parents [AB] et [ab].

3. Expliquez, schéma à l'appui, le comportement des chromosomes au cours de la méiose qui conduit à la formation des différents types de gamètes du parent de phénotype [AB].

## Exercice 9 :

On croise deux Drosophiles : une femelle de phénotype sauvage et un mâle aux soies courtes (mutation «spinelle» : ss) et au corps noir (mutation «ebony» : e). les F1 ont le phénotype sauvage.

Le croisement retour ♂ F1 × ♀ soies courtes, corps noir fournit : 497 Drosophiles de phénotype sauvage, 503 Drosophiles aux soies courtes et au corps noir.

Le croisement retour ♀ F1 × ♂ soies courtes, corps noir fournit : 439 Drosophiles de phénotype sauvage, 58 Drosophiles aux soies courtes et au corps normal ; 62 Drosophiles aux soies normales et au corps noir ; 411 Drosophiles aux soies courtes et au corps noir.

→ Question : 1. Interprétez ces résultats.

2. Sachant que le pourcentage des recombinaisons entre les gènes soies courtes et œil sépia (se) est 23,5%, entre les gènes corps noir et œil sépia est 35,5%, que peut-on dire des gènes ss, e et se ?

Remarque : chez le mâle de la Drosophile, le crossing-over ne se produit jamais : linkage absolu.

## Exercice 10 :

On croise des plantes à fleurs rouges et à pétales entiers avec des plantes à fleurs bleues et à pétales découpés. Les graines issues de ce croisement sont semées et on obtient uniquement des plantes à fleurs violettes et à pétales découpés.

Une plante obtenue précédemment est croisée avec une plante à fleur rouge et pétales entiers. Les graines issues de ce deuxième croisement sont semées et on obtient :

- 194 plantes à fleurs rouges et pétales entiers ;
- 190 plantes à fleurs violettes et à pétales découpés ;
- 8 plantes à fleurs rouges et pétales découpés ;
- 9 plantes à fleurs violettes et pétales entiers.

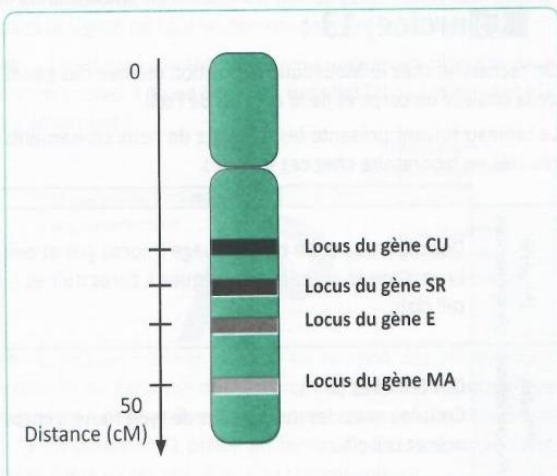
→ Question : A l'aide d'un raisonnement rigoureux, expliquez les résultats obtenus lors de ces 2 croisements successifs.

## Exercice 11 :

Suite à ses travaux sur les drosophiles, Morgan découvre une corrélation entre le pourcentage de crossing-over et la distance entre les gènes.

Chez la drosophile, les scientifiques ont pu, par croisements réalisés en laboratoire, établir l'emplacement de quatre gènes sur le chromosome 3 (document 1).

Document : 1 les loci des 4 gènes sur le chromosome 3.





## Document : 2 CROISEMENTS ENTRE DES DROSOPHILES :

Pour déterminer la distance entre le gène SR et Le gène MA on a réalisé les croisements entre des drosophiles femelles sauvages hétérozygotes pour les gènes SR et MA et des drosophiles mâles récessifs pour les gènes SR et M.

SR dont l'allèle sauvage dominant  $sr^+$  ne donne pas de bande grise sur le thorax et l'allèle  $sr$  donne une bande grise sur le thorax ;

MA dont l'allèle sauvage dominant  $ma^+$  donne un œil rouge foncé et l'allèle  $ma$  donne un œil brun.

On a obtenu de ce croisement 1000 individus

→ **Question :** A partir des informations extraites des documents 1 et 2 :

1. Justifiez le choix du croisement du document 2.
2. Proposez l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement. Justifiez votre réponse en vous aidant d'un échiquier de croisement renfermant les résultats statistiques (le nombre d'individus).

### Exercice 12 :

La couleur du pelage, noir, chocolat ou sable, des labradors dépend de la nature des pigments synthétisés par les mélanocytes. Elle est le résultat de l'expression de deux gènes :

- le gène TYRP1, situé sur le chromosome 11, contrôle la couleur des pigments synthétisés : l'allèle B, dominant, conduit à la synthèse d'un pigment noir, l'allèle b, récessif, d'un pigment brun (à l'origine du pelage chocolat) ;

- le gène MC1R, situé sur le chromosome 5, contrôle la couleur des pigments : l'allèle E, dominant, est indispensable à la synthèse des pigments noir ou brun, l'allèle e, récessif, ne permet la synthèse de ces pigments.

→ **Question :** 1. indiquez les différents génotypes possibles des chiens aux pelages noir, chocolat et sable.

2. On croise un mâle sable avec une femelle chocolat. Vingt chiots naissent : 10 sont de couleur sable, 5 sont chocolats et 5 sont noirs. Analysez ces résultats pour déterminer le génotype des parents utilisés pour le croisement.

### Exercice 13 :

On recherche chez le Moustique la position relative des gènes de la couleur du corps et de la couleur de l'œil.

Le tableau suivant présente les résultats de deux croisements réalisés en laboratoire chez ces insectes.

Description	
1 <sup>ère</sup> série d'expériences	Des moustiques de type sauvage à corps gris et œil brun. Croisés avec des moustiques à corps noir et œil clair.
2 <sup>ème</sup> série d'expériences	Des femelles de F1. Croisées avec des moustiques de type muté à corps noir et œil clair.

Résultats	
1 <sup>ère</sup> série d'expériences	En F1 tous les moustiques sont de type sauvage.
2 <sup>ème</sup> série d'expériences	- 32,2% de moustiques à corps gris et œil brun. - 35,9% de moustiques à corps noir et œil clair. - 15,6% de moustiques à corps gris et œil clair. - 16,3% de moustiques à corps noir et œil brun.

→ **Question :** 1. Que pouvez-vous en déduire des résultats de ces deux croisements.

2. Interprétez ces résultats.

3. Etablissez la position relative des deux gènes étudiés.

### Exercice 14 :

Chez la tomate, la hauteur des plantes dépend d'une paire d'allèles (D-d) ; les plantes de grande taille sont porteuses de l'allèle dominant D. D'autre part, la pilosité des tiges dépend d'une paire d'allèles (H-h) ; l'allèle dominant H provoque la formation de tiges velues. Un dihybride de grande taille à tige velue est croisé avec une plante naine à tige nue.

→ **Question :** 1. Comment s'appelle ce type de croisement ?

La F1 est constituée des plantes suivantes :

118 grandes à tige velue ;

121 naines à tige nue ;

112 grandes à tige nue ;

109 naines à tige velue.

→ **Question :** 2. Les gènes ségrègent-ils indépendamment ? Pourquoi ?

3. Quels sont les génotypes des individus F1?

### Exercice 15 :

Deux variétés de muflier, l'une à corolle blanche et personée et l'autre à corolle rouge à symétrie axiale ont été croisées.



Toutes les plantes F1 sont à corolle rose personée. La F2 obtenue par croisement de plantes F1 entre elles, est constituée de :

- 94 rose, personée
- 28 rose à symétrie axiale
- 39 rouge, personée
- 15 rouge à symétrie axiale
- 45 blanche, personée
- 13 blanche à symétrie axiale

→ **Question :** 1. Analysez les résultats des deux croisements.

2. Enoncez une hypothèse qui rende compte de ces observations.

3. Donnez l'interprétation chromosomique aux résultats des deux croisements.

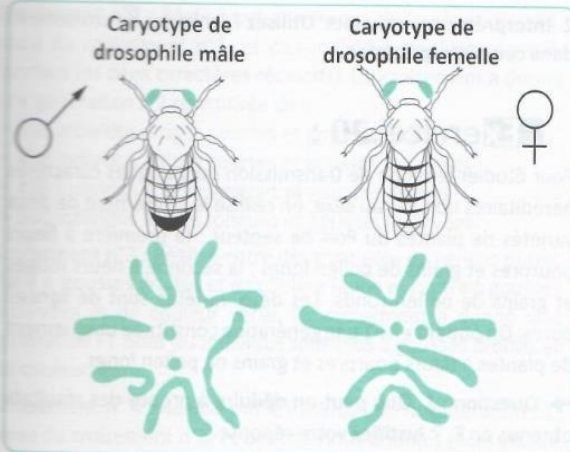
profsalmi.blogspot.com



## Exercice 16 :

La Drosophile est un insecte dont on connaît de nombreuses variétés issues de mutations. L'une d'elle se caractérise par l'absence de nervures transversales au niveau des ailes (mutation «cross veinless»). On cherche à localiser le gène impliqué dans ce phénotype.

**Document : 1** chromosomes d'une drosophile femelle (a) et mâle (b)



→ **Question :** Comparez les deux caryotypes.

**Document : 2** résultats expérimentaux :

On croise entre elles des Drosophiles qui diffèrent par le caractère «nervures des ailes». Ce phénotype est déterminé par un couple d'allèles notés cv+ et cv.

### Premier croisement :

femelle [cv+]  
homozygote  
ailes normales

mâle [cv]  
ailes sans nervures transversales



### Résultat du croisement

246 femelles [cv+]

254 mâles [cv+]



### Deuxième croisement (réciproque du premier)

femelle [cv] homozygote  
ailes sans nervures transversales

mâle [cv+] ailes normales



### Résultat du croisement

248 femelles [cv+]

252 mâles [cv]



→ **Question : 2.** Quelles sont les données que vous pouvez déduire à partir de ces deux croisements ?

**3. Donnez** l'interprétation chromosomique de ces deux croisements.

## Exercice 17 :

La Drosophile de phénotype sauvage a des yeux de couleur rouge brique. On connaît des souches mutées dont les yeux sont jaunes citron (phénotype zeste). On veut localiser le gène, appelé zeste, impliqué dans le caractère : couleur de l'œil.

**Document : 1** données génétiques, résultats de 3 croisements

Les drosophiles croisées diffèrent par le phénotype «couleur des yeux» déterminé par un couple d'allèles du gène zeste, allèles notés + et z. Le phénotype yeux rouges est noté [+]; le phénotype yeux jaune citron, est noté [z].

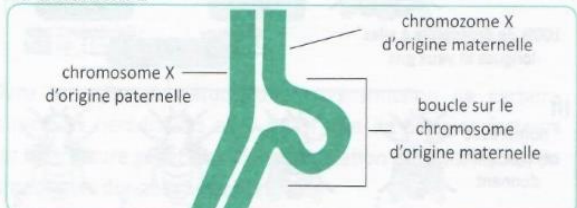
	Individus croisés	résultats du croisement :
Croisement n°1	femelle [+] homozygote mâle [z] homozygote	X 50% mâles [+] 50% femelles [+]
Croisement n°2	femelle [z] homozygote mâle [+] homozygote	X 50% mâles [z] 50% femelles [+]
Croisement n°3	mâle [+] irradié aux rayons X femelle [z] non irradiée	X 50% mâles [z] 50% femelles [+] et rares femelles [z]

→ **Question :** Quelles sont les données que vous pouvez déduire à partir des croisements 1 et 2 ?

**Document : 2** conséquences de l'irradiation

L'irradiation aux rayons X peut dans certains cas provoquer chez la drosophile des pertes de fragments de chromosomes. En cas de perte d'un fragment sur un des deux chromosomes, le chromosome ne présentant pas de perte forme une boucle dans la région où l'autre chromosome présente une perte.

■ Le schéma suivant représente une observation des deux chromosomes X d'une des rares femelles [z] du croisement n°3 du document 1



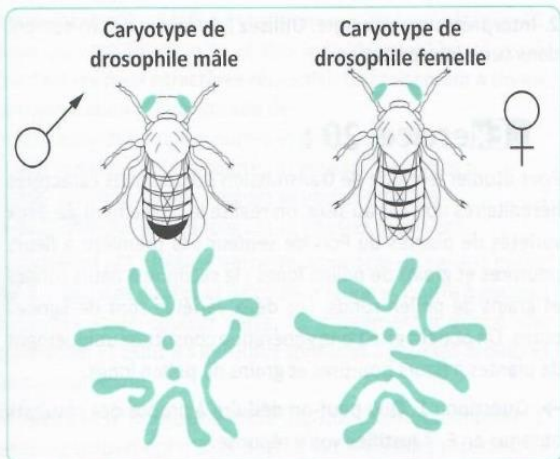
→ **Question : 2.** Par la mise en relation des informations extraites de l'analyse des documents 1, 2 et 3 montrez que l'obtention de femelles de phénotype zeste dans le croisement n°3 du document 1 plaide en faveur d'une localisation de ce gène sur la partie spécifique du chromosome X.



## Exercice 16 :

La Drosophile est un insecte dont on connaît de nombreuses variétés issues de mutations. L'une d'elle se caractérise par l'absence de nervures transversales au niveau des ailes (mutation «cross veinless»). On cherche à localiser le gène impliqué dans ce phénotype.

### Document 1 : chromosomes d'une drosophile femelle (a) et mâle (b)



→ Question : Comparez les deux caryotypes.

### Document 2 : résultats expérimentaux :

On croise entre elles des Drosophiles qui diffèrent par le caractère «nervures des ailes». Ce phénotype est déterminé par un couple d'allèles notés cv+ et cv.

Premier croisement :	
femelle [cv+] homozygote ailes normales	mâle [cv] ailes sans nervures transversales
Résultat du croisement	
246 femelles [cv+]	254 mâles [cv+]
Deuxième croisement (réciproque du premier)	
femelle [cv] homozygote ailes sans nervures transversales	mâle [cv+] ailes normales
Résultat du croisement	
248 femelles [cv+]	252 mâles [cv]

→ Question : 2. Quelles sont les données que vous pouvez déduire à partir de ces deux croisements ?

3. Donnez l'interprétation chromosomique de ces deux croisements.

## Exercice 17 :

La Drosophile de phénotype sauvage a des yeux de couleur rouge brique. On connaît des souches mutées dont les yeux sont jaunes citron (phénotype zeste). On veut localiser le gène, appelé zeste, impliqué dans le caractère : couleur de l'œil.

### Document 1 : données génétiques, résultats de 3 croisements

Les drosophiles croisées diffèrent par le phénotype «couleur des yeux» déterminé par un couple d'allèles du gène zeste, allèles notés + et z. Le phénotype yeux rouges est noté [+]; le phénotype yeux jaune citron, est noté [z].

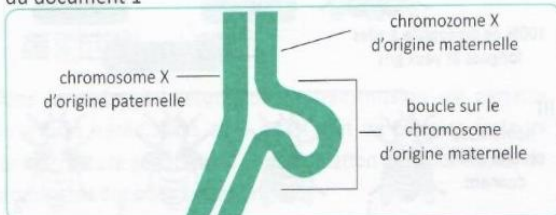
	Individus croisés	résultats du croisement :
Croisement n°1	femelle [+] homozygote X mâle [z] homozygote	50% mâles [+] 50% femelles [+]
Croisement n°2	femelle [z] homozygote X mâle [+] homozygote	50% mâles [z] 50% femelles [+]
Croisement n°3	mâle [+] irradié aux rayons X X femelle [z] non irradiée	50% mâles [z] 50% femelles [+] et rares femelles [z]

→ Question : Quelles sont les données que vous pouvez déduire à partir des croisements 1 et 2 ?

### Document 2 : conséquences de l'irradiation

L'irradiation aux rayons X peut dans certains cas provoquer chez la drosophile des pertes de fragments de chromosomes. En cas de perte d'un fragment sur un des deux chromosomes, le chromosome ne présentant pas de perte forme une boucle dans la région où l'autre chromosome présente une perte.

■ Le schéma suivant représente une observation des deux chromosomes X d'une des rares femelles [z] du croisement n°3 du document 1



→ Question : 2. Par la mise en relation des informations extraites de l'analyse des documents 1, 2 et 3 montrez que l'obtention de femelles de phénotype zeste dans le croisement n°3 du document 1 plaide en faveur d'une localisation de ce gène sur la partie spécifique du chromosome X.



## Exercice 18 :

Des généticiens croisent une lignée pure de souris à poil frisé et affecté d'une malformation des yeux avec une lignée pure de type sauvage (poil lisse, yeux normaux).

Tous les individus de la première génération F1 sont à poil frisé et œil normal.

Les individus constituant une génération F2 résultent du croisement de souris F1, présentent les phénotypes suivants :

- 42 à poil lisse et œil normal
- 41 à poil frisé et œil malformé
- 127 à poil frisé et œil normal
- 14 à poil lisse et œil malformé.

➔ **Question : 1.** Montrez que les résultats expérimentaux s'interprètent en admettant que les deux lignées ne diffèrent que par un seul gène pour chaque caractère.

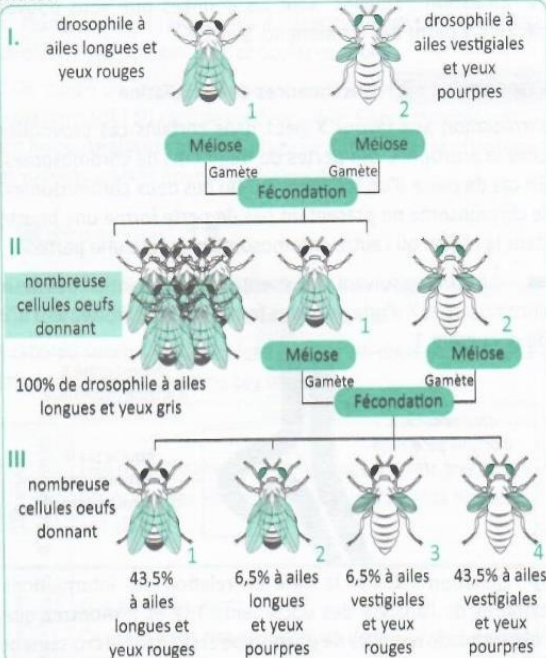
**2.** Montrez que la génération F2 traduit un brassage génétique ayant eu lieu au cours de la formation des gamètes des hybrides F1.

**3.** Schématisez un comportement des chromosomes rendant compte de ce brassage génétique.

## Exercice 19 :

On croise une drosophile femelle à ailes longues et yeux rouges (I1) avec une drosophile mâle aux ailes vestigiales et yeux pourpres (I2). Ces deux drosophiles sont de souches pures c'est-à-dire qu'elles sont homozygotes pour chacun des deux gènes considérés. Les caractères ailes longues (v+) et yeux rouges (p+) sont les caractères sauvages.

Les ailes vestigiales (v) et yeux pourpres (p) sont des caractères mutés.



Document : 1

La génération F1 représentée par les individus II1 issus de ce premier croisement est constituée de 100 % de drosophiles à ailes longues et yeux rouges.

Les individus de la génération F1 sont ensuite croisés avec des mâles II2.

Ce second croisement est un croisement test ou test-cross.

Les résultats de ce second croisement sont présentés dans le document 1.

➔ **Question : 1.** Analysez les résultats de ces deux croisements et donnez des conclusions.

**2.** Interprétez ces résultats. Utilisez l'échiquier de croisement dans cette interprétation.

## Exercice 20 :

Pour étudier le mode de transmission de quelques caractères héréditaires non liés au sexe, on réalise le croisement de deux variétés de plantes du Pois de senteur : la première à fleurs pourpres et grains de pollen longs ; la seconde à fleurs rouges et grains de pollen ronds. Les deux variétés sont de lignées pures. On obtient en F1 une génération constituée uniquement de plantes à fleurs pourpres et grains de pollen longs.

➔ **Question : 1.** Que peut-on déduire à propos des résultats obtenus en F<sub>1</sub> ? Justifiez votre réponse.

**2.** À l'aide d'un échiquier de croisement, donnez les proportions des phénotypes attendus lors du croisement des hybrides F<sub>1</sub> entre eux selon la troisième loi de Mendel (loi de la ségrégation indépendante des caractères).

Utilisez les symboles suivants :

R et r pour les allèles du gène responsable de la couleur de la fleur ;

L et l pour les allèles du gène responsable de la forme des grains de pollen.

■ Afin de mettre en évidence l'exception de la troisième loi de Mendel, on exploite les travaux de Bateson et Punnett réalisés en 1900. Ces derniers ont laissé se reproduire les hybrides de F1 entre eux. Le tableau ci-dessous représente les résultats obtenus en F2.

Phénotypes des individus	Nombre d'individus	Pourcentage des phénotypes
Fleurs pourpres et grains de pollen longs	4831	69.49%
Fleurs pourpres et grains de pollen ronds	390	5.61%
Fleurs rouges et grains de pollen longs	393	5.65%
Fleurs rouges et grains de pollen ronds	1338	19.24%

➔ **Question : 3.** Comparez ces résultats avec ceux obtenus en répondant à la question numéro 2. Que peut-on conclure à propos du mode de transmission de ces deux caractères ?

profsalmi.blogspot.com



## Exercice 21 :

Pour étudier le mode de transmission de quelques caractères héréditaires, on réalise des croisements entre des variétés de Pois (Plante angiosperme) :

**Croisement n°1 :** Réalisé entre deux variétés de lignées pures, l'une à tiges courtes et gousses droites et l'autre à tiges longues et gousses incurvées. La première génération F1 issue de ce croisement est constituée d'individus tous à tiges courtes et gousses droites.

**Croisement n°2 :** Réalisé entre individus de la génération F1, issue du croisement n°1, et des individus doubles récessifs (portant les deux caractères récessifs). Ce croisement a donné une génération F2 constituée de :

- 503 individus à tiges courtes et gousses droites ;
- 498 individus à tiges courtes et gousses incurvées ;
- 499 individus à tiges longues et gousses droites ;
- 500 individus à tiges longues et gousses incurvées.

**Croisement n°3 :** Réalisé entre deux variétés de lignées pures, l'une à gousses droites et de couleur jaune et l'autre à gousses incurvées et de couleur verte. Ce croisement a donné une génération F1 dont les individus sont tous à gousses droites et de couleur jaune.

**Croisement n°4 :** Réalisé entre individus de la génération F1, issue du croisement n°3, et des individus doubles récessifs. Ce croisement a donné une génération F2 constituée de :

- 799 individus à gousses droites et de couleur jaune ;
- 198 individus à gousses droites et de couleur verte ;
- 199 individus à gousses incurvées et de couleur jaune ;
- 804 individus à gousses incurvées et de couleur verte.

➔ **Question : 1. a. Que Déduisez-vous** des résultats du croisement n°1 et du croisement n°3 ? justifiez votre réponse.

b. A l'aide des résultats du croisement n°2 et du croisement n°4, **déduisez, en justifiant** votre réponse, comment se transmettent les caractères étudiés.

2. **Donnez** les génotypes des individus de la génération F1 issue du croisement n°1 et de la génération F1 issue du croisement n°3. Utilisez :

- L et l pour représenter la longueur de la tige.
- D et d pour représenter la forme de la gousse.
- J et j pour représenter la couleur de la gousse.

3. **Montrez** le rôle du brassage chromosomique dans la diversité génétique des gamètes produits lors du croisement n°2 et du croisement n°4.

## Exercice 22 :

Dans le cadre de l'étude de la transmission de certains caractères héréditaires chez la drosophile, et de certains facteurs intervenant dans la diversité génétique, on propose les données suivantes :

■ **Donnée 1 :** On réalise un croisement entre des femelles sans bande grise sur le thorax et aux yeux rouges et des mâles avec une bande grise sur le thorax et aux yeux bruns. La génération F1 issue de ce croisement est composée de drosophiles sans

bande grise sur le thorax et aux yeux rouges.

➔ **Question : 1- Que déduisez-vous** des résultats de ce croisement ?

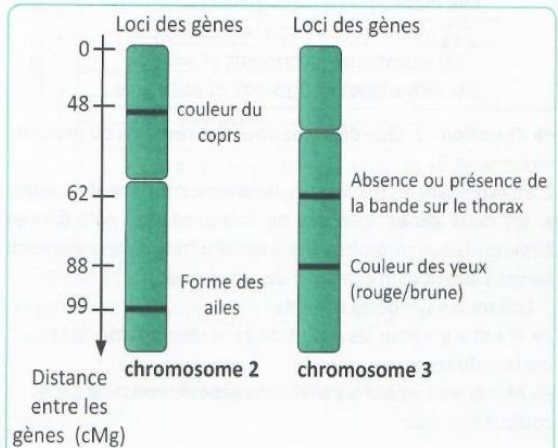
2- Sachant que les deux gènes étudiés ne sont pas liés au sexe, **donnez** les génotypes des individus de la génération F1 dans le cas où ces deux gènes seraient indépendants, et dans le cas où ils seraient liés.

Utilisez les symboles suivants :

- B et b pour les allèles du gène responsable de la présence ou l'absence d'une bande grise sur le thorax ;

- R et r pour les allèles du gène responsable de la couleur des yeux.

■ **Donnée 2 :** le document 1 présente l'emplacement relatif de quelques gènes (loci) de la drosophile, sur les chromosomes 2 et 3.



Document : 1

➔ **Question : 3-** En vous basant sur le document 1 :

a- **Donnez** le génotype à garder parmi les génotypes proposés dans la réponse à la question 2. Justifiez votre réponse.

b- Déterminez la distance qui sépare les deux gènes étudiés.

4- **Déterminez** la proportion des phénotypes attendus suite à un croisement entre des femelles de la génération F1 et des mâles doubles récessifs, en vous aidant d'un échiquier de croisement.

## Exercice 23 :

Dans le cadre de l'étude de la transmission de certains caractères héréditaires ainsi que l'effet de certains facteurs sur la structure génétique d'une population de moustiques, on propose les données suivantes :

■ On suit la transmission de deux caractères, la couleur du corps et la couleur des yeux, chez une espèce de moustique, en réalisant les deux croisements présentés dans le tableau du document 1



## Croisements

## Premier croisement :

Entre des moustiques de phénotype sauvage (corps gris et oeil prune) et des moustiques à corps noir et oeil clair.

## Deuxième croisement :

Entre des femelles de  $F_1$  et des mâles à corps noir et oeil clair.



## Résultats obtenus

## Premier croisement :

Tous les individus de la  $F_1$  sont de phénotype sauvage (corps gris et oeil prune).

## Deuxième croisement :

698 moustiques à corps gris et oeil prune  
 712 moustiques à corps noir et oeil clair  
 290 moustiques à corps gris et oeil clair  
 282 moustiques à corps noir et oeil prune

- **Question :** 1. Que déduisez-vous des résultats du premier croisement ?
2. En exploitant les résultats du deuxième croisement, montrez si les deux gènes sont liés ou indépendants, puis donnez l'interprétation chromosomique des résultats de ce croisement en vous aidant d'un échiquier de croisement.
- Utilisez les symboles suivants :
- « G » et « g » pour les allèles du gène responsable de la couleur du corps.
  - « M » et « m » pour les allèles du gène responsable de la couleur des yeux.



## Domaine 1 : Notion de l'information génétique

### → Restitution des connaissances.

#### 1. Définitions :

- a. **Cycle cellulaire** : Représente la mitose et l'interphase qui la précède.
- b. **Nucléotide** : est une molécule organique qui est l'élément de base l'ADN ou de l'ARN. Il est composé d'une base nucléique (ou base azotée), d'un pentose, d'une molécule d'acide phosphorique, et une base azoté (A ou T ou C ou G)
- c. **ADN polymérase** : est un complexe enzymatique intervenant dans la polymérisation des nucléotides au cours de la duplication de l'ADN.

#### 2. Vrai ou faux :

- A : vrai      B : faux      C : vrai      D : vrai

#### 3. Questions à choix multiples :

1. - C      2. - C      3. - C      4. - D      5. - A      6. - A

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

1. Ce cliché est pris pendant la métaphase de la mitose.  
Justification : les chromosomes sont dupliqués (avec deux chromatides) est bien condensés, et chaque chromosome à son homologue.

2.  $2n = 24$ .

#### Exercice 2 :

##### • Description :

- **La Prophase** : disparition du nucléole, apparition des chromosomes dédoublés, dédoublement du centrosome en deux entre lesquels, il y a début de l'apparition du fuseau de division.

- **La métaphase** : les chromosomes bien visibles se placent à l'équateur de la cellule et forment la plaque équatoriale (centromères sur le même plan).

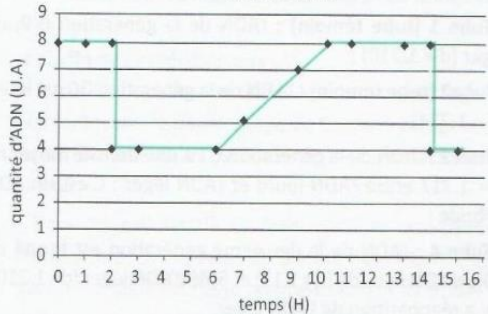
- **La télophase** : Au niveau de chaque chromosome, il y a clivage du centromère et séparation des chromatides dont chacun forme un chromosome fils qui migre vers un pôle de la cellule.

- **la télophase** : Apparition d'un lot de 4 chromosomes dans chaque pôle de la cellule mère dont le cytoplasme se sépare en deux de l'extérieur par un étranglement équatorial (cytotéière)

• **Rôle de la mitose dans la transmission** conforme de l'information génétique : L'interphase permet le dédoublement des chromosomes ce qui conduit au dédoublement de l'information génétique. La mitose répartit cette information génétique, en deux exemplaires identiques, entre les deux cellules filles. Ces deux cellules reçoivent donc la même information que la cellule mère : C'est une reproduction conforme.

#### Exercice 3 :

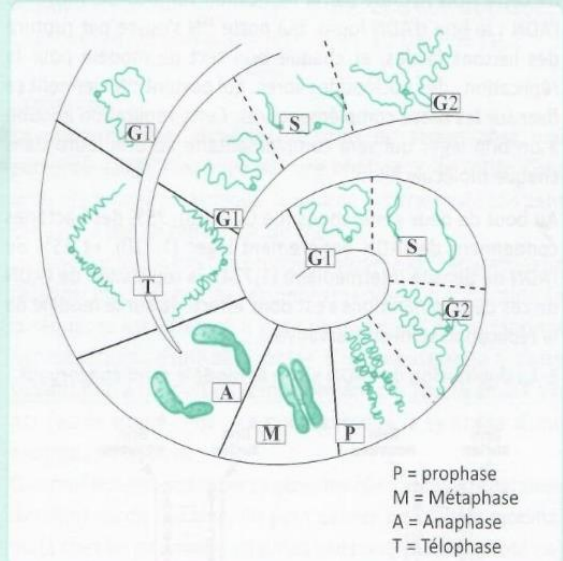
Variations du taux d'ADN dans une cellule au cours d'un cycle cellulaire



##### 1- La durée de chaque phase :

- La phase G1 : 3h 30mn
- la phase S : 4h 30mn
- la phase G2 : 3h

##### 2- Représentation des chromosomes au cours des phases du cycle cellulaire :



##### 3- Relation entre le taux d'ADN et l'évolution des chromosomes au cours du cycle cellulaire :

A la phase G1 la quantité d'ADN est égale à 4 UA, et le chromosome est sous forme d'un nucléofilament. Pendant la phase S la quantité d'ADN passe progressivement de 4 UA à 8 UA. C'est la

prof.salmi.blogspot.com.



duplication apparaissent des yeux de réplication au niveau du nucléofilament. A la phase G2 la quantité d'ADN se double (8 UA), et par conséquent le chromosome devient sous forme d'un nucléofilament dédoublé.

La mitose permet le passage d'un chromosome à deux chromatides (nucléofilament dédoublé) vers un chromosome à une seule chromatide (avec un seul nucléofilament). La quantité d'ADN repasse donc à 4 UA.

## Exercice 4 :

### 1- Description de l'expérience de Stahl et Meselson

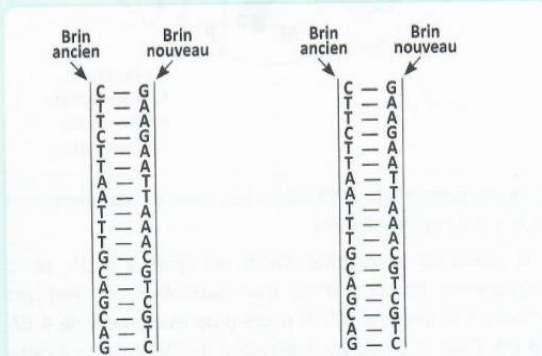
- **Tube 1 (tube témoin) :** l'ADN de la génération G<sub>0</sub> est léger ( $d = 1.710$ ) ;
- **Tube 2 (tube témoin) :** l'ADN de la génération G<sub>0</sub> est lourd ( $d = 1.724$ ) ;
- **Tube 3 :** l'ADN de la génération G<sub>1</sub> a une densité moyenne  $d = 1.717$  entre l'ADN lourd et l'ADN léger : C'est un ADN hybride ;
- **Tube 4 :** l'ADN de la deuxième génération est formé de 50% d'ADN hybride ( $d = 1.17$ ) et 50% d'ADN léger ( $d = 1.710$ ). Il y a réapparition de l'ADN léger.
- **Tube 5 :** l'ADN de la troisième génération est formé de 25% d'ADN hybride ( $d = 1.17$ ) et 75% d'ADN léger ( $d = 1.710$ ).

### 2- Interprétation des résultats de cette expérience

A la génération G<sub>1</sub> on a une seule sorte de molécules d'ADN de densité 1,717 donc intermédiaire entre celles de l'ADN lourd (1,724) et de l'ADN léger (1,710). On interprète l'apparition de cette ADN hybride par la réplication semi-conservative de l'ADN : le brin d'ADN lourd, qui porte <sup>15</sup>N s'ouvre par rupture des liaisons faibles, et chaque brin sert de modèle pour la réplication : des nucléotides libres, qui portent <sup>14</sup>N viennent se fixer sur les bases complémentaires. Cette réplication aboutie à un brin léger qui sera complémentaire au brin lourd dans chaque molécule fille.

Au bout de deux générations (de G<sub>2</sub> à G<sub>3</sub>), 75% des bactéries contiennent de l'ADN entièrement léger (1,710), et 25% de l'ADN de densité intermédiaire (1,724) : la réplication de l'ADN de ces deux générations s'est donc effectuée sur le modèle de la réplication semi-conservative.

### 3- La duplication de l'ADN selon le modèle semi-conservatif.



## Exercice 5 :

Au terme du premier cycle de réplication (en présence de BrdU), chaque molécule d'ADN produit deux molécules d'ADN contenant chacune une chaîne de la molécule initiale (nucléotide avec Thymine) et une chaîne nouvellement synthétisée contenant de la BrdU.

A la fin du deuxième cycle de réplication (en présence de BrdU), les chromosomes seront constitués :

- D'une molécule d'ADN (une chromatide) dont les deux chaînes ont incorporé de la BrdU, (faiblement colorée).
- D'une molécule d'ADN (l'autre chromatide) dont une chaîne contient des nucléotides à Thymine et l'autre de la BrdU, (fortement colorée).

Ce résultat n'est possible que si la réplication de la molécule d'ADN est semi-conservative.

A la fin du deuxième cycle de réplication (en présence de BrdU), les chromosomes seront constitués :

- D'une molécule d'ADN (une chromatide) dont les deux chaînes ont incorporé de la BrdU, (faiblement colorée).
- D'une molécule d'ADN (l'autre chromatide) dont une chaîne contient des nucléotides à Thymine et l'autre de la BrdU, (fortement colorée).

Ce résultat n'est possible que si la réplication de la molécule d'ADN est semi-conservative.

## Domaine 2 : Mécanisme de l'expression de l'information génétique: les étapes de la synthèse des protéines.

### → Restitution des connaissances.

#### 1. Définitions:

**a- Gène :** Un fragment d'ADN responsable de la synthèse d'une protéine.

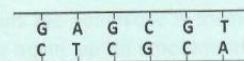
**b- Codon :** Un codon est une séquence de trois nucléotides sur un acide ribonucléique messager spécifiant un acide aminé.

**c- Code génétique :** Un système de correspondance entre la séquence des nucléotides de l'ARN messager et la séquence des acides aminés dans la protéine.

**d- Allèle :** est une version variable d'un même gène.

**e- Phénotype :** c'est l'ensemble des caractères observables d'un individu.

#### 1.2 a- schéma d'une molécule d'ADN :



#### b-allèle 1

1	2	3	4	5
C	T	G	A	T
G	A	C	T	A

#### allèle 2

1	2	3	4	5
C	T	A	A	G
G	A	T	T	C



## 2.1 :

A : faux      B : faux      C : vrai      D : vrai

## 2.2 :

A : faux      B : vrai      C : faux      D : faux

## 3 :

1. - B      2. - C      3. - C      4. - C      5. - A      6. - A

## → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

### Exercice 1 :

Chez l'individu sain :

ARNm : GCG UCG GGG AAG CUC AUG

Séquence peptidique : Ala - Ser - Gly - Lys - Leu - Met

Chez l'individu malade :

ARNm : GCG UCG GUG AAG CUC AUG

Séquence peptidique : Ala - Ser - Val - Lys - Leu - Met

La relation gène-protéine-caractère :

- mutation par substitution du deuxième nucléotide (C) du triplet numéro 23 par le nucléotide (A) au niveau de l'allèle codant pour la rhodopsine ;

- cette mutation au niveau du gène a conduit à la substitution de l'acide aminé Gly par l'acide aminé Val (en position 23) donnant naissance à une protéine modifiée ;

- la protéine modifiée est non fonctionnelle, elle est à l'origine de la maladie.

### Exercice 2 :

1. Comparaison :

- La quantité du fer absorbée au niveau intestinal chez l'individu malade est supérieure à celle absorbée chez l'individu sain.

- La quantité du fer emmagasinée dans les organes chez l'individu malade est supérieure à celle emmagasinée chez l'individu sain.

Mise en évidence de la relation protéine-caractère :

En présence d'une Hépcidine anormale, la quantité du fer absorbée au niveau intestinal et celle emmagasinée dans les organes sont très importantes ce qui est à l'origine des différents symptômes caractéristiques de la maladie.

2. Chez l'individu sain :

Séquence d'ARNm : UAU GCA CGG UCC ACC

Séquence peptidique : Tyr - Ala - Arg - Ser - Thr

Chez l'individu malade :

Séquence d'ARNm : UAU GCA UGG UCC ACC

Séquence peptidique : Tyr - Ala - Trp - Ser - Thr

Mise en évidence de la relation gène protéine :

- Mutation au niveau de l'ADN par substitution du nucléotide 1066 (G) par le nucléotide (A) → remplacement de l'acide aminé Arg par l'acide aminé Trp au niveau de la séquence peptidique → Hépcidine anormale.

### Exercice 3 :

1- Les séquences d'ARNm :

Lys - Glu - Tyr - Ile - Met

AAA GAA UAU AUU AUG

AAA GAG UAU AUU AUG

AAA GAA UAC AUU AUG

AAA GAG UAC AUU AUG

Lys - Glu - Tyr - Ile - Met

AAG GAA UAU AUU AUG

AAG GAG UAU AUU AUG

AAG GAA UAC AUU AUG

AAG GAG UAC AUU AUG

2- ARNm : AAA GAA UAU AUU AUG

Brin d'ADN transcrit : TTT CTT ATA TAA TAC

### Exercice 4 :

1- Description :

Après la fin de l'irradiation aux UV :

- Dans les cellules de l'individu atteint de xeroderma pigmentosum, le pourcentage de thymine présente à l'état de dimère dans l'ADN est 0.10% et reste constant dans cette valeur.

- Dans les cellules de l'individu sain, le pourcentage de thymine présente à l'état de dimère dans l'ADN a diminué avec le temps: il est passé progressivement de 0.10% à une valeur en dessous de 0.05% après 23h.

2- (On utilise le tableau du code génétique)

- Individu sain homozygote : ...AAA GAA GAG CAA CAG...

ARNm ...UUU CUU CUC GUU GUC...

La séquence des acides aminés ...Phe Leu Leu Val Val...

- Individu atteint de xeroderma pigmentosum :

...AAA GAA GAG AAA CAG...

ARNm ...UUU CUU CUC UUU GUC...

La séquence des acides aminés ...Phe Leu Leu Phe Val...

Explication :

La disparition des dimères au cours du temps chez une personne saine, s'explique par une réparation de l'ADN. Chez une personne xérodermique, le taux de dimères reste constant car il n'y a pas de réparation de l'ADN.

Le gène Xpc qui permet de produire l'enzyme Xpc réparatrice de l'ADN est modifié chez les personnes malades: un nucléotide de la séquence est différent. Il s'agit de mutations de nucléotides par substitution d'une base azotée C par la base azotée A. Cette substitution a conduit au remplacement de l'acide aminé Val par l'acide aminé Phe, ce qui a entraîné la synthèse d'une enzyme xpc inactive.

Comme l'enzyme codée par ce gène intervient dans la réparation des dimères de thymine, on peut penser que l'allèle modifié, muté chez les personnes atteintes code une enzyme (protéine) non fonctionnelle, qui n'accomplit plus correctement son rôle de réparation de l'ADN.

L'ADN non réparé entraîne des anomalies génétiques dans les cellules de la peau qui peuvent alors se transformer en cellules cancéreuses.



## Domaine 1 : La transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée.

### → Restitution des connaissances.

#### 1.1 Définitions:

- **Caryotype** : Le caryotype est une représentation, sous forme de photographie, de l'ensemble des chromosomes d'une cellule, classés par paire et selon la taille et la forme.

- **Le brassage intrachromosomique** : échange de fragments de chromatides et par conséquent d'allèles entre chromosomes homologues par crossing-over à la prophase de la première division de la méiose.

1.2 Chez les organismes diploïdes, la méiose permet le passage du nombre des chromosomes diploïde au nombre haploïde dans les gamètes.

Après la fécondation, la fusion des noyaux mâle et femelle, permet le rétablissement du nombre des chromosomes diploïde dans l'œuf.

Donc l'alternance de la méiose et de la fécondation permet de conserver la garniture chromosomique de l'espèce.

#### 2. Liaison :

1 : b                      2 : a                      3 : c                      4 : d

#### 3. Questions à choix multiples :

1. - B                      2. - B                      3. - B

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

**Explication** : Toutes les cellules somatiques chez l'homme proviennent de la même cellule œuf qui provient de la fécondation et qui contient une quantité d'ADN de  $6,6 \cdot 10^{12}$ g environ. Dans les gonades (organes sexuels mâles) des cellules diploïdes subissent la méiose qui réduit le nombre des chromosomes de  $2n = 46$  à  $n = 23$  d'où la quantité d'ADN dans les spermatozoïdes est divisée par deux ( $3,3 \cdot 10^{12}$  g ).

#### Exercice 2 :

- Classement : 4 → 2 → 1 → 3

- Justification :

4 : Métaphase I car les bivalents ou tétrades sont placés à l'équateur de la cellule.

2 : Anaphase I car il y a migration des chromosomes à 2 chromatides vers chaque pôle de la cellule.

1 : Métaphase II car les chromosomes sont placés à l'équateur de la cellule formant la plaque équatoriale.

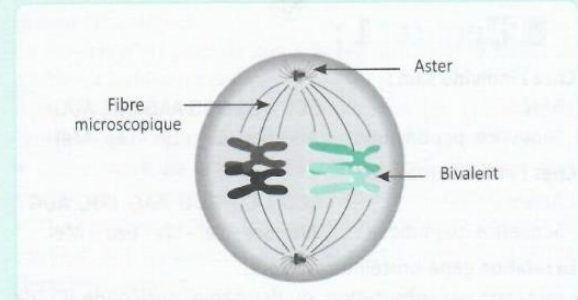
3 : Anaphase II car il y a division des centromères et migration des chromosomes fils vers chaque pôle de la cellule.

#### Exercice 3 :

1- Il s'agit d'une cellule en métaphase de la première division de la méiose (métaphase I).

-Justification : les bivalents (paires de chromosomes appariés) sont placés à l'équateur de la cellule.

2: schéma de la métaphase I avec  $2n = 4$  :



#### Exercice 4 :

1- L'étape de réplication de l'ADN avant la méiose : ABCD

- l'étape de la méiose : DEFGH

#### 2- Description :

Le dosage de la quantité d'ADN dans le noyau d'une cellule :

- Pendant la période AB la quantité d'ADN reste constante dans la valeur Q ;

- Pendant la période BC la quantité d'ADN a doublé : elle est passée progressivement de Q à 2Q ;

- Pendant la période CD la quantité d'ADN s'est stabilisée dans la valeur 2Q ;

- Pendant la période DEF la quantité d'ADN s'est divisée par 2 ; elle est revenue à la quantité Q.

#### 3- Déduction du rôle de la méiose et de la fécondation au cours de la transmission du matériel génétique :

Chez les organismes diploïdes, la méiose permet le passage du nombre des chromosomes diploïde au nombre haploïde. Donc de la quantité d'ADN 2Q à la quantité Q dans les gamètes.

Après la fécondation, la fusion des noyaux mâle et femelle, permet le rétablissement du nombre des chromosomes diploïde et la quantité d'ADN 2Q dans l'œuf.

Donc l'alternance de la méiose et de la fécondation permet de conserver la garniture chromosomique de l'espèce.



## Domaine 2 : Les lois statistiques de la transmission des caractères génétiques chez les diploïdes.

### → Restitution des connaissances.

#### 1.1 Définitions :

- **Homozygote** : se dit d'un gène qui, chez un individu, sera représenté par deux allèles (des variantes de ce gène) identiques, sur un même locus.
- **Test-cross** : c'est un croisement entre un individu qui porte le phénotype dominant et un individu qui porte le phénotype récessif. Il permet de connaître le génotype de l'individu qui porte le phénotype dominant (Homozygote ou hétérozygote).

**Dihybridisme** : Etude d'un Croisement entre deux individus différents par deux caractères.

**1.2** Les proportions 1/16 ; 3/16 ; 3/16 ; 9/16 dans un dihybridisme signifient que la ségrégation des allèles se fait d'une manière indépendante et que les 2 gènes étudiés sont portés par deux paires de chromosomes différents..

#### 1.3 La signification de la première loi de Mendel :

Dite la loi d'uniformité des hybrides de la première génération : La règle d'uniformité s'applique lorsque les deux parents (génération parentale P) se distinguent par une caractéristique pour laquelle ils sont chacun homozygotes. La première génération (hybride F1) est alors uniforme tant pour le phénotype que le génotype et tous les descendants de la première génération sont hétérozygotes.

#### 2. Questions à choix multiples :

1. - C    3. - A    5. - C    7. - A    9. - A    11. - D  
2. - D    4. - D    6. - D    8. - C    10. - C

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

1. Dans ces croisements on suit la transmission d'un seul caractère (la couleur du pelage) : c'est un cas de monohybridisme.

Le premier croisement entre deux souris qui portent les caractères oppositifs (hybridation) a donné une génération F1 homogène. La première loi de Mendel est réalisée (loi de l'uniformité des hybrides) et les parents sont de race pure.

Les individus de la génération F1 sont de couleur grise. Donc l'allèle responsable de la couleur grise et dominant (G) et l'allèle responsable de la couleur blanche et récessif (b).

Le deuxième croisement entre les hybrides (autofécondation) a donné 75% ( $198/198+72 \times 100 = 73,3\%$ ) de souris grises et 25% ( $72/198+72 \times 100 = 26,6\%$ ). Le caractère récessif pelage blanc a réapparaît dans la génération F2. La deuxième loi de Mendel (la loi de pureté des gamètes ou de ségrégation des caractères dans la génération F2) est réalisée : les allèles associés à la première génération se disjoignent à la seconde génération.

#### 2. Interprétation des résultats des croisements :

Les parents : souris à pelage gris  $\times$  souris à pelage blanc

Phénotypes : [G] [b]  
Génotype : G//G b//b  
↓ ↓  
Les gamètes : 100% G/ 100% b/  
↓ ↓  
**La génération F1 :** 100% G//b [G]

Deuxième croisement : F1  $\times$  F1  
Phénotypes : [G] [G]  
Génotype : G//b G//b  
↓ ↓ ↓ ↓  
Les gamètes : 50% G/ 50% b/ 50% G/ 50% b/

#### La génération F2 :

♀ \ ♂	½ G/	½ b/
½ G/	¼ G//G [G]	¼ G//b [G]
½ b/	¼ G//b [G]	¼ b//b [b]

On obtient ¾ [G] et ¼ [b] : ces résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

#### Troisième croisement entre deux souris blanches :

Phénotypes : [b] [b]  
Génotype : b//b b//b  
↓ ↓  
Les gamètes : 100% b/ 100% b/  
↓ ↓  
100% b//b [b]

#### Troisième croisement entre deux souris grise :

Il y a trois possibilités :

- Si les souris grises sont homozygotes (G//G), on obtient 100% de souris grises :

Phénotypes : [G] [G]  
Génotype : G//G G//G  
↓ ↓  
Les gamètes : 100% G/ 100% G/  
↓ ↓  
100% G//G [G]

- Si on a une souris grise homozygote (G//G), et une autre hétérozygote on obtient 100% de souris grises :

Phénotypes : [G] [G]  
Génotype : G//G G//g  
↓ ↓ ↓ ↓  
Les gamètes : 100% G/ 50% G/ 50% g/



Echiquier du croisement :

♀ \ ♂	½ G/	½ b/
100% G/	½ G//G [G]	½ G//b [G]

On obtient 100% [G]

- Si les deux souris grises sont hétérozygotes on obtient ¾ [G] (162/162+57 × 100 = 74%) et ¼ [b] (57/162+57 × 100 = 26%) :

Phénotypes : [G] × [G]  
Génotype : G//b × G//b  
Les gamètes : 50% G/ 50% b/ 50% G/ 50% b/  
Echiquier du croisement :

♀ \ ♂	½ G/	½ b/
½ G/	¼ G//G [G]	¼ G//b [G]
½ b/	¼ G//G [G]	¼ b//b [b]

2.

1ère alternative :

Le croisement entre une souris grise, dont le génotype est inconnu, avec une souris blanche (b//b) a donné 100% de souris à pelage gris. On peut déduire que les souris grises sont homozygotes (G//G).

Les parent : souris à pelage gris × souris à pelage blanc  
Phénotypes : [G] [b]  
Génotype : G//G b//b  
Les gamètes : 100% G/ 100% b/  
Les descendants : 100% G//b [G]

2ème alternative :

Le croisement entre une souris grise, dont le génotype est inconnu, avec une souris blanche (b//b) a donné 50% de souris à pelage gris et 50% de souris à pelage blanche. On peut déduire que les souris grises sont homozygotes (G//g).

Les parent : souris à pelage gris × souris à pelage blanc  
Phénotypes : [G] [b]  
Génotype : G//g b//b  
Les gamètes : 50% G/ 50% g/ 100% b/  
Echiquier du croisement :

♀ \ ♂	½ G/	½ b/
100% g/	½ G//g [G]	½ b//b [G]

## Exercice 2 :

On suit la transmission d'un seul gène (monohybridisme).

Le croisement entre les deux souches pures donne une génération F1 homogène (uniformité des hybrides) de phénotype intermédiaire : on dit qu'il y a semi-dominance ou codominance.

ProfSalmi

On représente l'allèle responsable de la coloration rose par R est allèle responsable de l'absence de pigmentation par B.

Les résultats statistiques ¼ + ½ + ¼ s'expliquent par la ségrégation des deux allèles R et B, réunis en F1, au cours de la formation des gamètes (pureté des gamètes). Leur union aléatoire conduiraient, selon le tableau classique de la ségrégation mendélienne pour un couple d'allèles aux résultats suivants : 1/4 de R//R + 1/2 de R//B + 1/4 de B//B, soit 1/4 de fleurs roses + 1/2 de fleurs pâles + 1/4 de fleurs blanches

### → Explication :

Les parents : fleurs roses × fleurs blanches  
Phénotypes : [R] [B]  
Génotype : R//R B//B  
Les gamètes : 100% R/ 100% B/

La génération F1 : 100% R//B [RB] fleurs pâles  
Deuxième croisement : F1 × F1  
Phénotypes : [RB] [RB]  
Génotype : R//B R//B  
Les gamètes : 50% R/ 50% B/ 50% R/ 50% B/  
Echiquier du croisement :

♀ \ ♂	½ R/	½ B/
½ R/	¼ R//R [R]	¼ R//B [RB]
½ B/	¼ R//B [RB]	¼ B//B [B]

On obtient ¼ [R] , ½ [RB] et ¼ [B] : ces résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 3 :

1- On a croisé deux chiens à poils courts, on a obtenu des chiots à poils courts et un chiot à poils long. On déduit que les parents possèdent l'allèle responsable des poils longs à l'état récessif. Donc les parents sont hétérozygotes, et :

- L'allèle responsable des poils courts est dominant : C
- L'allèle responsable des poils longs est récessif : l

2- Le chien de la génération F1 à poils courts peut être homozygotes C//C ou hétérozygotes C//l

- 1er cas : [C] C//C × [l] l//l → 100% C//l [C]

- 2ème cas :

Parents : [C] C//l × [l] l//l  
Gamètes : 50% C/ 100% l/  
50% l/

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	C/ 50%	l/ 50%
l/ 100%	C//l [C] 50%	l//l [l] 50%

Ce type de croisement est appelé test (test-cross)



## Exercice 4 :

Il s'agit d'un cas de monohybridisme (Transmission du caractère « couleur des cotylédons » chez le soja) avec un gène létal : l'allèle responsable de la coloration jaune dans le cas homozygote  $C^G C^G$  est létal. La coloration vert clair est due à l'expression d'un seul allèle  $C^G$ . L'allèle  $C^Y$  ne permet pas la synthèse de la chlorophylle.

### Interprétation chromosomique :

Parents :  $[G] \times [GY]$

Génotypes :  $C^G C^G \quad C^G C^Y$

Gamètes :  $100\% C^G \quad 50\% C^G, 50\% C^Y$

La génération F1 : Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	$C^G \quad 50\%$	$C^Y \quad 50\%$
$C^G$	$C^G C^G [G] \quad 50\%$	$C^G C^Y [G^Y] \quad 50\%$

La génération F2 : croisement aléatoire des individus F1 entre eux.

•  $[G] C^G C^G \times [G] G//G \rightarrow 100\% [G] CG CG$

•  $[G] C^G C^G \times C^G C^Y [G^Y]$

♀ \ ♂	$C^G \quad 50\%$	$C^Y \quad 50\%$
$C^G$	$C^G C^G [G] \quad 50\%$	$C^G C^Y [G^Y] \quad 50\%$

•  $[G^Y] C^G C^Y \times C^G C^Y [G^Y]$

♀ \ ♂	$C^G \quad 50\%$	$C^Y \quad 50\%$
$C^G$	$C^G C^G [G] \quad 25\%$	$C^G C^Y [G^Y] \quad 25\%$
$C^Y$	$C^G C^Y [G^Y] \quad 25\%$	$C^Y C^Y \quad 25\%$

•  $[G] : 25/75 = 1/3 \quad [G^Y] : 50/75 = 2/3$

## Exercice 5 :

1. Puisque les deux parents ont donné naissance à un veau amputé, ils sont donc tous les deux hétérozygotes ( $A/a$ ). La probabilité pour produire un autre veau amputé est de  $\frac{1}{4}$  (25%).

### Explication :

Génotype des parents :  $A/a \times A/a$

$\swarrow \quad \searrow \quad \swarrow \quad \searrow$

Les gamètes :  $50\% A/ \quad 50\% a/ \quad 50\% A/ \quad 50\% a/$

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	$A/ \quad 50\%$	$a/ \quad 50\%$
$A/ \quad 50\%$	$A/A [A] \quad 25\%$	$A/a [A] \quad 25\%$
$a/ \quad 50\%$	$A/a [A] \quad 25\%$	$a/a [a] \quad 25\%$

2. La probabilité pour produire deux veaux amputés est :  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

3. Parents :

Génotype :  $A/a \times A/a$

$\swarrow \quad \searrow \quad \downarrow$

Les gamètes :  $50\% A/ \quad 50\% a/ \quad 100\% A/$

Génération F1 : Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	$A/ \quad 50\%$	$a/ \quad 50\%$
$A/ \quad 50\%$	$A/A [A] \quad 50\%$	$A/a [A] \quad 50\%$

Génération F2 :

Il y a 3 alternatives possibles. Ces alternatives sont équiprobables : leur probabilité est  $\frac{1}{3}$  ;

La probabilité des génotypes et de phénotypes :

• 1<sup>ère</sup> alternative :  $[A] A//A \times A//A [A]$

$\rightarrow A//A (100\% \times \frac{1}{3})$  et  $[A] (100\% \times \frac{1}{3})$  ;

• 2<sup>ème</sup> alternative :  $[A] A//A \times A/a [A]$

$\rightarrow A//A (50\% \times \frac{1}{3}) ; A/a (50\% \times \frac{1}{3})$  et  $[A] (100\% \times \frac{1}{3})$  ;

• 3<sup>ème</sup> alternative :  $[A] A/a \times A/a [A]$

$\rightarrow A/a (2/3 \times \frac{1}{3}) ; A//A (1/3 \times \frac{1}{3})$  et  $[A] (100\% \times \frac{1}{3})$  ;

$a/a$  n'est pas considérée car il est létal.

Donc :

- la proportion de  $[A]$  est :

$$100\% \times \frac{1}{3} + 100\% \times \frac{1}{3} + 100\% \times \frac{1}{3} = 100\%$$

- la proportion de  $A//A$  est :

$$100\% \times \frac{1}{3} + 50\% \times \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = 61,11\%$$

- la proportion de  $A/a$  est :

$$50\% \times \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \times \frac{1}{3} = 38,88\%$$

## Exercice 6 :

En croisant le plant A à grains jaunes et lisses avec un plant à grains verts et ridés, on a obtenu 100% de plants à grains jaunes et lisses. On déduit que :

- la première loi de Mendel est réalisée et que les parents sont de race pure ;

- Il y a dominance de l'allèle responsable de la couleur jaune J sur l'allèle responsable de la couleur verte j, et dominance de l'allèle responsable de la forme lisse L sur l'allèle responsable de la forme ridée r.

- Le plant A est homozygote pour les deux caractères, son génotype est :  $J//J ; L//L$ .

Pour le plant B, en le croisant avec un plant à grains verts et ridés (double récessif), on a obtenu 50% de plants à gains jaunes lisses et 50% de plants à grains verts lisses, donc ce plant est hétérozygote pour le caractère (couleur) et homozygote pour le caractère (forme). Son génotype est :  $J//j ; L//L$ .

Pour le plant C en le croisant avec un plant à grains verts et ridés, on a obtenu 4 phénotypes chacun avec une proportion de 25%, donc ce plant est hétérozygote pour les deux caractères. Son génotype est :  $J//j ; L//r$ .

## Exercice 7 :

Pour le caractère « longueur de l'aile », le croisement de drosophiles à ailes normales avec des drosophiles à ailes vestigiales de lignées pures a donné uniquement des drosophiles à ailes normales. Les individus de la première génération F1 sont homogènes donc la première loi de Mendel a été réalisée. Le gène responsable de ce caractère est porté par un autosôme.



- L'allèle responsable des ailes normales est dominant :  $Vg^+$   
 - L'allèle responsable des ailes vestigiales est récessif :  $Vg$   
 Pour le caractère « couleur de l'œil », le croisement de drosophiles mâles aux yeux rouges avec des drosophiles femelles aux yeux blancs de lignées pures a donné 50% de mâles aux yeux blancs et 50% de femelles aux yeux rouges. Les individus de la première génération F1 sont hétérogènes. Donc la première loi de Mendel n'a pas été réalisée. Le gène responsable de ce caractère est porté par un chromosome sexuel (gonosome) et puisque les mâles de la génération F1 ont hérité l'allèle de leur mère, donc le gène est porté par le chromosome X.

Les femelles de la génération F1 ont hérité le chromosome X porteur de l'allèle, responsable de la couleur blanche, de leur mère et le chromosome X, porteur de l'allèle responsable de la couleur rouge, de leur père et elles ont eu les yeux rouges donc :

- L'allèle responsable de la couleur rouge des yeux est dominant :  $R$
- L'allèle responsable de la couleur blanc des yeux est récessif :  $r$

Puisque un gène est porté par un autosome et l'autre est lié au sexe, donc les 2 gènes sont sûrement indépendants.

Interprétation chromosomique :

Parents : ♀  $[b, Vg^+]$  x ♂  $[R, Vg]$   
 Génotypes :  $Xb Xb ; vg^+ / vg^+$  x  $XRY ; vg / vg$   
 Gamètes : 100%  $Xb vg^+$  , 50%  $XR vg /$  , 50%  $Y vg /$   
 Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	50% $XR vg /$	50% $Y vg /$
100% $Xb vg^+ /$	$XR Xb vg^+ / vg$ ♀ $[R, Vg^+]$ 50%	$Xb Y vg^+ / vg$ ♂ $[b, Vg^+]$ 50%

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 8 :

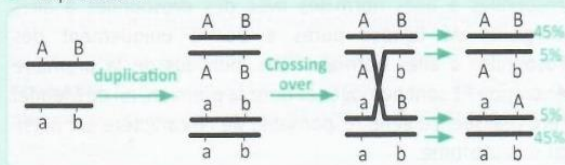
1- Le croisement effectué est un test-cross dans le cas d'un dihybridisme. Il s'agit d'un croisement d'un double dominant avec un double récessif. On a obtenu 4 phénotypes différents et on remarque que le pourcentage des phénotypes parentaux (90%) est très supérieur au pourcentage des phénotypes recombinés (10%).

Hypothèse 1 : Elle est fausse car si les 2 gènes étaient indépendants les 4 phénotypes obtenu seraient équiprobables de pourcentage 25% chacun.

Hypothèse 2 : Puisque le pourcentage des phénotypes parentaux (90%) est très supérieur aux pourcentages des phénotypes recombinés (10%), donc les gènes sont liés.

2- Les génotypes des parents :  $[AB] : AB / ab$  ;  $[ab] : ab / ab$

3- Explication:



## Exercice 9 :

1- Les individus de la première génération F1 portent tous le phénotype sauvage, ils sont donc homogènes. La première loi de Mendel est réalisée, les parents sont donc de races pures.

- L'allèle sauvage responsable du corps normale est dominant :  $N$
- L'allèle sauvage responsable des soies normales est dominant :  $C$
- L'allèle muté responsable du corps noir est récessif :  $n$
- L'allèle muté responsable des soies courtes est récessif :  $c$

A la deuxième génération F2 lorsqu'on a croisé un mâle de la première génération F1 avec une femelle à soies courtes et corps noir (double récessif), on a obtenu uniquement des individus qui portent les phénotypes parentaux. Donc les 2 gènes sont liés.

- A la deuxième génération F'2, lorsqu'on a croisé une femelle de la première génération F1 avec un mâle à soies courtes et corps noir (double récessif), on a obtenu 4 phénotypes : deux types parentaux et deux types recombinés avec les proportions suivantes :

$$[NC] : 439/970 \times 100 = 45,25\%$$

$$[nc] : 411/970 \times 100 = 42,39\%$$

$$[Nc] : 58/970 \times 100 = 5,97\%$$

$$[nC] : 62/970 \times 100 = 6,39\%$$

Interprétation chromosomique :

Parents : ♀  $[NC]$  x ♂  $[nc]$   
 Génotypes :  $NC / NC$  x  $nc / nc$   
 Gamètes : 100%  $NC /$  , 100%  $nc /$   
 F1 : 100%  $NC / nc [NC]$

F2 : ♂ F1 x ♀  $[nc]$   
 Génotypes :  $NC / nc$  x  $nc / nc$   
 Gamètes : 50%  $NC /$  , 50%  $nc /$  , 100%  $nc /$

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	$NC /$ 50%	$nc /$ 50%
$nc /$ 100%	$NC / nc$ 50%	$Nc / nc$ 50%

F'2 : ♀ F1 x ♂  $[nc]$   
 Génotypes :  $NC / nc$  x  $nc / nc$   
 Gamètes : 45,25%  $NC /$  , 5,95%  $Nc /$  , 6,39%  $nC /$  , 42,39%  $nc /$

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	$NC / 45,25\%$	$Nc / 5,95\%$	$nC / 6,39\%$	$nc / 42,39\%$
$nc /$ 100%	$NC / nc$ 45,25% [NC] 45,25%	$Nc / nc$ 5,95% [Nc] 5,95%	$nC / nc$ 6,39% [nC] 6,39%	$Nc / nc$ 42,39% [nc] 42,39%



## Exercice 10 :

A la première génération F1, on a obtenu uniquement des plantes à fleurs violettes et à pétales découpés. On déduit :

- les individus de la première génération F1 sont homogènes :
- la première loi de Mendel est réalisée. Donc les parents sont de lignées pures.

- l'allèle responsable des pétales découpés est dominant : D
- l'allèle responsable des pétales entiers est récessif : e
- Entre l'allèle responsable de la couleur rouge (R) et celui responsable de la couleur bleue (B), il y a codominance.

A la deuxième génération F2, obtenu à partir d'un test-cross on a obtenu 4 phénotypes : 2 phénotypes de types parentaux, et 2 phénotypes de types recombinés avec les proportions suivantes :

$$[R, e] : 194/401 \times 100 = 48.37\%$$

$$[RB, D] : 190/401 \times 100 = 47.38\%$$

$$[R, D] : 8/401 \times 100 = 2\%$$

$$[RB, e] : 9/401 \times 100 = 2.25\%$$

Le pourcentage des types parentaux (95.75%) est très supérieur à celui des types recombinés (4.25%). Donc les 2 gènes étudiés sont liés (linkage relatif). Les types recombinés sont obtenus par un crossing-over entre les gènes.

Interprétation chromosomique :

Parents : [R e] X [B D]

Génotypes : Re//Re BD//BD

Gamètes : 100% Re/ 100% BD/

F1 : 100% BD//Re [RB, D]

F2 : [RB, D] F1 X [R e]

Génotypes : BD//Re X Re//Re

Gamètes : 47.38% BD/ 100% Re/  
48.37% Re/  
2.25% Be/  
2% RD/

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	BD/ 47,38%	Re/ 48,37%	Be/ 2,25%	RD/ 2%
Re/ 100%	BD//Re [RBD] 47,38%	Re//Re [Re] 48,37%	Be//Re [RB e] 2,25%	RD//Re [RD] 2%

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 11 :

1- Le croisement du document 2 est un croisement test qui a été utilisé expérimentalement par Morgan pour déterminer la distance entre les gènes et établir la carte factorielle.

2- Interprétation chromosomique :

La distance entre le gène responsable de la couleur du thorax (sr+/sr) chez la drosophile et le gène responsable de la couleur

des yeux (ma+/ma), est :  $50 - 35 = 15\text{cM}$ . Donc le pourcentage des types recombinés = 15% et le pourcentage des types parentaux = 85%.

Parents : sr+ ma+//sr ma X sr ma//sr ma

Gamètes : sr+ ma+ : 42.5%  
Sr+ ma/ : 7.5%  
Sr ma+ : 7.5%  
Sr ma/ : 42.5%

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	sr+ ma+ 42.5%	Sr+ ma/ 7.5%	Sr ma+ 7.5%	Sr ma/ 42.5%
sr ma/100%	Sr+ ma+//sr ma [sr+ ma+] 42.5%	Sr+ ma//sr ma [sr+ ma] 7.5%	Sr ma+//sr ma [sr ma+] 7.5%	Sr ma//sr ma [sr ma] 42.5%

- Le nombre d'individus :

$$\bullet [sr+ ma+] = 1000 \times 42.5/100 = 425 \quad \bullet [sr+ ma] = 75$$

$$\bullet [sr ma] = 425 \quad \bullet [sr ma+] = 75$$

## Exercice 12 :

1. Génotypes des différents phénotypes de chiens.

On rappelle que les deux gènes impliqués sont indépendants. Chiens de phénotype [Noir] : comme les allèles E et B sont dominants, le génotype doit posséder au moins un allèle E, responsable de la synthèse des pigments et au moins un allèle B, codant pour la synthèse du pigment noir. Il existe donc 4 génotypes différents pour ce phénotype :

$$(E/E ; B/B) \quad (E/e ; B/B)$$

$$(E/E ; b/b) \quad (E/e ; b/b)$$

Chiens de phénotype [Chocolat] : comme les allèles E et B sont dominants, le génotype doit posséder au moins un allèle E, responsable de la synthèse des pigments mais deux allèles récessifs b, à l'origine du pelage chocolat. Il existe 2 génotypes différents pour ce phénotype :

$$(E/E ; b/b) \quad (E/e ; b/b)$$

Chiens de phénotype [Sable] : ce phénotype apparaît en absence de synthèse de pigment, donc en absence d'allèle dominant E. Il existe donc 3 génotypes différents pour ce phénotype :

$$(e/e ; B/B) \quad (e/e ; B/b)$$

$$(e/e ; b/b)$$

2. Etude d'un croisement

Le croisement entre un mâle sable et une femelle chocolat aboutit aux 3 phénotypes de chiens avec 50 % de [sable], 25 % de [noir] et 25 % de [chocolat].

Pour aboutir à des chiens sables (qui sont tous de génotype homozygote e/e), il faut que chaque parent apporte au moins un allèle e. La femelle chocolat a donc obligatoirement pour génotype (E/e ; b/b).

Pour aboutir à des chiens chocolat (qui sont tous de génotype b/b), il faut donc que chaque parent apporte au moins un allèle b. Pour aboutir à des chiens noirs (dont le génotype possède au moins un allèle B), il faut que l'un des parents



apporte un allèle B. Or la femelle chocolat est homozygote b/b. Donc c'est le mâle sable qui possède un allèle B. Ce mâle apporte donc au moins un allèle b et un allèle B. Le génotype du mâle est donc (e/e ; B/b).

Vérifications avec un échiquier que les génotypes déterminés sont corrects.

♀ femelle [chocolat] \ ♂ mâle [sable]	(e ; B) 50 %	(e ; b) 50 %
(E ; b) 50 %	(e/E ; B/b) [noir] 25 %	(e/E ; b/b) [chocolat] 25 %
(e ; b) 50 %	(e/e ; B/b) [sable] 25 %	(e/e ; b/b) [sable] 25 %

Les résultats sont corrects car cohérents avec les données fournies.

## Exercice 13 :

### 1-Déductions :

- Il s'agit d'un dihybridisme
- A la première génération F1, on a obtenu uniquement des moustiques de type sauvage (homogène), la première loi de Mendel a été réalisée. Donc les parents sont de lignées pures.

- . L'allèle responsable du corps gris est dominant : G
- . L'allèle responsable du corps noir est récessif : n
- . L'allèle responsable des yeux bruns est dominant : B
- . L'allèle responsable des yeux clairs est récessif : c

- A la deuxième génération F2, obtenue après un test-cross entre les individus de la génération F1 et les individus double récessif, on a obtenu 4 phénotypes : 2 types parentaux et deux types récessifs.

- Le pourcentage des types parentaux (68.1%) est très supérieur au pourcentage des types recombinés (31.9%). Donc les 2 gènes sont liés.

### 2-Interprétation chromosomique :

Parents : [G B] X [n c]  
 Génotypes : GB//GB nc//nc  
 Gamètes : 100% GB/ 100% nc/  
 F1 : 100% GB//nc [GB]  
 F2 : [GB] F1 X [nc]  
 Génotypes : GB//nc X nc//nc  
 Gamètes : 32.2% GB/ 100% nc/  
 15.6% Gc/  
 16.3% nB/  
 35.9% nc/

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	GB/ 32.2%	Gc/ 15.6%	nB/ 16.3%	nc/ 35.9%
nc/ 100%	GB//nc [G,B] 32,2%	Gc//nc [G,c] 15,6%	nB//nc [n,B] 16,3%	nc//nc [n,b] 35,9%

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 14 :

1. Ce type de croisement s'appelle : un test-cross.
2. La génération F1 comprend 4 phénotypes avec les proportions suivantes :

$$[D,H] : 118/460 \times 100 = 25.65\%$$

$$[d,h] : 121/460 \times 100 = 26.30\%$$

$$[D,h] : 112/460 \times 100 = 24.34\%$$

$$[d,H] : 109/460 \times 100 = 23.69\%$$

Le pourcentage des types parentaux est égal au pourcentage des types recombinés. Donc les deux gènes ségrègent indépendamment.

### 3.

Parents : [D,H] X [d,h]  
 Génotypes : D//d H//h d//d h//h  
 Gamètes : D/H/ : 25% 100% d/h/  
 D/ h/ : 25%  
 d/ H/ : 25%  
 d/H/ : 25%

Individus de la génération F1 :

♀ \ ♂	D/H/ 25%	D/h/ 25%	d/H/ 25%	d/h/ 25%
d/h/ 100%	D//d H//h 25%	D//d h//h 25%	d//d H//h 25%	d//d h//h 25%

## Exercice 15 :

1-A la première génération F1, on a obtenu uniquement des plantes à corolle rose personée. On déduit que :

- Les individus de la première génération F1 sont homogènes, donc les parents sont de lignées pures.
- L'allèle responsable de corolle personée est dominant : P
- L'allèle responsable de corolle à symétrie axiale est récessif : s

- Entre l'allèle responsable de la couleur rouge (R) et l'allèle responsable de la couleur blanche (B), il y a codominance.

La F2 obtenue par croisement de plantes F1 entre elles est constituée de 6 phénotypes avec les proportions suivantes :

$$[RB,P] : 94/234 \times 100 = 40.17\% (3/8)$$

$$[R,P] : 39/234 \times 100 = 16.66\% (3/16)$$

$$[B,P] : 45/234 \times 100 = 19.23\% (3/16)$$

$$[RB,s] : 28/234 \times 100 = 11.96\% (1/8)$$

$$[R,s] : 15/234 \times 100 = 6.41\% (1/16)$$

$$[B,s] : 13/234 \times 100 = 5.55\% (1/16)$$

On a obtenu les proportions 3/8, 3/16, 3/16, 1/8, 1/16, 1/16

1- **Hypothèse** : Il s'agit de la transmission de deux gènes indépendants avec un couple d'allèles dont l'un avec dominance et l'autre avec codominance.

Interprétation chromosomique :

Parents : [B,P] X [R,s]  
 Génotypes : B//B P//P R//R s//s  
 Gamètes : 100% B/P/ 100% R/s/  
 F1 : 100% B//R P//s [RB,P]



F2 : F1 X F1

↓ ↓

B//R P//s B//R P//s

Gamètes : B/P : 25% B/P : 25%

B/s : 25% B/s : 25%

R/P : 25% R/P : 25%

R/s : 25% R/s : 25%

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	B/P 25%	B/s 25%	R/P 25%	R/s 25%
B/P 25%	B//B P//P [B,P] 6.25%	B//B P//s [B,P] 6.25%	B//R P//P [RB,P] 6.25%	B//R P//s [RB,s] 6.25%
B/s 25%	B//B P//s [B,P] 6.25%	B//B s//s [B,s] 6.25%	B//R P//s [RB,P] 6.25%	B//R s//s [RB,s] 6.25%
R/P 25%	B//R P//P [RB,P] 6.25%	B//R P//s [RB,P] 6.25%	R//R P//P [R,P] 6.25%	R//R P//s [R,P] 6.25%
R/s 25%	B//R P//s [RB,P] 6.25%	B//R s//s [RB,s] 6.25%	R//R P//s [R,P] 6.25%	R//R s//s [R,s] 6.25%

- [RB,P] :  $6.25 \times 6 = 37.5\%$  (3/8)
- [RB,s] :  $6.25 \times 2 = 12.5\%$  (1/8)
- [B,P] :  $6.25 \times 3 = 18.75\%$  (3/16)
- [B,s] :  $6.25 \times 1 = 6.25\%$  (1/16)
- [R,P] :  $6.25 \times 6 = 18.75\%$  (3/16)
- [R,s] :  $6.25 \times 1 = 6.26\%$  (1/16)

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux, donc l'hypothèse est vérifiée.

## Exercice 16 :

1. Chez le mâle et la femelle de la drosophile il y a 4 paires de chromosomes ( $2n=8$ ) : 3 paires de chromosomes homologues (autosomes), semblables chez le mâle et la femelle, et une paire de chromosomes constituée de deux chromosomes homologues XX chez la femelle et de deux chromosomes différents XY (hétérochromosomes) chez le mâle. XX et XY sont les chromosomes sexuels ou gonosomes.

2. Dans le premier croisement, on a croisé une femelle [cv+] et un mâle [cv], on a obtenu 100% mâles et femelles [cv+]. On déduit que cv+ est dominant et que l'allèle cv est récessif.

Le croisement inverse a donné des résultats différents. Donc le gène étudié est lié au sexe.

Puisque les mâles ont hérité l'allèle de leur mère, donc le gène est porté par le chromosome X.

### 3. Interprétation chromosomique :

#### - Premier croisement :

Parents : ♀ [cv+] X ♂ [cv]

Génotypes : Xcv+ XcvY

↓ ↙ ↘

Gamètes : 100% Xcv+ 50% Xcv 50% Y

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	Xcv 50%	Y 50%
Xcv+	Xcv+ Xcv [cv+] ♀ 50%	Xcv+ Y [cv+] ♂ 50%

#### - Deuxième croisement :

Parents : ♀ [cv+] X ♂ [cv]

Génotypes : XcvXcv Xcv+Y

↓ ↙ ↘

Gamètes : 100% Xcv 50% Xcv+ 50% Y

Echiquier de croisement :

♀ \ ♂	Xcv+ 50%	Y 50%
Xcv	Xcv+ Xcv [cv+] ♀ 50%	Xcv Y [cv] ♂ 50%

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 17 :

1- Dans le premier croisement, les parents sont de lignées pures et les individus obtenus portent tous le phénotype « Yeux rouges » [+].

- l'allèle responsable des yeux « rouges » est dominant : +  
- l'allèle responsable des yeux « jaunes citron » est récessif : z  
Le premier et le deuxième croisement (croisements inverses) ont donné deux résultats différents. Donc le gène étudié est porté par un chromosome sexuel.

Puisque les mâles héritent le chromosome de leur mère, donc le gène est porté par le chromosome X.

### 2- D'après l'analyse précédente on déduit que :

- le mâle normal a le génotype : X+Y
- le mâle zeste a le génotype : XzY
- la femelle normale a le génotype : X+X+ ou X+Xz
- la femelle zeste a le génotype : XzXz

Dans le croisement 3, on a croisé un mâle [+] irradié et une femelle [z] non irradiée. On a obtenu 50% mâles [z] et 50% femelles [+] qui sont hétérozygotes (X+Xz) ; en plus de rares femelles [z]. Ceci s'explique par le fait que la partie du chromosome X qui porte l'allèle + du père a été perdu par l'irradiation et que le chromosome d'origine maternelle a fait une boucle et l'allèle z porté par ce chromosome s'est exprimé. Donc les femelles de phénotype zeste du croisement n°3 du document 1 montre que ce gène est localisé sur X, sur la partie qui n'a pas d'équivalent sur Y.

## Exercice 18 :

1- A la première génération F1 on a obtenu uniquement des souris à poils frisés et œil normal donc :

- l'allèle responsable des poils frisés est dominant : F
- l'allèle responsable des poils lisses est récessif : l
- l'allèle responsable des yeux normaux est dominant : N
- l'allèle responsable des yeux malformés est récessif : n

A la deuxième génération F2 qui résulte du croisement des individus de la première génération F1 entre eux on a obtenu 4 phénotypes différents : 2 types parentaux et 2 types recombinés avec les proportions suivantes :

- [F,N] :  $127/224 \times 100 = 56.69\%$  (9/16)
- [l,N] :  $42/224 \times 100 = 18.75\%$  (3/16)
- [F,n] :  $41/224 \times 100 = 18.30\%$  (3/16)
- [l,n] :  $14/224 \times 100 = 6.25\%$  (1/16)

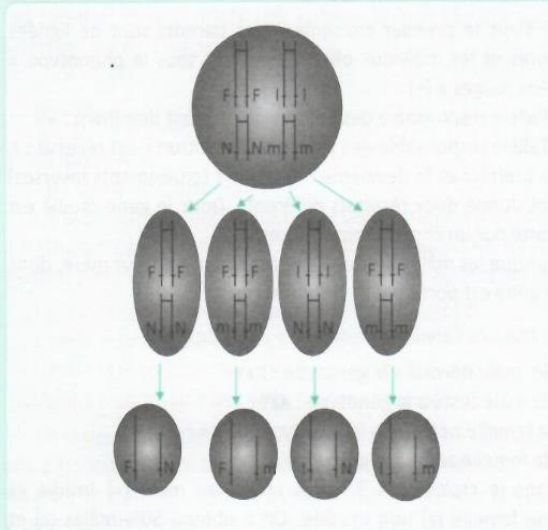
profsalmi.blogspot.com



Ces résultats indiquent qu'on est dans le cas de deux gènes indépendants. Ce qui montre que les deux lignées croisées ne diffèrent que par un seul gène pour chaque caractère.

2- On croisant les individus de la génération F1 entre eux on a obtenu à la deuxième génération F2 4 phénotypes : 2 types parentaux et deux types recombinés avec les proportions 9/16, 3/16, 3/16, 1/16 ce qui montre que les individus de la première génération F1 ont produit chacun 4 types de gamètes : 2 types parentaux et 2 types recombinés équiprobables d'où on déduit qu'il y a eu un brassage interchromosomique par la migration aléatoire des chromosomes au cours de l'interphase de la division réductionnelle ( Première division de la méiose).

3- Schéma du brassage interchromosomique :



## Exercice 19 :

1- A la première génération F1 tous les individus obtenus sont à ailes longues et yeux rouges, on déduit :

- les parents sont de ligné pure et les individus de la F1 sont homogènes donc la première loi de Mendel a été réalisée.
- L'allèle responsable des ailes longues est dominant : v+
- L'allèle responsable des ailes vestigiales est récessif : v
- L'allèle responsable des yeux rouges est dominant : p+
- L'allèle responsable des yeux pourpres est récessif : p

A la deuxième génération F2 obtenu à la suite d'un test-cross entre un individu de la F1 et un individu double récessif à ailes vestigiales et yeux pourpres, on a obtenu 4 phénotypes : deux types parentaux (87%) et deux types recombinés (13%).

Le pourcentage des types parentaux est très supérieur au pourcentage des types recombinés. Donc les deux gènes étudiés sont liés c'est-à-dire portés par le même chromosome.

2- Interprétation des résultats :

Parents :  $[v+ p+] \times [v p]$   
 Génotypes :  $v+ p+ / v+ p+ \times v p / v p$   
 Gamètes :  $100\% v+ p+ \quad 100\% v p$   
 F1 :  $100\% v+ p+ / v p$

F2 :  $[v+ p+] \times [v p]$

Génotypes :  $v+ p+ / v p \times v p / v p$   
 Gamètes :  $43.5\% v+ p+ \quad 6.5\% v+ p \quad 6.5\% v p+ \quad 43.5\% v p$   
 $100\% v p$

Echiquier de croisement :

	♂	$v+ p+ \quad 43.5\%$	$v+ p \quad 6.5\%$	$v p+ \quad 6.5\%$	$v p \quad 43.5\%$
♀		$[v+ p+] \quad v+ p+ / v p+ \quad 43.5\%$	$[v+ p] \quad v+ p / v p \quad 6.5\%$	$[v p+] \quad v p+ / v p \quad 6.5\%$	$[v p] \quad v p / v p \quad 43.5\%$

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

## Exercice 20 :

1. Cas de dihybridisme

Les parents sont de lignées pures, F1 est uniforme. Réalisation de la première loi de Mendel.

**Dominance absolue :**

L'allèle responsable de la couleur pourpre est dominant (R) et l'allèle responsable de la couleur rouge est récessif (r)

L'allèle responsable des grains de pollen longs est dominant (L) et l'allèle responsable des grains de pollen ronds est récessif (l)

2. Phénotypes

$[R, L] \times [R, L]$   
 génotypes  $R/r \quad L/l \quad R/r \quad L/l$   
 gamètes  $rL \quad r\ell \quad R\ell \quad RL \quad rL \quad r\ell \quad R\ell \quad RL$   
 $25\% \quad 25\% \quad 25\% \quad 25\% \quad 25\% \quad 25\% \quad 25\% \quad 25\%$

L'échiquier de croisement:

Gamètes	♂	$RL \quad 1/4$	$rL \quad 1/4$	$R\ell \quad 1/4$	$r\ell \quad 1/4$
♀					
Gamètes					
$RL \quad 1/4$		$R/R \quad L/L \quad [R, L] \quad 1/16$	$R/r \quad L/L \quad [R, L] \quad 1/16$	$R/R \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$	$R/r \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$
$rL \quad 1/4$		$R/r \quad L/L \quad [R, L] \quad 1/16$	$r/r \quad L/L \quad [r, L] \quad 1/16$	$R/r \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$	$r/r \quad L/\ell \quad [r, L] \quad 1/16$
$R\ell \quad 1/4$		$R/R \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$	$R/r \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$	$R/R \quad \ell/\ell \quad [R, \ell] \quad 1/16$	$R/r \quad \ell/\ell \quad [R, \ell] \quad 1/16$
$r\ell \quad 1/4$		$R/r \quad L/\ell \quad [R, L] \quad 1/16$	$r/r \quad L/\ell \quad [r, L] \quad 1/16$	$R/r \quad \ell/\ell \quad [R, \ell] \quad 1/16$	$r/r \quad \ell/\ell \quad [r, \ell] \quad 1/16$

Les résultats théoriques obtenus en F2 sont:

$\ell R, L\ell \quad 9/16$

$\ell r, Ll \quad 3/16$

$\ell R, \ell\ell \quad 3/16$

$\ell r, \ell\ell \quad 1/16$

3. Les résultats obtenus par Punnett et Bateson ne sont pas conformes aux résultats théoriques selon la troisième loi de Mendel.

Déduction : les deux gènes sont liés.

## Exercice 21 :

1.a.

Croisement n°1 :

- Dihybridisme

[profsalmi.blogspot.com](http://profsalmi.blogspot.com)



- Parents de souches pures avec uniformité des hybrides de la génération F1 conformément à la première loi de Mendel.
- L'allèle responsable des tiges courtes est dominant : L
- L'allèle responsable des tiges longues est récessif : l.
- L'allèle responsable des gousses droites est dominant : D.
- L'allèle responsable des gousses incurvées est récessif : d.

#### Croisement n°3 :

- Dihybridisme.
- Parents de souches pures avec uniformité des hybrides de la génération F1 conformément à la première loi de Mendel.
- L'allèle responsable des gousses droites est dominant : D.
- L'allèle responsable des gousses incurvées est récessif : d.
- L'allèle responsable des gousses jaunes est dominant : J.
- L'allèle responsable des gousses vertes est récessif : j

#### b. Croisement n°2 : Test-cross.

Quatre phénotypes à proportions égales à 25%


Les gènes responsables de la longueur des tiges et de la forme des tiges sont indépendants.

#### Croisement n°4 : Test-cross.

Quatre phénotypes à proportions différentes, deux phénotypes parentaux à (80.15%) ; bien supérieur à la proportion des phénotypes recombinés (19.50%)

Les gènes responsables de la forme des gousses et de la couleur des gousses sont liés.

#### 2. Les génotypes :

<b>Croisement n°1</b>	Génotype des hybrides de F <sub>1</sub> : L/l D/d
<b>Croisement n°3</b>	Génotype des hybrides de F <sub>1</sub> 

#### 3.

#### Croisement n°2 :

- Les gènes sont indépendants.
- Brassage interchromosomique (loi de la ségrégation indépendante des caractères).
- Les doubles hétérozygotes produisent quatre types de gamètes à proportions égales 25%

#### Croisement n°4 :

- Les gènes sont relativement liés.
- Crossing-over (brassage intrachromosomique) chez les doubles hétérozygotes produit de 4 types de gamètes à proportions différentes.

### Exercice 22 :

#### 1• Déduction :

- La génération F1 est homogène, donc les parents sont de race pure selon la première loi de Mendel.
- L'allèle responsable de la couleur rouge des yeux est dominant alors que l'allèle responsable de la couleur brune des yeux est récessif.
- L'allèle responsable de l'absence de la bande grise sur le thorax est dominant alors que l'allèle responsable de la présence de la bande grise sur le thorax est récessif.

ProfSalmi

#### 2• Les génotypes des individus de la génération F1

- Si les deux gènes sont indépendants: (B//b , R//r) ;

- Si les deux gènes sont liés :  $\frac{B}{b} \frac{R}{r}$

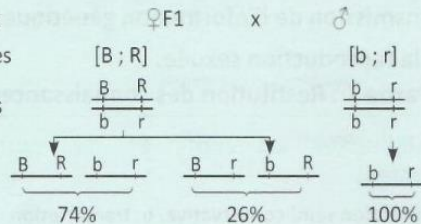
3• Les deux gènes sont portés par le même chromosome (3), donc le génotype à garder et celui des gènes liés. La distance entre les deux gènes est : d(B,R) = 88 - 62 = 26 cM.

#### 4. Parents

Phénotypes

Génotypes

Gamètes



gamètes	B R	b r	B r	b R
$\frac{b}{r}$	$\frac{B}{b} \frac{R}{r}$ [BR] 37%	$\frac{b}{b} \frac{r}{r}$ [br] 37%	$\frac{B}{b} \frac{r}{r}$ [Br] 13%	$\frac{b}{b} \frac{R}{r}$ [Rb] 13%

Les proportions des phénotypes attendus sont : 37% [BR] 37% [br] 13% [Br] 13% [Rb].

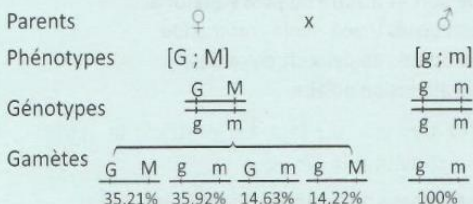
### Exercice 23 :

#### 1. Déductions :

- Les parents sont de race pure selon la première loi de Mendel.
- L'allèle responsable de la couleur grise du corps (G) est dominant alors que l'allèle responsable de la couleur noire du corps (g) est récessif.
- L'allèle responsable de la couleur prune des yeux est dominant (M) alors que l'allèle responsable de la couleur claire des yeux (m) est récessif.

2. - Le deuxième croisement donne quatre phénotypes avec des proportions différentes : deux phénotypes parentaux avec des proportions élevées (71%) et deux phénotypes recombinés avec des faibles proportions (29%), d'où les deux gènes étudiés sont liés.....

#### • L'interprétation chromosomique:



#### • Echiquier de croisement:

gamètes	G M	g m	G m	g M
$\frac{g}{m}$	$\frac{G}{g} \frac{M}{m}$ 35,21%	$\frac{g}{g} \frac{m}{m}$ 35,92%	$\frac{G}{g} \frac{m}{m}$ 14,63%	$\frac{g}{g} \frac{M}{m}$ 14,22%
100%	[GM] 35,21%	[gm] 35,92%	[Gm] 14,63%	[gM] 14,22%

profsalmi.blogspot.com





**Unité 2 : Nature de l'information génétique et mécanisme de son expression –**

**Transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée.**

**→ Partie 1 : Restitution des connaissances (5pt).**

**1. Définissez les mots et les expressions suivantes.**

**a. Duplication semi-conservative. b. transcription (2 pts)**

**2. Questions à choix multiples**

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante. (2 pts)

**2.1. A la prophase de la mitose :**

- ☐ A. les nucléoles fusionnent.
- ☐ B. les chromosomes forment des bivalents.
- ☐ C. les chromosomes s'alignent sur la plaque équatoriale.
- ☐ D. la chromatine se condense en chromosomes.

**2.2. Un gène :**

- ☐ A. Occupe un emplacement bien défini sur le chromosome.
- ☐ B. Existe en une seule version.
- ☐ C. son expression dépend des facteurs externes de l'organisme.
- ☐ D. il est transcrit en protéine au niveau du noyau.

**2.3 La méiose:**

- ☐ A. conduit à un maintien du nombre de chromosome à n.
- ☐ B. permet le passage de cellules diploïdes à des cellules tétraploïdes.
- ☐ C. a lieu dans les cellules somatiques.
- ☐ D. est nécessaire au brassage inter et intrachromosomique

**2.4. Lors de la métaphase de la deuxième division de la méiose, les chromosomes :**

- ☐ A. sont de part et d'autre du plan équatorial.
- ☐ B. sont composés d'une seule chromatide.
- ☐ C. sont composés de deux chromatides.
- ☐ D. sont en ascension polaire.

**3. Répondez par vrai ou faux en mettant le signe x dans la case convenable. (1 pt)**

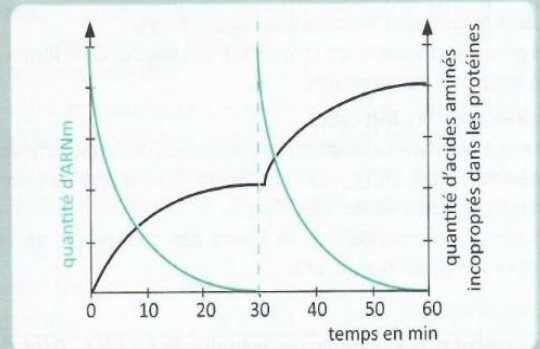
**Durant la métaphase de la mitose, les chromosomes:**

	vrai	faux
A. sont à une chromatide.		
B. sont à deux chromatides.		
C. sont à deux chromatides constituées chacune d'une molécule d'ADN.		
D. sont à une chromatide constituée chacune de deux molécules d'ADN.		

**→ Partie II : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 points)**

**Exercice 1 : (2 points)**

On réalise des cultures de *Escherichia coli*. On ajoute au milieu de culture, au temps t1 et au temps t2, des acides aminés et des ARNm radioactifs. On dose la radioactivité dans les protéines et les ARNm cellulaires. La radioactivité des protéines (courbe noire) est proportionnelle à la quantité d'acides aminés incorporés dans les protéines nouvellement synthétisées. La radioactivité des ARNm (courbe verte) est proportionnelle à la quantité d'ARNm injectés restant dans le milieu.



**→ Question :**

1. Décrivez les résultats obtenus. (1 pt)
2. Déduisez la relation entre les ARNm et la synthèse des protéines. (1 pt)

**Exercice 2 : (3 points)**

La mucoviscidose est une maladie héréditaire très répandue. Le tableau suivant présente quelques symptômes de cette maladie.

organes	dysfonctionnement	troubles
Bronches et poumons	Voies respiratoires obstruées	Infection des poumons
pancréas	Obstruction des canaux pancréatiques	Perturbations digestives

Les différents symptômes sont dus au dysfonctionnement d'une protéine appelée CFTR. Cette protéine se situe dans la membrane plasmique des cellules qui tapissent la lumière des bronches et des canaux pancréatiques. Son bon fonctionnement chez la personne saine est nécessaire à la fluidité du mucus. Le mucus a un rôle protecteur contre les corps étrangers (bactéries, etc.). Le document 2 présente la séquence en acides aminés de la protéine CFTR chez une personne saine et chez une personne atteinte de mucoviscidose.



• Individu sain :

...-Lys-Glu-Asn-Ile-Phe-Gly-Val-Ser-Tyr-Asp-Glu-Tyr...

• Individu atteint de mucoviscidose :

...-Lys-Glu-Asn-Ile-Gly-Val-Ser-Tyr-Asp-Glu-Tyr-Tyr...

→ Question :

1. A partir de cet exemple, montrez que le phénotype peut se définir à différentes échelles. (2 pts)
2. Montrez la relation protéines caractère. (1 pt)

### Exercice 3 : (4 points)

On croise 2 drosophiles, de race pure l'une aux yeux rouge sombre, l'autre aux yeux rouge vif.

Toutes les drosophiles issues de ce croisement (F1) ont les yeux rouge sombre.

→ Question :

1. Déterminez le nombre de caractères étudiés et la dominance ou récessivité des phénotypes étudiés. Justifiez chaque affirmation.

On réalise un croisement entre une femelle F1 et un mâle aux yeux rouge vif. Les résultats expérimentaux sont les suivants: (1,5 pts)

- 112 individus aux yeux rouge sombre ;
- 130 individus aux yeux rouge vif.

2. Comment appelle-t-on un tel croisement ? (0.25 pt)

3. Ecrivez les deux hypothèses qu'il permet de tester. (0.5 pt)

4. Par un raisonnement rigoureux qui s'appuiera sur l'écriture des génotypes, testez les 2 hypothèses puis concluez. (1.75 pts)

### Exercice 4 : (6 points)

On effectue un croisement entre deux rats de lignée pure : un individu à pelage lisse et queue longue et un autre à pelage crépu et queue tronquée. Tous les descendants F1 présentent un pelage lisse et une queue longue.

On réalise ensuite un deuxième croisement. Des individus F1 sont croisés avec des individus à pelage crépu et queue tronquée.

On obtient alors en une vingtaine de portées :

- 71 individus à pelage lisse et queue longue ;
- 69 individus à pelage crépu et queue tronquée ;
- 31 individus à pelage lisse et queue tronquée ;
- 29 individus à pelage crépu et queue longue.

→ Question : 1. Quelles conclusions peut-on tirer à partir de l'analyse des résultats du 1er et du 2e croisement ? (3 pts)

2. Interprétez les résultats de ces deux croisements. (3 pts)



## Cours

**1 L'élimination des déchets ménagers et les procédés de leur traitement : Le tri.**

Les ordures ménagères correspondent aux déchets issus des activités ménagères quotidiennes.

Les matières recyclables et réutilisables dans les ordures ménagères sont très variées et abondantes. Pour bénéficier économiquement de ces matières, comme matières premières, l'opération du tri est indispensable, aussi bien à domicile qu'aux centres de spécialisés.

**2 L'élimination des ordures ménagères: Techniques de traitement et de réutilisation.**

Différents procédés sont employés dans Le traitement des ordures ménagères:

- **le compostage** : Procédé biologique qui permet, sous l'action de microorganismes en aérobies, la dégradation accélérée de déchets organiques pour produire du compost. La matière organique subit une décomposition puis une minéralisation, avec réduction de son volume et dégagement de  $\text{CO}_2$ , de chaleur, et de vapeur d'eau.

- **La méthanisation** : production du biogaz à partir des matières organiques fermentescibles, par des bactéries, dans des conditions anaérobiques.

- **L'incinération** : opération consistant à réduire le volume des ordures ménagères de 90 % et à récupérer de l'énergie (thermique et électrique) en plus de résidus utilisés dans les travaux publics.

**3 Impacts des ordures ménagères sur l'environnement, la santé et l'économie.**

Les ordures ménagères causent plusieurs dégâts à l'environnement, à la santé et à l'économie. Les principales manifestations de ces dégâts sont :

- L'émanation de gaz toxiques par les brûlages, spontanés ou provoqués, des déchets dans les décharges non contrôlées, contribuant à l'effet de serre et à la destruction de la couche d'ozone.

- L'émission, lors de l'incinération des ordures, de gaz ayant des impacts négatifs sur l'environnement en accentuant l'effet de serre et la formation de pluies acides, ainsi que l'émission de substances toxiques comme la dioxine qui s'accumulent

dans les chaînes alimentaires.

- La formation du lixiviat : sorte de jus, formé par infiltration des eaux, à travers les ordures, chargé de polluants organiques et inorganiques ainsi que de métaux lourds et de micro-organismes pathogènes. Le grand risque du lixiviat est la contamination du sol provoquant la destruction de la faune et de la flore et le déséquilibre des écosystèmes ainsi que la contamination des eaux souterraines.

Les procédures de récupération, de recyclage et de réutilisation des ordures ménagères, par différentes méthodes, sont économiquement bénéfiques. Elles permettent une exploitation des matières recyclables comme source de matières premières, tout en réduisant le budget alloué à la gestion des ordures, d'une part, et la protection de l'environnement et la santé, d'autre part.

## EXERCICES

**→ Domaine I : Restitution des connaissances.****1.1. Définir les mots ou expressions :**

- a. Ordures ménagères ;      b. Lixiviat ;  
c. Compostage ;              d. Eutrophisation

**1.2. a.** Donnez deux procédures de traitement des ordures ménagères.

b. Donnez les noms de deux types de déchets qui ne se dégradent pas facilement dans le sol.

**2. Questions à choix multiples**

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

**2.1. La production du biogaz:**

- ☐ A. Ce fait suite à l'incinération des déchets ;
- ☐ B. Ce fait à partir des matières organiques fermentescible ;
- ☐ C. Ce fait dans des conditions aérobies dans des digesteurs ;
- ☐ D. permet de produire du compost.

**2.2. Les ordures ménagères:**

- ☐ A. n'ont aucun intérêt économique ;
- ☐ B. sont moins riches en matières organiques dans les zones rurales ;
- ☐ C. contiennent des déchets recyclables ;
- ☐ D. sont constituées de déchets non organiques qui se dégradent facilement dans le sol.



2.3. La succession des étapes du tri aux centres de tri est la suivante :

- ☐ A. Pesée des camions → poubelles fosse de réception → tri automatique → tri manuel ;
- ☐ B. Pesée des camions → poubelles fosse de réception → tri manuel → tri automatique ;
- ☐ C. Pesée des camions → tri automatique → tri manuel → poubelles fosse de réception ;
- ☐ D. Tri automatique → tri manuel → pesée des camions → poubelles fosse de réception.

2.4. L'incinération des ordures produit des polluants, parmi eux :

- ☐ A. les dioxines ;
- ☐ B. le lixiviat ;
- ☐ C. le méthane ;
- ☐ D. l'acide nitrique.

### 3. Question à appariement

Reliez chaque procédure de la liste 1 avec l'intérêt correspondant de la liste 2 :

Procédures		Intérêts
1. Méthanisation	○	a. Production du compost .
2. Incinération	○	b. Réintroduire un déchet dans le cycle de production
3. Compostage	○	c. Réduction des déchets
4. Recyclage	○	d. Production de biogaz.

### 4. Vrai ou faux

A. les organismes dans le compost sont des parasites.	
B. la décomposition de la matière organique se déroule toujours en anaérobiose.	
C. le compost se transforme en éléments minéraux sans la participation de la faune du sol.	
D. Dans un compost l'augmentation de la température est un indicateur de l'augmentation de l'activité des micro-organismes.	

Le document suivant présente le contenu de nos poubelles (Figure 1) et la composition des ordures ménagères en France (figure 2).

Figure : 1

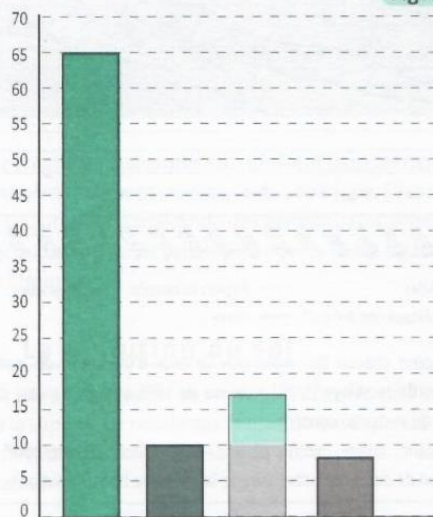
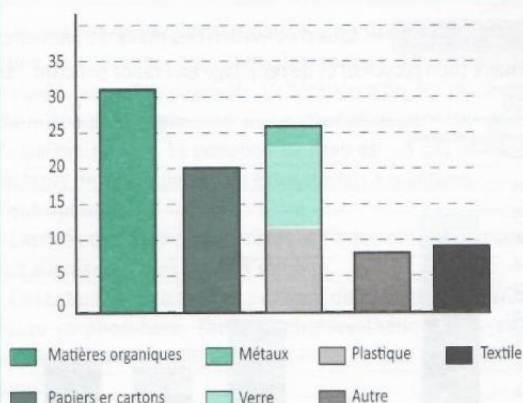


Figure : 2



→ **Question :** Comparez nos poubelles avec les poubelles de la France. **Donnez** une conclusion concernant le traitement de nos ordures ménagères.

## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

La quantité d'ordures ménagères, produite au Maroc, est estimée à 6,5 millions de tonnes par année, avec une moyenne de 0,75 Kg/habitant/jour. Elle varie selon les régions, les saisons et le style de vie (0,3 Kg au milieu rural et 1 Kg aux milieux urbains et périurbains). Ces ordures non traitées, riches en matières réutilisables, sont souvent débarrassées dans des décharges non contrôlées.

### Exercice 2 :

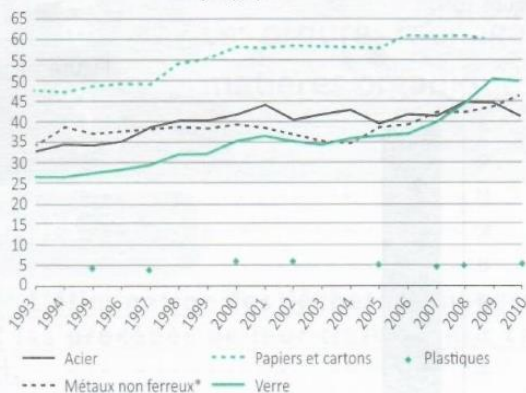
Le tri sélectif se définit comme l'action consistant à séparer et récupérer les déchets selon leur nature pour leur donner une seconde vie grâce au recyclage.

Pour montrer l'intérêt de ce tri, on vous propose les documents suivants à exploiter :

**Document 1 :** l'évolution des taux d'utilisation de matières premières de recyclage par l'industrie en France.



Taux d'utilisation de matières premières de recyclage par l'industrie

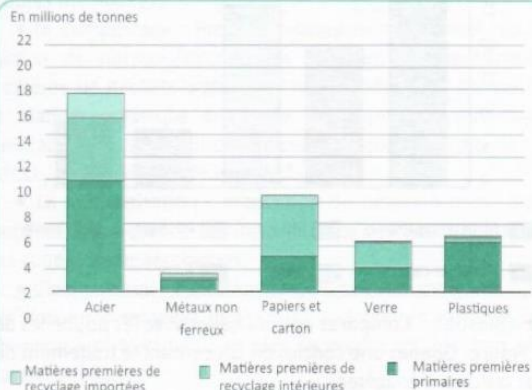


Note : pour chacun des matériaux, le taux d'utilisation de matières premières de recyclage (MPR) = masse de MPR utilisée / masse totale produite du matériau concerné.

\* Aluminium, cuivre, plomb et zinc. La production correspond à la fabrication de demi-produits (issus de la première transformation)

→ **Question** : 1- Décrivez l'évolution de taux d'utilisation de matières premières de recyclage.

**Document 2** le taux d'utilisation des matières premières primaire (non recyclée) et de recyclage en France pendant l'an 2010



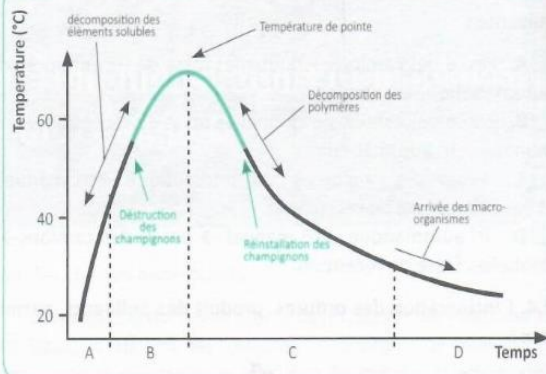
\* Une matière première est une matière extraite de la nature, ou produite par elle-même, utilisée dans la production de produits finis ou comme source d'énergie.

→ **Question** : 2. Comparez les taux d'utilisation des matières premières primaires et de recyclage.

3. Montrez l'intérêt économique du tri des déchets.

### Exercice 3 :

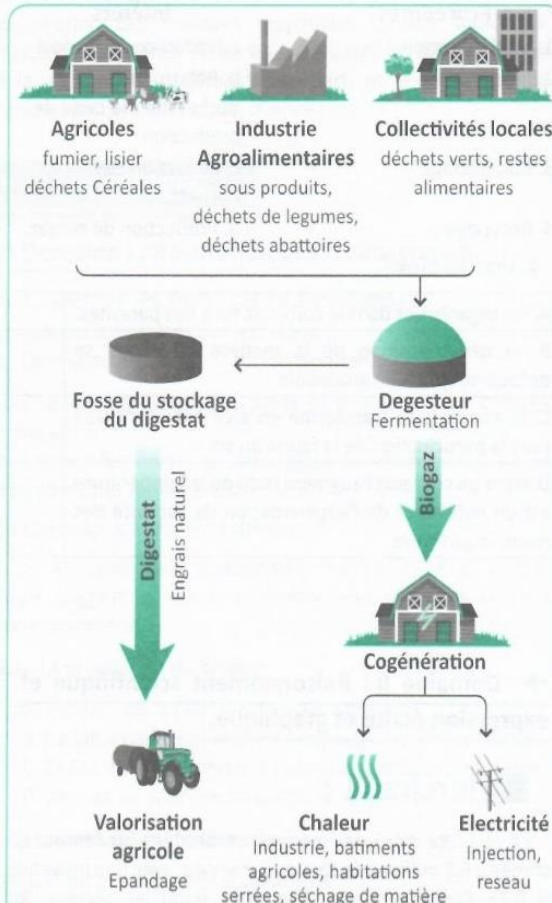
Le compostage est un procédé biologique qui consiste à traiter des déchets organiques fermentescibles afin de réaliser un résidu solide, riche en humus, semblable à du terreau : le compost. Le document suivant présente les étapes du procédé de compostage.



→ **Question** : Décrivez les étapes du compostage.

### Exercice 4 :

Le Schéma suivant représente les étapes de la méthanisation et l'utilité de ce traitement des déchets dans les domaines industriel et agricole :



→ **Question** : 1. On s'appuyant sur ce document expliquez le procédé de la méthanisation.

2. Montrez les avantages de la méthanisation pour l'économie et pour l'environnement.



## Cours

## 1 La pollution de l'air

Les activités de l'homme, domestiques, industrielles et agricoles, sont responsables de la pollution de l'air et de ses impacts négatifs aussi bien sur l'environnement que sur la santé publique. Parmi ces impacts, nous citons :

- **L'effet de serre** : est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Il permet d'avoir une température moyenne sur Terre de  $15^{\circ}\text{C}$  contre  $-18^{\circ}\text{C}$  si cet effet n'existait pas. Les gaz à effet de serre sont naturellement peu abondants dans l'atmosphère mais du fait de l'activité humaine, la concentration de ces gaz s'est sensiblement modifiée (la concentration de  $\text{CO}_2$  a augmenté de 30% depuis une centaine d'années). On constate parallèlement que, depuis la révolution industrielle, la température moyenne du globe a augmenté significativement de  $0,6^{\circ}\text{C}$ .

- **La réduction de l'épaisseur de la couche d'ozone** : La couche d'ozone est la partie d'atmosphère, située entre 10 et 60 km d'altitude, contenant les plus fortes concentrations en gaz ozone ( $\text{O}_3$ ). Cette couche, importante pour la vie sur terre, diminue progressivement. En effet des réactions chimiques entre l'élément chlore (Cl), qui se trouve en abondance dans des composés riches en chlore comme le CFC, avec  $\text{O}_3$  forment le composé ClO, qui à son tour libère du Cl en réagissant avec  $\text{O}_3$ . Le cycle de ces réactions se renouvelle sans cesse, abaissant le volume de  $\text{O}_3$  et par conséquent l'épaisseur de la couche d'ozone.

- **La formation de pluies acides** : Ce sont des pluies dont l'acidité est importante. Elles résultent de réactions chimiques combinant les oxydes d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et de soufre ( $\text{SO}_2$ ), à l'eau atmosphérique.

Ces pluies, qui tombent sous forme d'acide nitrique et d'acide sulfurique, amènent au sol de grandes quantités d'azote et de soufre. La pollution du sol et des eaux de surface, par ces pluies est la cause de destruction de grandes surfaces de forêts et d'écosystèmes.

## 2 pollution de l'eau

Elle correspond aux changements de ses caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques. Elle se manifeste aussi par les déversements de substances solides, liquides ou gazeuses, susceptibles de nuire à la qualité de l'eau et à la santé.

Les matières polluantes s'accumulent dans les maillons des chaînes alimentaires et menacent la vie aquatique. Elles sont aussi des facteurs de multiplication des germes pathogènes causant beaucoup de nuisances aussi bien pour la faune aquatique que pour l'Homme.

## 3 La pollution du sol

Le sol est le support de toutes les activités de l'Homme et aussi le support de nombreux écosystèmes. Cependant, il subit les effets des différents aspects de pollution liés aux activités humaines.

## 4 Impacts des pollutions sur l'environnement et l'économie

## 4.1. Impacts des pollutions sur les écosystèmes aquatiques

Suite aux actions humaines, les milieux aquatiques sont modifiés et parfois dégradés. L'altération d'un des paramètres du milieu peut provoquer une perturbation générale de tout l'équilibre naturel. La pollution de l'eau est un des principaux facteurs de déséquilibre des écosystèmes aquatiques.

L'eutrophisation :

- L'arrivée des eaux polluées amène l'azote et le phosphate et fait augmenter leurs teneurs solubles.
- En captant la lumière et en profitant de l'abondance nutritive, azote et phosphore, l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques augmente et leur croissance est amplifiée.
- La prolifération des plantes et algues continue avec précipitation des effluents (N et P) et tassement de la matière organique végétale au fond, ce qui active la décomposition anaérobie et la multiplication bactérienne ;
- Formation d'une couche végétale dense empêchant la pénétration des rayons lumineux et entraînant l'arrêt de la photosynthèse, avec réduction d' $\text{O}_2$  dissous ;
- La décomposition anaérobie et la prolifération bactérienne, enrichissent l'eau en gaz toxiques ;
- Par manque d' $\text{O}_2$  et en présence de ces gaz toxiques, dans ces conditions de dégradation la vie animale devient impossible ce qui provoque la mort de la faune.

## 4.2. Impacts des pollutions sur l'économie

La pollution dans tous ses aspects, atmosphérique, hydrique et édaphique, est accompagnée d'impacts négatifs aussi bien sur l'environnement que sur la santé de l'homme. Le coût des soins et d'hospitalisations, lié aux problèmes de santé dus à la pollution, a considérablement progressé.

[profsalmi.blogspot.com](http://profsalmi.blogspot.com)



## 5 Utilisations des énergies renouvelables solaire et éolienne

- **L'énergie solaire** : Source naturelle dont l'exploitation directe peut générer de grandes quantités d'énergies thermodynamique et électrique. Cette conversion se fait, à grande échelle, par l'utilisation de miroirs réflecteurs qui concentrent les rayons solaires, produisant ainsi une chaleur importante, exploitée pour produire de la vapeur d'eau, faisant tourner des turbines productrices d'électricité. Elle se fait aussi, par l'utilisation de plaques photovoltaïques capables de capter les photons lumineux et les transformer directement en électricité.

- **L'énergie éolienne** : Le principe de fonctionnement consiste à exploiter la force des vents pour faire tourner les palettes de l'éolienne créant une énergie mécanique convertie, au moyen d'un générateur, en électricité.

### EXERCICES

#### → Domaine I : Restitution des connaissances.

##### 1.1. Définir les mots ou expressions :

a : Effet de serre, b : catastrophe technologique ; c : ozone.

##### 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 2.1. L'unité de mesure de l'ozone est :

- ☐ A. le DOBSON.  
☐ B. la DBO5.  
☐ C. le Becquerel.  
☐ D. le Gray.

##### 2.2. L'eutrophisation des eaux est :

- ☐ A. provoquée par des excès de N et P ;  
☐ B. une diminution de la masse végétale ;  
☐ C. due à un excès d'O<sub>2</sub> dans l'eau ;  
☐ D. provoquée par un excès de métaux lourds.

##### 2.3. Les pluies acides résultent entre l'eau de l'atmosphère :

- ☐ A. SO<sub>2</sub> et NO<sub>2</sub>  
☐ B. et CH<sub>4</sub>  
☐ C. et O<sub>3</sub>  
☐ D. et les COV

##### 2.4. L'eutrophisation se déroule selon la succession des étapes suivantes :

- ☐ A. pollution en N et P → prolifération des algues → décomposition anaérobie → dégradation de l'écosystème aquatique.  
☐ B. pollution en N et P → décomposition anaérobie → prolifération des algues → dégradation de l'écosystème aquatique.  
☐ C. pollution en N et P → prolifération des algues → dégradation de l'écosystème aquatique → décomposition anaérobie.

☐ D. pollution en N et P → dégradation de l'écosystème aquatique → prolifération des algues → décomposition anaérobie.

#### 3. Question à appariement

Reliez chaque procédure de la liste 1 avec l'intérêt correspondant de la liste 2 :

##### Liste 1 : Polluants

##### Liste 2: Origines

- |  |                          |  |
|--|--------------------------|--|
| 1. Dioxine                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> a. Incinération         |
| 2. H <sub>2</sub> S et NH <sub>4</sub> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> b. Fermentation         |
| 3. N et P                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> c. Combustion           |
| 4. CO <sub>2</sub> et CO               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> d. Fertilisation du sol |

#### 4. Vrai ou faux

A. La pollution de l'air provient surtout du nucléaire	
B. La pollution de l'eau a pour origine l'irrigation massive.	
C. L'utilisation de ces sources d'énergie fossile contribue à accentuer les changements climatiques	
D. Le rendement des énergies renouvelables est supérieur aux énergies fossiles.	
E. L'utilisation massive de pesticides dans l'agriculture entraîne la pollution des sols.	
F. Les pluies acides n'ont aucun rapport avec la pollution.	
G. Les polluants atmosphériques peuvent nous affecter par voie cutanée	
H. Le Smog c'est un nuage riche en éléments polluants.	

#### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

Les grandes villes se trouvent souvent sous un brouillard épais, particulier, appelé «Smog». C'est un mélange de polluants atmosphériques : O<sub>3</sub>, CO, NOx, SO<sub>2</sub> et COV, ainsi que de fines particules.

Le document 1 présente les teneurs recommandées par l'OMS et les valeurs atteintes lors du Smog.

DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )	
Valeur recommandée	Valeur atteinte lors du Smog
40 µg/m <sup>3</sup> moyenne annuelle	120 µg/m <sup>3</sup>
DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> )	
VALEUR RECOMMANDÉE	Valeur atteinte lors du Smog
20 µg/m <sup>3</sup> moyenne sur 24 heures	100 µg/m <sup>3</sup>

#### Document : 1

→ **Question : 1. Comparez les données du tableau. Donnez une conclusion.**



Une étude menée par l'Institut de veille sanitaire s'est plus particulièrement penchée sur huit agglomérations françaises sur la période 1990-1995, afin de quantifier la relation à court terme entre les fluctuations de la pollution atmosphérique et leurs effets sur la santé. L'exposition des populations a été estimée à partir de l'indice des fumées noires, du dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), du dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et de l'ozone ( $\text{O}_3$ ). La population totale étudiée a été de l'ordre de 10 millions d'habitants.

Le document 2 représente l'augmentation du risque de mortalité pour une augmentation de 50 microgrammes par mètre cube des indicateurs de pollution, pour l'ensemble des zones étudiées. Et le document 3 présente les effets de  $\text{NO}_2$  et de  $\text{SO}_2$  sur la santé.

	Fumées noires	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_2$	$\text{O}_3$
Mortalité totale	2,9 %	3,6 %	3,8 %	2,7 %
Mortalité cardio-vasculaire	3,1 %	5,3 %	4,6 %	2,4 %
Mortalité respiratoire	2,7 %	5,6 %	4,0 %	0,8 %

#### Document : 2

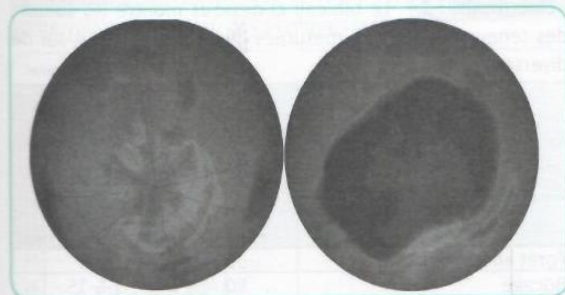
Effet de $\text{NO}_2$ sur la santé	Effet de $\text{SO}_2$ sur la santé
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Troubles respiratoires ;</li> <li>- Augmentation des symptômes bronchitiques chez l'enfant ;</li> <li>- Augmentation des crises asthmatiques avec une diminution de la fonction pulmonaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- des irritations oculaires ;</li> <li>- Inflammation de l'appareil respiratoire entraînant de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires.</li> </ul>

#### Document : 3

→ **Question** : 2. A partir de l'exploitation des données des documents 2 et 3 **montrez** les effets de la pollution de l'air sur la santé.

### Exercice 2 :

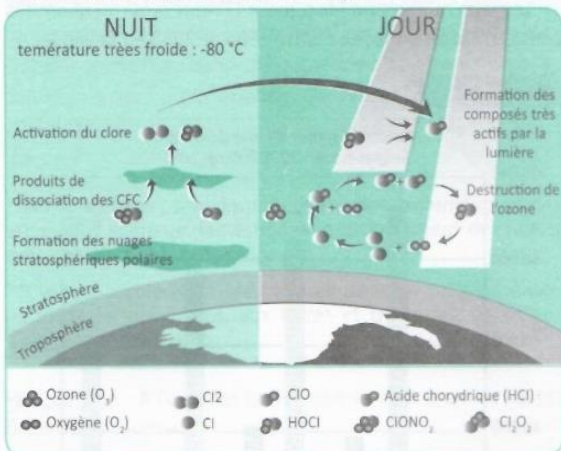
Le trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique s'ouvre et se ferme au gré des saisons (avril 2006 à gauche et septembre 2006 à droite). Dans cette région, la quasi-totalité de l'ozone entre 15 et 20 km d'altitude se trouve détruite chaque année au printemps.



#### Document : 1

→ **Question** : comparez le trou d'ozone en avril 2006 et en avril 2006. **Donnez** une explication.

Le schéma du document 2 illustre les étapes de la destruction de l'ozone dans la stratosphère.



#### Document : 1

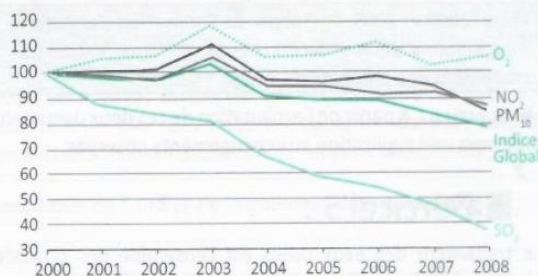
→ **Question** : 2. A partir des données de ce schéma **expliquez** comment la couche d'ozone de la stratosphère est détruite.

3. Sachant que la couche d'ozone est essentielle à la vie sur terre car elle absorbe partiellement les UV B qui sont des rayonnements ultraviolets très énergétiques et destructeurs de l'ADN, **Montrez** les conséquences de l'utilisation des CFC sur la santé de l'Homme.

### Exercice 3 :

Le graphique suivant représente l'évolution de l'indice de la pollution de l'air dans les villes Françaises.

Indice de l'évolution de la pollution de l'air



La qualité de l'air observée en 2003 est attribuable aux conditions météorologiques particulières du mois d'août.

L'Etat s'est engagé depuis plusieurs années dans une politique de soutien aux autorités compétentes en matière de transport afin de diminuer l'impact des émissions des véhicules sur la dégradation de la qualité de l'air : Ces dernières années les véhicules utilisent des combustibles désulfurés et les systèmes de dépollution des fumées.

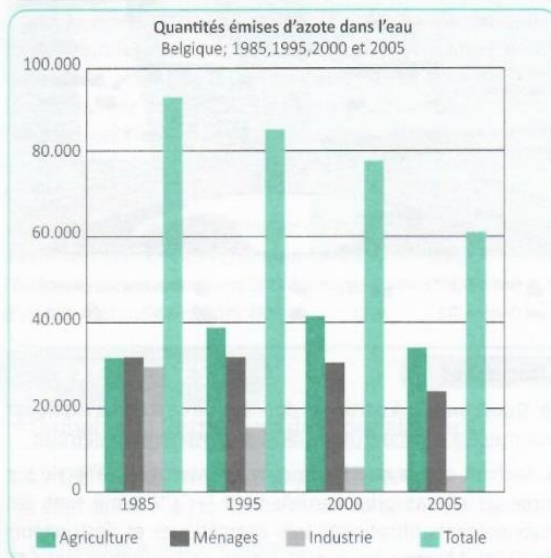
→ **Question** : « En France la qualité de l'air dans les villes est d'un point de vue général plus saine ». **Montrez** à partir de l'analyse des données du graphique quel est l'indice de polluant qui a participé nettement à cette amélioration.



## Exercice 4 :

Le graphique suivant (document 1) représente les quantités émises d'azotes dans l'eau entre 1985 et 2003 en Belgique.

### Document 1 :



**Document 2 :** Des mesures prises, à partir de 1995, par la Belgique pour diminuer l'impact de la pollution de l'eau par l'azote :

- l'optimisation des processus et une meilleure épuration des eaux.
- l'obligation de prévoir progressivement des systèmes d'épuration des eaux d'égouttage éliminant l'azote.
- Entre 2000 et 2005, limitation de l'utilisation d'engrais inorganiques, diminution du cheptel et augmentation du traitement des effluents d'élevage.

→ **Question :** A partir de l'exploitation de ces deux documents proposez une explication aux changements observés.

## Exercice 5 :

Le traitement des eaux usées est l'ensemble des procédés visant à dépolluer l'eau usée avant son retour dans le milieu naturel ou sa réutilisation. Les documents suivants présentent l'expérience d'un petit village de France face aux eaux usées.

**Document 1 :** une station d'épuration originale.

Dans un petit village de plus de 500 habitants, le conseil municipal a fait le choix de traiter les eaux usées de la commune par une station dite « filtre planté de roseaux ». Cette solution semblait la mieux adaptée aux caractéristiques du village. Pour un investissement modéré, cet équipement réceptionne plus de 90% des eaux usées domestiques du village. Les résultats sont étonnants, car la rivière recevant les eaux issues de cette station a largement retrouvé une bonne qualité. Totalement intégrée dans l'environnement, ne dégageant

aucune nuisance olfactive, cette station biologique est devenue un lieu de promenade du dimanche. Le principe de cette station repose sur la consommation des matières organiques des eaux sales par des micro-organismes vivant au contact des racines de roseaux. Les substances minérales issues de leur activité favorisent le développement des roseaux.

**Document 2 :** Comparaison de trois stations d'épuration des eaux usées envisageables pour ce village.

	Surface au sol en	Capacité habitants	Coût moyen en électricité	Entretien de la station
Station classique à boues activées	500 m <sup>2</sup>	400 à 3 000	1 060 €	- par personnel spécialisé - très régulier
Lagunage naturel	6 000 m <sup>2</sup>	100 à 200	0	- simple - régulier
Filtre planté de roseaux	2 600 m <sup>2</sup>	50 à 3 000	0	- simple - régulier

	Gestion des boues	Coût d'exploitation (€ par habitant et par an)
Station classique à boues activées	production journalière	18,4
Lagunage naturel	nettoyage tous les 10 ans	7,6
Filtre planté de roseaux	nettoyage tous les 10 ans des avant-filtres	9,2

→ **Question 1 :** Dégagez du document 1 les informations qui permettent de qualifier cette station de station biologique.

**2. Retrouvez** les arguments pour ou contre le type de station d'épuration retenu par le conseil municipal.

## Exercice 6 :

Des études ont montré que les nappes phréatiques peuvent être contaminées par divers agents. Les documents suivants présentent les résultats de certaines de ces études :

**Document 1 :** Le tableau ci-dessous montre les valeurs des teneurs en nitrates mesurées dans l'eau du sous-sol de diverses zones.

Occupation de la zone	Nombre de points étudiés	Gamme des teneurs en nitrates observées en mg.L-1 d'eau du sous-sol
Forêt ancienne	30	0-8
Bocage	80	1,5-15
Polyculture - élevage	30	3-19
Culture intensive	200	15-130
Zone agricole semi-urbanisée	50	20-150
Zone industrielle et urbaine	20	25-150



**Document : 2** Un institut de recherche agronomique a étudié les pertes en sels minéraux de diverses parcelles cultivées. Il a aussi mesuré les concentrations en sels minéraux dans les eaux de drainage de parcelles où sont réalisées diverses cultures (maïs seul ou maïs associé à une plante fourragère : le ray-grass) ; les résultats sont donnés par le tableau ci-dessous :

Sels minéraux	Pertes moyennes (kg.ha <sup>-1</sup> ) en sels minéraux		Composition moyenne des eaux de drainage (mg.L <sup>-1</sup> )	
	Maïs	Maïs et ray-grass	Maïs	Maïs et ray-grass
Nitrates	31	22	7,7	6,1
Phosphates	0,20	0,17	0,051	0,047
Potassium	43	11	10,6	2,9

- **Question : 1.** En utilisant les informations fournies par les documents 1 et 2, **recherchez** les facteurs pouvant dégrader ou améliorer la qualité de l’eau du sous-sol.
2. L’Homme prélève une partie de l’eau potable dont il a besoin dans les nappes phréatiques. **Indiquez** les précautions à prendre pour maintenir la potabilité de l’eau.

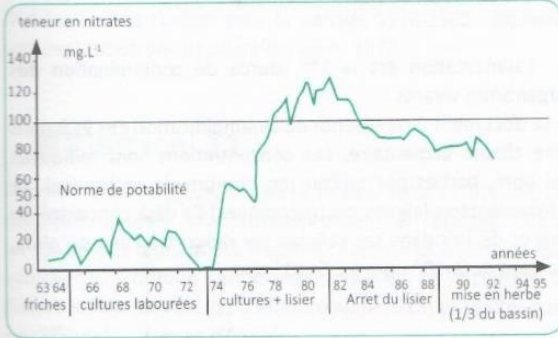
### Exercice 7 :

Pour déterminer l’impact de certains polluants sur les eaux douces on vous propose les documents suivants à exploiter.

**Document : 1**

L’eau d’une nappe phréatique ne contient naturellement pas de composés azotés. En effet ceux-ci, provenant de la décomposition de la matière vivante par les micro-organismes, sont transformés en azote gazeux libéré dans l’atmosphère ou restent piégés dans le sol lorsqu’ils sont en faible quantité. C’est l’augmentation artificielle de la quantité de composés azotés qui crée un déséquilibre et produit un excès d’azote finalement entraîné vers la nappe. Cet azote se trouve sous la forme de nitrates et sels d’ammonium.

**Document : 2** variation de la teneur en nitrates d’une eau souterraine en fonction des pratiques culturales.



**Document : 3**

Un excès de nitrates présente des risques pour la santé des nourrissons. Lorsqu’ils sont transformés en nitrites lors de l’ébullition de l’eau dans une casserole puis ingérés avec le lait d’un biberon, par exemple, ils peuvent se combiner à l’hémoglobine et provoquer une cyanose\*\* chez le nouveau né.

\*Lisier : mélange, sous forme liquide, des excréments et des urines des animaux domestiques (principalement des porcs) avec quelques débris de fourrage.

\*\*Cyanose : coloration bleu violacé de la peau, généralisée ou localisée aux ongles, aux lèvres et traduisant un défaut d’oxygénation du sang.

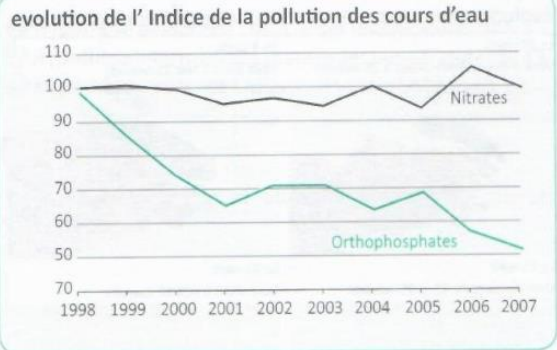
- **Question :** A l’aide des seules informations fournies par les documents ci-dessus :
1. **Montrez** que la qualité des eaux souterraines est sensible aux pollutions liées aux activités humaines ;
  2. **Précisez** la nature du polluant, son origine probable et les risques éventuels pour la santé humaine ;
  3. **Expliquez** comment des comportements raisonnés peuvent limiter ce type de pollution.

### Exercice 8 :

Le document 1 présente l’évolution des concentrations moyennes annuelles sur 5 bassins versants (France) des pollutions azotées (nitrates, ammonium, nitrites) et phosphorées (orthophosphates).

N.B. :

- Les phosphates rejetés dans l’environnement sont issus de sources industrielles et agricoles comme les engrais, de déjections humaines et de détergents ou lessives phosphatées.
- On s’est engagé, depuis des années, dans une politique qui consiste à installer des stations d’épuration dans les bassins versants et à limiter l’utilisation des engrais phosphatés ;

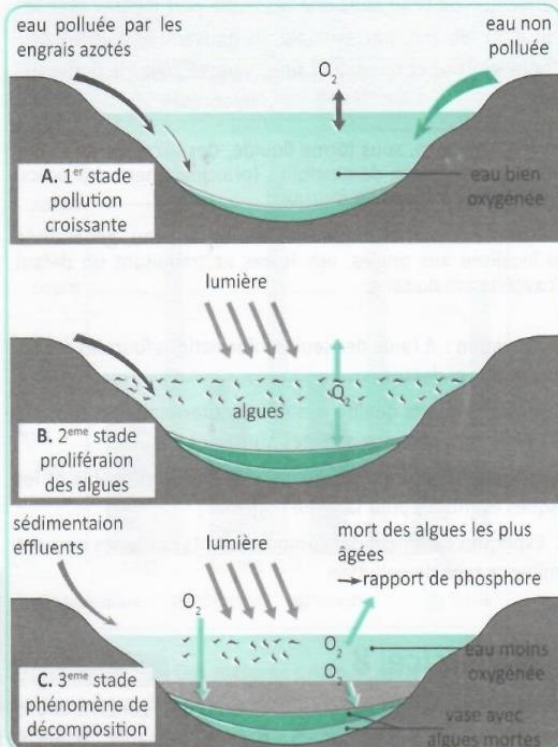


**Document : 1**

- **Question :** Décrivez l’évolution de l’indice de la pollution et **expliquez** cette évolution



Les nitrates et les composés phosphatés, filtrés par le sol et rejetés dans l'eau des rivières, parviennent dans les eaux des lacs et provoquent l'eutrophisation. Le document 2 représente les étapes de ce phénomène.



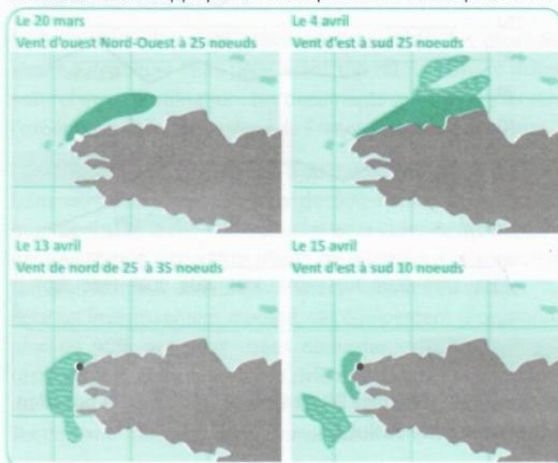
#### Document : 2

→ **Question** : 2. A partir de l'exploitation du document 2 expliquez le phénomène d'eutrophisation.

3. Discutez les répercussions des mesures prises dans les cinq bassins versants sur la santé des lacs.

#### Exercice 9 :

Le 16/03/78 le pétrolier libérien Amoco Cadiz s'est échoué sur les rochers de Portsall libérant en quelques jours 223 000 tonnes de pétrole brut. Les documents ci-dessous montrent l'évolution de la nappe pendant les quatre semaines qui ont suivi.



→ **Question** : 1. Comment s'appelle une telle pollution ? Quelles en sont les principales conséquences ?

2. Comment expliquer l'extension géographique de cette nappe de pétrole ?

3. Quelle a été la vitesse moyenne de la nappe entre le 16 mars et le 4 avril ? (détaillez vos calculs). Doit-on dire que l'extension de la nappe se fait à la vitesse du vent ou à une vitesse qui est fonction de la vitesse et de la direction du vent ?

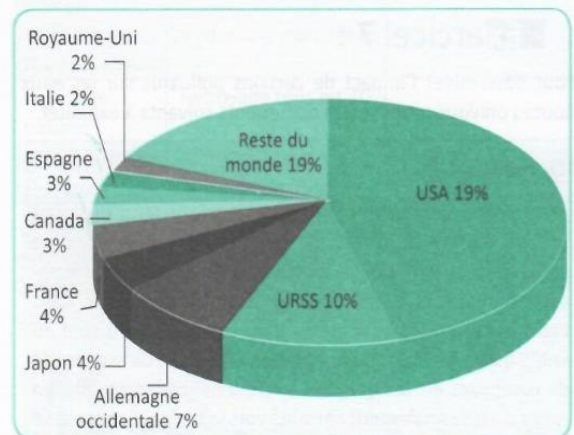
NB (1 nœud = 1.85 Km/h).

La distance entre Portsall et Perros Guirrec est à vol d'oiseau d'environ 100 km.

#### Exercice 10 :

Les PCB (polychlorobiphényles) constituent un groupe de produits chimiques organiques chlorés utilisés pour leur grande stabilité thermique et leurs caractéristiques électriques. Ils sont notamment employés comme isolants électriques pour les transformateurs et les condensateurs... Après leur apparition dans les années 50, ces produits se sont avérés rapidement nocifs pour l'environnement et pour l'homme. Ils polluent l'eau, l'air et les sols. Ils sont insolubles dans l'eau, stables et pratiquement pas biodégradables.

Le document 1 présente la répartition des pays consommateurs de PCB



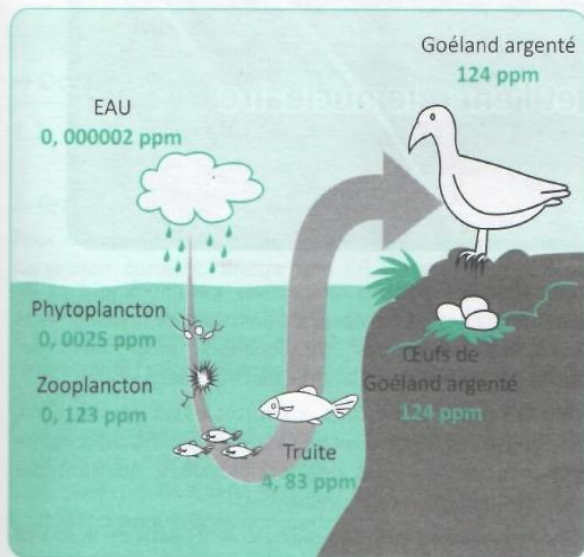
#### Document : 1

→ **Question** : 1. À partir de (document 1) établissez une relation entre l'utilisation des PCB et la participation des pays dans la pollution de l'environnement.

L'alimentation est la 1<sup>ère</sup> source de contamination des organismes vivants :

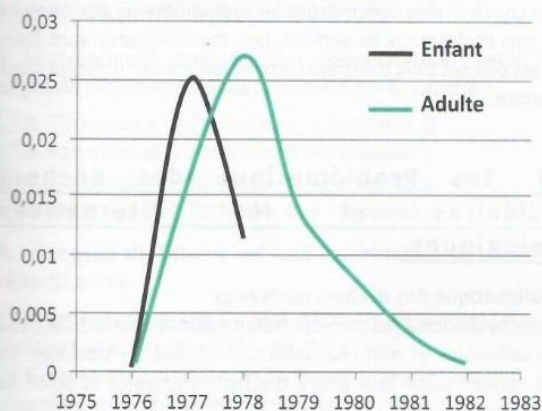
- Le document 2 représente de bioamplification des PCB dans une chaîne alimentaire. Les concentrations sont indiquées en ppm, parties par million (en nombre de molécules). Le phytoplancton (algues microscopiques) l'a déjà concentré un millier de fois dans ses cellules par rapport à l'eau de pluie, passant de  $2 \times 10^{-6}$  ppm à  $2,5 \times 10^{-3}$  ppm.





Document : 2

Ingestion quotidienne de PCB ( $\mu\text{g/kg/jour}$ )



Document : 3

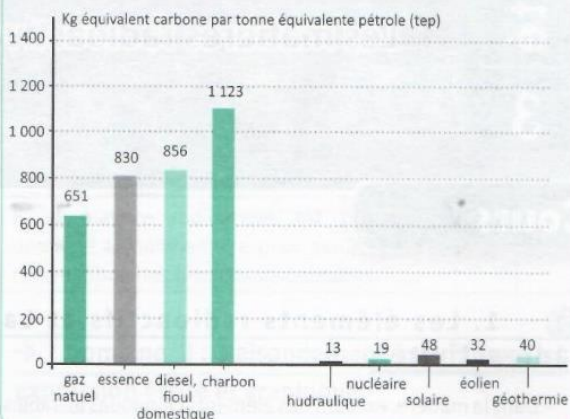
→ **Question : 2.** Établissez une relation entre l'utilisation des PCB bioamplification des PCB dans une chaîne alimentaire (document 3). Précisez la conséquence de cette bioamplification sur les équilibres naturels.

3. Décrivez l'évolution des quantités ingérées de PCB chez l'Adulte et chez l'enfant pour la période 1976-1982. Donnez une explication de ces quantités après 1977.

## Exercice 11 :

Depuis très longtemps les énergies fossiles étaient la principale source d'approvisionnement en énergie. Mais en raison de leurs effets négatifs, l'approvisionnement est actuellement orienté vers d'autres sources. Le document 1 illustre les teneurs de gaz à effet de serre (GES) produites par les différentes sources d'énergie.

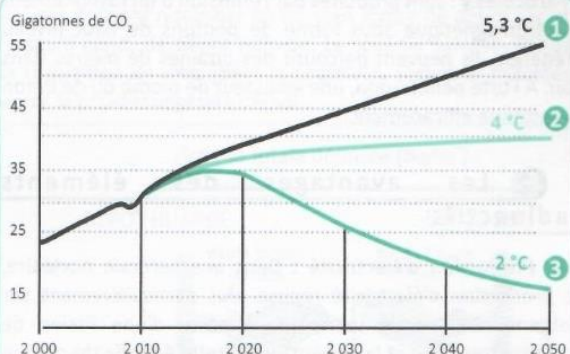
Production des GES en fonction de la source d'énergie utilisée



Document : 1

→ **Question : 1.** Donnez les catégories des différentes formes d'énergies présentées dans le document 1.  
2. En s'appuyant sur ces données et sur vos connaissances identifiez l'impact de l'une des catégories sur l'environnement.

Après la conférence sur le climat (COP21), tenue en 2015 à Paris, trois scénarios hypothétiques ont été étudiés (Doc 2).



- 1 Hypothèse pessimiste : hausse des températures de 5,3°C
- 2 Hypothèse Intermédiaire : hausse des températures de 4°C
- 3 Hypothèse optimiste : hausse des températures de 2°C

Document : 2

→ **Question : 3.** Comment atteindre la meilleure de ces hypothèses.



## Cours

### 1. Les éléments radioactifs et La radioactivité :

- Dans la matière, existent des éléments chimiques instables dont les noyaux atomiques émettent des radiations actives, sous forme de particules ;

- **Particules  $\alpha$**  : sont des noyaux d'hélium constitués de 2 protons et de 2 neutrons, de faible énergie, elles parcourent quelques centimètres dans l'air, une feuille de papier les arrête.

- **Particules  $\beta$**  : sont des électrons, chargés négativement ( $\beta^-$ ) ou des positrons, chargés positivement ( $\beta^+$ ). Ils réagissent fortement avec la matière, et parcourent quelques centimètres à quelques mètres dans l'air. Une feuille d'aluminium les arrête.

- **Particules  $\gamma$**  : sont produites par l'émission d'un rayonnement électromagnétique sous forme de photons de haut niveau d'énergie. Ils peuvent parcourir des dizaines de mètres dans l'air. A Forte pénétration, une épaisseur de plomb ou de béton les atténue efficacement.

### 2 Les avantages des éléments radioactifs

**2.1. Production d'électricité** : Dans une centrale nucléaire, la production d'électricité repose plus particulièrement sur l'obtention d'énergie thermique à partir d'une fission de noyaux atomiques et la conversion de cette énergie thermique en électricité.

**2.2. Datation absolue** : Selon le principe de la décroissance radioactive, les éléments radioactifs et leurs isotopes sont utilisés pour dater les restes d'organismes (fossiles) mais aussi pour dater les minéraux et les couches de roches.

**2.3. Les utilisations de la radioactivité et des matières radioactives**: En industries agro-alimentaires : Les radiations  $\gamma$  et les rayons X, à faible doses, sont utilisées en industries agro-alimentaires dans le traitement des produits destinés à l'alimentation.

Dans le domaine médical

Les applications de la radioactivité dans le domaine médical (L'imagerie nucléaire (scintigraphie), La radiothérapie) ont participé au progrès de la médecine surtout dans le diagnostic et le traitement de certaines maladies :

3. Les dangers de la pollution nucléaire

L'utilisation des matières radioactives, par l'homme dans les divers domaines, s'accompagne d'émissions de rayonnements radioactifs, ayant des conséquences aussi bien sur l'environnement que sur la santé de l'homme.

- **Sur la santé** : L'exposition aux fortes doses de radiations, induites par des accidents et tout autre usage de la radioactivité artificielle, entraîne des dégâts biologiques, qui sont des impacts sur les molécules organiques.

- **Sur l'environnement** : Les radioéléments issus de la source artificielle, libérés dans la nature, deviennent une source de contamination pour les milieux naturels. Ils causent une pollution nucléaire de l'eau de l'air et du sol. Les poussières radioactives amenées par les vents et les pluies ainsi que les eaux contaminées concentrent les radioéléments aux niveaux des sols et des eaux de surface. Les contaminants sont fixés par les plantes puis transférés aux herbivores et finissent chez l'Homme.

### 3 Les Problématique des déchets nucléaires et les alternatives écologiques.

#### Problématique des déchets nucléaires

Les déchets nucléaires correspondent aux matières radioactives non utilisables et non recyclables, destinées au stockage. Ils sont classés selon leur degré d'activité nucléaire et selon la durée de demi-vie.

Vu la longue durée d'activité des déchets nucléaires, et afin de contrer l'émission de leur radioactivité dans l'environnement, on les prépare pour les stocker dans les meilleures conditions de sécurité.

#### Problématique des alternatives écologiques

Parmi les sources d'énergie, le nucléaire dégage le moins de gaz à effet de serre. De plus, c'est une source moins coûteuse en termes de production d'électricité. Par ailleurs c'est aussi une source très rentable en production. Pour ces raisons, les défenseurs de cette source privilégient le nucléaire par rapport aux autres sources énergétiques. Cependant, les opposants réfutent catégoriquement l'utilisation de cette source comme alternative énergétique. Pour ces derniers, l'approvisionnement en énergies utilisables, à partir de l'énergie nucléaire s'accompagne de beaucoup de problèmes qui s'ajoutent la problématique de gestion des déchets radioactifs.



## EXERCICES

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### 1.1. Définir les mots ou expressions :

Demi-vie, pollution nucléaire, déchets nucléaires.

#### 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case qui lui correspond.

2.1 le classement progressif des unités de mesure de la radioactivité selon l'intensité de la radioactivité est le suivant:

- ☐ A. Gray → Becquerel → Sievert
- ☐ B. Sievert → Gray → Becquerel
- ☐ C. Sievert → Becquerel → Gray
- ☐ D. Becquerel → Gray → Sievert

2. Le MOX est un:

- ☐ A. déchet non radioactif ;
- ☐ B. est un déchet sans danger ;
- ☐ C. combustible radioactif recyclé ;
- ☐ D. rayonnement nucléaire.

3. le classement progressif des rayonnements selon leur degré de pénétration dans la matière est le suivant :

- ☐ A. Particules  $\alpha$  → Particules  $\gamma$  → Particules  $\beta$
- ☐ B. Particules  $\alpha$  → Particules  $\beta$  → Particules  $\gamma$
- ☐ C. Particules  $\gamma$  → Particules  $\beta$  → Particules  $\alpha$
- ☐ D. Particules  $\beta$  → Particules  $\alpha$  → Particules  $\gamma$

4. le noyau de l'atome est une combinaison de nucléides répartis entre:

- ☐ A. protons de charges nulles, neutrons de charges positives et électrons de charges négatives;
- ☐ B. protons de charges positives, neutrons de charges négatives et électrons de charges nulles;
- ☐ C. protons de charges négatives, neutrons de charges nulles et électrons de charges positives;
- ☐ D. protons de charges positives, neutrons de charges nulles et électrons de charges négatives.

#### 3. Question à appariement

Reliez chaque action de la liste 1 avec à son intérêt de la liste 2 :

##### Liste 1: Actions

- |                   |   |                                |
|-------------------|---|--------------------------------|
| 1. Vitrification  | ○ | ○ a. libération de chaleur     |
| 2. Ionisation     | ○ | ○ b. traitement des cancers    |
| 3. Désintégration | ○ | ○ c. libération de chaleurs    |
| 4. Fission        | ○ | ○ d. ralentissement radioactif |
| 5. Radiothérapie  | ○ | ○ d. conservation d'aliments   |

#### 4. Vrai ou faux

- |   |  |
|---|--|
| A. Les essais nucléaires ne sont pas polluants.                 |  |
| B. L'énergie nucléaire est plus rentable que l'énergie fossile. |  |

C. Les couches géologiques d'argile sont utilisées pour le stockage des déchets nucléaires car elles sont stables et imperméables.

D. La fission produit de l'énergie sous forme de chaleur.

E. La demi-vie correspond à la quantité de chaleur émise par une particule lorsque sa masse se réduit à moitié.

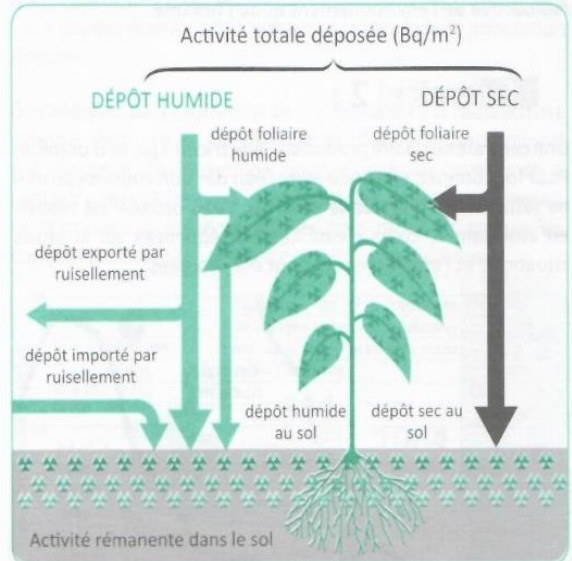
F. la matière radioactive est utilisée dans le domaine agroalimentaire pour assurer une meilleure conservation des produits alimentaires.

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

#### Exercice 1 :

Les conditions d'une contamination radioactive sont liées à la diffusion dans l'atmosphère de particules gazeuses, liquides ou solides, ayant un certain taux de radioactivité. Pour déterminer les conditions et les voies de cette contamination on vous propose les documents suivants :

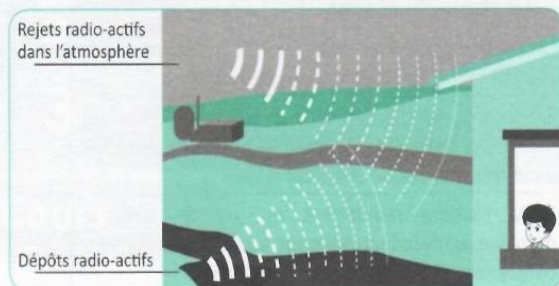
**Document : 1** : Au sein des masses d'air contaminées par la radioactivité, les radionucléides non gazeux sont transportés sous forme de particules, appelés aérosols. Au fil du temps, ils vont finir par retomber au sol sous forme de dépôt sec et, lorsqu'il pleut, de dépôt humide. Le schéma suivant illustre la répartition de retombées radioactives, sèches et humides, entre le couvert végétal et le sol.



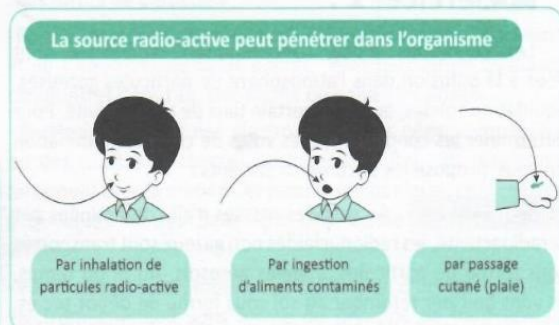
**Document : 2** On parle d'irradiation pour une exposition externe aux rayonnements ionisants, c'est-à-dire lorsqu'une personne se trouve exposée de l'extérieur par les rayonnements ionisants émis par une source radioactive située



dans son voisinage. Le schéma suivant représente les deux types d'exposition aux rayonnements ionisants.



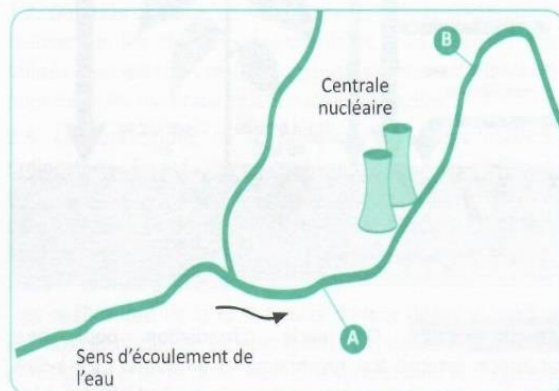
**Document : 3** On parle de contamination pour une exposition interne aux particules radioactives, c'est-à-dire quand des éléments radioactifs ont pénétré à l'intérieur de l'organisme. Le schéma suivant représente les voies de contamination radioactive.



→ **Question :** Traduisez les données de ces documents sous forme d'un texte qui met en relation la contamination radioactive de l'environnement et de l'homme.

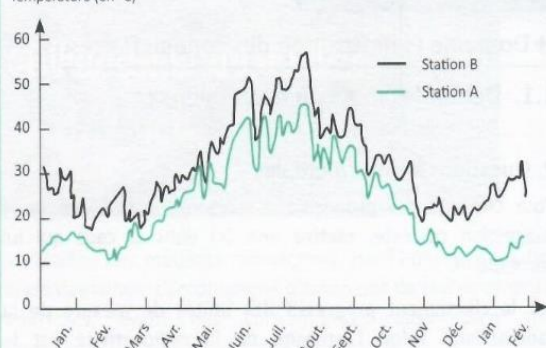
## Exercice 2 :

Une centrale nucléaire produit de l'électricité à partir d'uranium. Pour fonctionner, elle prélève de l'eau dans un cours d'eau afin de refroidir les tours de la centrale. L'eau utilisée est rejetée en aval dans le cours d'eau. Les conséquences sur la faune aquatique et l'environnement ont été évaluées.

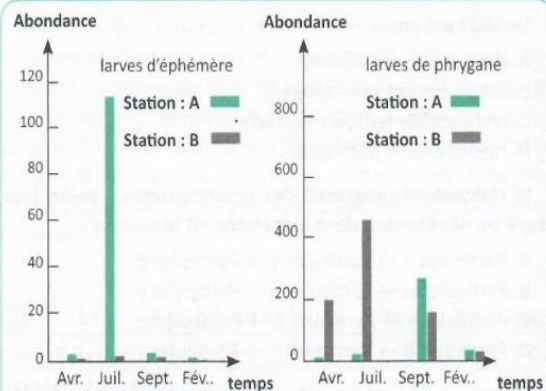


**Document : 1** Emplacement de la centrale nucléaire

Température (en °C)



**Document : 2** Evolution de la température du cours d'eau en amont et en aval de la centrale nucléaire.



**Document : 3** Abondance des larves de deux espèces d'insectes au mois de juillet

→ **Question : 1.** Analysez le document 2 et montrez le type de pollution causée par la centrale.  
**2.** Montrez l'impact de cette centrale sur la vie aquatique.  
**3.** Proposez une solution au problème posé par cette centrale.

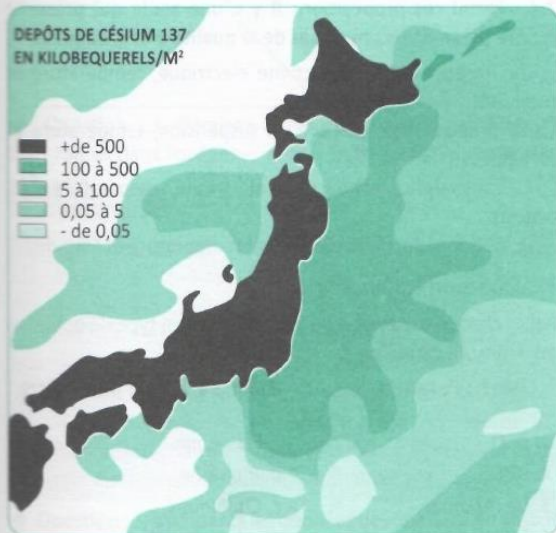
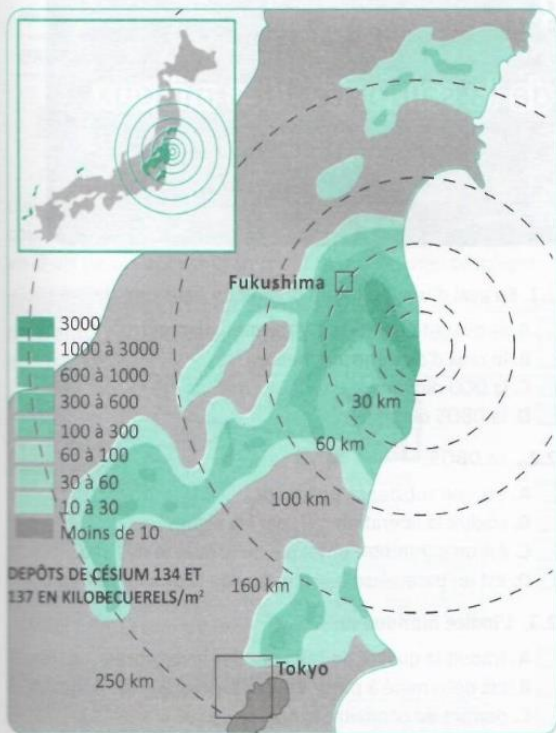
## Exercice 3 :

L'accident nucléaire de Fukushima, également désigné comme la catastrophe de Fukushima, est un accident industriel majeur qui a commencé le 11 mars 2011 au Japon, à la suite du séisme et du tsunami de 2011.

Pour déterminer l'impact de cet accident sur l'environnement et la santé on propose les documents suivants.

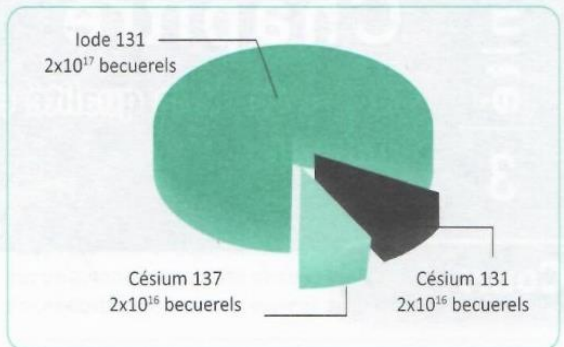
Le document 1 représente la contamination des sols par les éléments radioactifs provenant des rejets atmosphériques (figure 1) et la contamination des eaux salines suite à la diffusion de ces éléments à partir du lieu de l'accident.





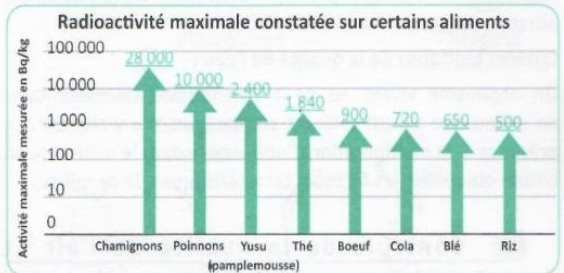
→ **Question : 1.** Décrivez la répartition de la radioactivité dans l'air et dans l'océan, et cela à partir du lieu de l'accident.

Parmi les nombreux radionucléides rejetés lors des explosions, les plus dangereux pour la population sont l'iode 131, qui a une durée de vie courte (sa quantité décroît de moitié tous les huit jours par désintégration), et les césiums 134 et 137 (dont les « périodes » sont respectivement de deux ans et de 30 ans).



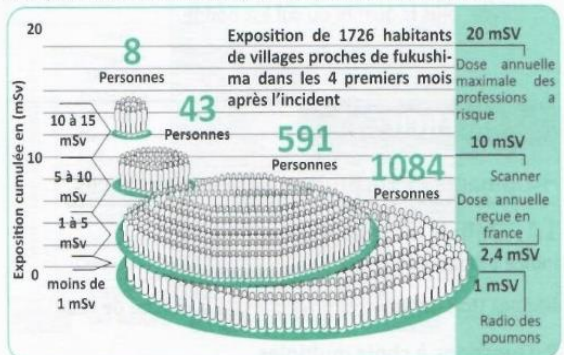
→ **Question : 2.** Comparez le taux de ces éléments radioactifs et précisez quel est l'élément le plus dangereux. Justifiez votre réponse.

Plus de 10000 analyses ont été réalisées sur divers aliments, au cours des mois suivant l'accident. Le document 3 présente les données de cette analyse par rapport aux normes de consommation (500 Bq/kg).



→ **Question : 3.** Quelles sont les informations que vous pouvez tirer à partir de ce document ? Et quels sont les conseils que vous pouvez donner pour préserver la santé de la population sinistrée.

Des analyses sur l'exposition de la population à la radioactivité externe (hors de la consommation d'aliments contaminés) ont concerné un échantillon limité. Quant aux ouvriers de la centrale, des milliers ont bien reçus des doses bien élevées. Le document 4 présente les résultats de cette analyse en comparaison avec les doses d'exposition quotidienne.



→ **Question : 4.** Comparez les doses de cette analyse avec les doses d'exposition quotidienne. Donnez une conclusion.



## Chapitre 4

## Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels

## Cours

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

- Le contrôle de la qualité de l'eau est suivi selon des critères physicochimiques. Certains de ces critères sont mesurés sur place (température, transparence, turbidité, conductivité électrique,  $O_2$  dissous, pH) alors que d'autres sont mesurés au laboratoire sur des échantillons prélevés au terrain (phosphates, nitrates, sulfates, chlore, DBO5, DCO).

## Critères biotiques de la qualité de l'eau :

Un organisme vivant ne peut vivre convenablement dans un milieu que s'il est tolérant aux facteurs qui y règnent. La présence et la multiplication d'une espèce dans le milieu est un critère qui reflète les facteurs caractéristiques de ce milieu.

## 2 Contrôle de la qualité de l'air et du sol et les mesures de protection des milieux naturels

## Détermination de l'état de l'air :

La détermination de l'état de l'air repose principalement sur les polluants qui y sont en suspension et les gaz qui y sont dissous.

## Détermination de la qualité des sols :

L'évaluation de la qualité du sol est permise en s'appuyant sur des organismes sensibles à la pollution. Ils sont utilisés pour déterminer l'indice biotique IBQS. Plus la valeur de cet indice est élevée, plus la qualité du sol est bonne.

## EXERCICES

## → Domaine I : Restitution des connaissances.

## 1.1. Définir les mots ou expressions :

Indice biotique, DCO

Donnez trois paramètres physiques de la qualité de l'eau.

## 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

## 2.1. En aval d'une pollution organique dans une rivière :

- ☐ A. la quantité de microorganismes augmente,
- ☐ B. le taux d'oxygène augmente,
- ☐ C. la DCO diminue,
- ☐ D. la DBO5 diminue.

## 2.2.. La DBO5:

- ☐ A. est une substance polluante.
- ☐ B. traduit la libération d' $O_2$  par les algues.
- ☐ C. est un paramètre physique de la qualité de l'eau.
- ☐ D. est un paramètre biochimique de la qualité de l'eau.

## 2.3. L'indice biotique IB:

- ☐ A. traduit la qualité de l'eau par des invertébrés.
- ☐ B. est déterminé à partir des bactéries.
- ☐ C. permet de connaître la qualité du sol.
- ☐ D. aucune réponse n'est juste.

## 2.4. Parmi ces propositions il y a une seule qui présente quatre paramètres physiques de la qualité d'eau. Laquelle ?

- ☐ A. Transparence, conductivité électrique, température et turbidité.
- ☐ B. Transparence, matière en suspension, température et turbidité.
- ☐ C. Transparence, conductivité électrique, température et  $O_2$  dissous.
- ☐ D. DCO, conductivité électrique, température et turbidité.

## 3. Question à appariement

Reliez chaque paramètre de la liste 1 avec un type de pollution qu'il mesure de la liste 2 :

## Liste1 : Paramètre

## Liste 2 C'est un paramètre

- |                |   |                 |
|----------------|---|-----------------|
| 1. DCO         | ○ | ○ a. Biologique |
| 2. DBO5        | ○ | ○ b. Physique   |
| 3. Chironomes  | ○ | ○ c. Chimiques  |
| 4. Température | ○ |                 |

## 4. Vrai ou faux

A. Ils existent des êtres vivants qui tolèrent les milieux pollués.	
B. La répartition de la faune dans un cours d'eau est influencée par le degré de pollution de l'eau.	
C. la turbidité est un critère biotique de la qualité de l'eau.	
D. Au Maroc il y a des réserves naturelles, et il veille à leur préservation.	

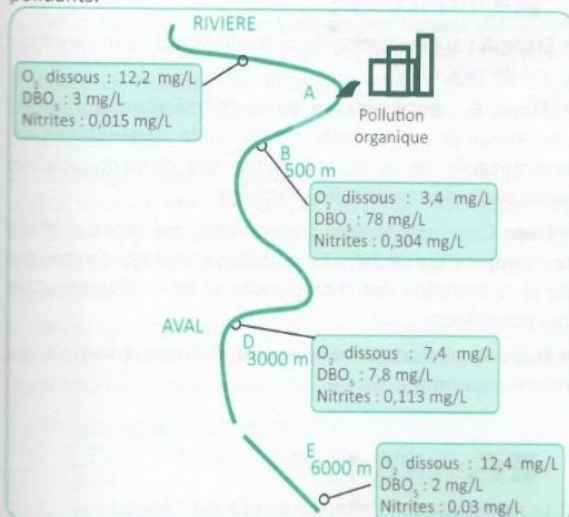


## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

Plusieurs industries et élevages (laiteries, abattoirs, élevages intensifs...) rejettent des polluants dans les eaux courantes. Pour déterminer la réaction de ces milieux naturels vis-à-vis de ces polluants on propose les documents suivants.

**Document 1** : les résultats d'analyse de l'eau dans différents endroits d'une rivière qui reçoit des éléments polluants.



→ **Question** : 1. Décrivez la répartition de la radioactivité dans l'air et dans l'océan, et cela à partir du lieu du rejet des polluants.

**Document 2**

Les micro-organismes, qui sont en fait des bactéries, sont capables de consommer ces matières organiques (protéines, lipides, fibres de cellulose, ....) en les oxydant. Elles en retirent beaucoup d'énergie et se multiplient. Parallèlement elles libèrent des éléments minéraux tels que les nitrites, les nitrates, les phosphates, les sels ammoniacaux, les chlorures, ... Rappelons que ces sels minéraux sont la base de la nutrition des végétaux chlorophylliens autotrophes, qui sont eux-mêmes le premier maillon des chaînes alimentaires

→ **Question** : 1. Comparez les données des analyses en amont et aval de la rivière. Donnez une conclusion.

2. Utilisez les informations données par le document 2 afin de montrer que l'autoépuration naturelle du milieu permet de ne pas trop perturber l'écosystème « rivière » en préservant la vie des différents organismes qui l'occupent.

### Exercice 2 :

Lors d'une sortie écologique les élèves ont prélevé des invertébrés qui vivaient dans l'eau d'une rivière dans 2 zones différentes de ce cours d'eau. Le document 1 présente l'emplacement de ces deux prélèvements.



Pour déterminer la qualité de cette eau ils ont réalisé des observations, à la loupe binoculaire, des échantillons dans le but de connaître la qualité de l'eau de la rivière. Les résultats de ces observations sont présentés dans le document 2.

#### Echantillon de la zone 1

Ecdyonurides



Tricopètes



Plécopètes

Phrygane



Phrygane

#### Echantillon de la zone 2

Chironome plumeux



Culex



Aselle

Tubifex

Tubifex

Erystale



Une fois qu'ils ont identifié les espèces, ils ont pu utiliser le tableau suivant qui détermine l'indice biotique de l'eau, c'est-à-dire sa qualité.

Animaux	Nombre total d'unités systématiques présentes				
	0 à 1	2 à 5	6 à 10	11 à 15	16 et plus
Perles	6	7	8	9	10
Phryganes	5	6	7	8	9
Ancylidés	4	5	6	7	8
Ephémères	3	4	5	6	7
Odonates	2	3	4	5	6
Gammarus	1	2	3	4	5
Mollusques	0	1	2	3	4
Aselles	0	1	2	3	4
Sanguisues	0	1	2	3	4
Sphéridés	0	1	2	3	4
Hémiptères	0	1	2	3	4
Tubifex	0	1	2	3	4
Chironomes	0	1	2	3	4
Erystales	0	1	2	3	4

Eau polluée

Eau limée

Eau propre

→ **Question** : 1. A partir de l'exploitation des documents 2 et 3 déterminez, en justifiant votre réponse, la qualité de l'eau dans ces deux zones de prélèvement.

2. Expliquez les différences constatées.

profsalmi.blogspot.com



## Les ordures ménagères résultant de l'utilisation de des matières organiques et inorganiques

### → Restitution des connaissances.

#### 1. questions à réponse courte:

1.1.

a. **ordures ménagères**: ensemble des déchets résultant de l'activité des ménages. Ces déchets sont collectés de façon traditionnelle ou organisée dans le cadre des services public.

b. **lixiviât**: liquide chargé de polluants et de microbes, issu de l'infiltration des eaux à travers les ordures ménagères.

c. **compostage**: traitement biologique des déchets organiques qui subissent une décomposition aérobie sous l'action de micro-organismes et de la microfaune.

d. **Eutrophisation**: Détérioration d'un écosystème aquatique par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques.

1.2.

a. compostage et production du biogaz.

b. plastiques polymères synthétiques.

#### 2. Questions à choix multiples :

1. - B

2. - C

3. - B

4. - A

#### 3. Question à appariement :

(1 → d) ; (2 → c) ; (3 → a) ; (4 → b).

#### 4. Vrai ou faux :

A: faux

B: faux

C: faux

D: vrai

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

- **Comparaison** : les ordures ménagères au Maroc sont plus riches en matières organiques qui atteignent 65% en comparaison avec les ordures ménagères en France où elles ne représentent que 32%. Par contre les ordures en France sont plus riches en textile, papiers, carton et verre.

- **Conclusion** : A partir de la composition de nos ordures ménagères on peut déduire que le compostage constitue la meilleure solution pour réduire nos déchets et pour fabriquer du compost, très utile pour l'agriculture, suivi par le tri des éléments recyclables

#### Exercice 2 :

1. L'utilisation du verre de recyclage a connu une augmentation importante de 26% à 50%, la même chose pour l'acier qui est passé de 47% à 60%. Alors que l'utilisation du plastique, des métaux non ferreux et du papier et carton a connu une légère

augmentation.

2. Par comparaison au taux de la matière première primaire, le taux de la matière première de recyclage est :

- presque identique pour l'acier et le verre ;
- plus faible pour les métaux non ferreux et le plastique ;
- plus importante pour le papier et carton.

3. le tri des déchets fournit plusieurs types de matières premières pour différentes industries, avec un coût inférieur en comparaison avec les matières premières primaires, ce qui permet aux entreprises et aux Etats d'économiser d'importantes sommes d'argent.

#### Exercice 3 :

• **Etape A** : augmentation de la température du mélange qui passe de 18°C à 45°C ;

• **Etape B** : augmentation de la température qui atteint une valeur de pointe égale à 70°C. Cette augmentation est accompagnée de la décomposition des éléments solubles suivie par la destruction des champignons ;

• **Etape C** : refroidissement progressive du mélange qui atteint une température de 30°C. Ce refroidissement est accompagné de la restauration des champignons et de la décomposition des polymères ;

• **Etape D** : maturation du compost qui connaît l'arrivée des macro-organismes.

#### Exercice 4 :

##### 1. La méthanisation s'effectue en plusieurs étapes :

- Les matières organiques, récupérées des domaines agricoles industriels et des collectivités locales, sont stockées pour être ensuite incorporées directement dans le digesteur,
- Au sein du digesteur et en l'absence d'oxygène (digestion anaérobie), la matière organique est dégradée par des micro-organismes. Une suite de réactions biologiques qui conduit à la formation de biogaz et d'un digestat (substrat digéré) ;
- Après avoir séjourné 30 à 40 jours dans le digesteur, le substrat digéré est stocké dans une fosse.
- Enfin, le digestat est épandu dans les cultures comme engrais.

##### 2. Les avantages de la méthanisation pour l'économie :

- Economie d'énergie par la production d'électricité (énergie renouvelable) ;
- indépendance énergétique en supprimant une partie des frais liés à l'énergie (électricité, chauffage) ;
- Réduction de l'achat des engrais par la valorisation des digestats.
- Participation à l'activité économique du territoire régional.

##### - Les avantages de la méthanisation pour l'environnement :

- Production d'énergie renouvelable locale,
- Réduction des gaz à effet de serre,
- Solution alternative et locale pour le traitement des co-produits agricoles, d'où une réduction des transports et une valorisation en énergie et en engrais,
- Réduction des odeurs.



## La pollution liée à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques et inorganiques dans les industries chimiques, alimentaires et minérales

### → Restitution des connaissances.

#### 1. Définir les mots ou expressions :

a. **L'effet de serre** : est un phénomène naturel par lequel une partie de l'énergie solaire qui est émise par la terre est absorbée et retenue sous forme de chaleur dans la basse atmosphère. L'effet de serre est causé par des gaz contenus dans l'atmosphère.

b. **Catastrophe technologique** : catastrophe provoquée par une technologie mal maîtrisée, qui se traduit habituellement par une forte mortalité chez les populations affectées et n'induit, en règle générale, aucun dommage pour la nature et ses ressources.

c. **Ozone**: Gaz contenant trois atomes d'oxygène dans chaque molécule. Présent dans la haute atmosphère, il protège la Terre de la majorité du rayonnement ultraviolet.

#### 2. Questions à choix multiples :

1. - A      2. - A      3. - A      4. - A

#### 3. Question à appariement :

(1 → a) ; (2 → d) ; (3 → c) ; (4 → d) ; (5 → b).

#### 4. Vrai ou faux :

A.faux B. faux C. vrai D. faux E.vrai F.faux G.vrai H.vrai

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

1. Les valeurs de  $\text{NO}_2$  et de  $\text{SO}_2$  atteintes lors du smog sont très supérieures à celles recommandées par l'OMS : la valeur de  $\text{NO}_2$  est 3 fois plus grande et celle de  $\text{SO}_2$  est 5 fois plus grande.

**Conclusion** : Le brouillard du smog est très riche en  $\text{NO}_2$  et  $\text{SO}_2$  dont les valeurs dépassent largement les valeurs recommandées par l'OMS.

2. Le document 2 montre que les différents polluants augmentent de façon notable le risque de mortalité surtout pour le  $\text{NO}_2$  et le  $\text{SO}_2$  qui peut atteindre 5,3% de mortalité cardio-vasculaire et 5,6% de mortalité respiratoire.

Les deux documents montrent que le  $\text{NO}_2$  et le  $\text{SO}_2$  causent des troubles respiratoires et cardio-vasculaires sous forme d'inflammations, d'infections, de crises d'asthme...

#### Exercice 2 :

1. Le trou d'ozone en septembre 2006 couvre une vaste région au-dessus de l'Antarctique en comparaison avec le mois d'avril 2006. On peut expliquer ces observations par une destruction du gaz ozone de l'atmosphère dans cette zone.

2. Certains polluants comme les CFC se dissocient dans l'atmosphère et produisent l'oxyde du chlore  $\text{C}\ell\text{O}$ . En réagissant entre eux les molécules de  $\text{C}\ell\text{O}$  produisent du chlore  $\text{C}\ell$  selon la réaction chimique suivante :  $\text{C}\ell\text{O} + \text{C}\ell\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{C}\ell$

Le chlore  $\text{C}\ell$  réagit à son tour avec l'ozone  $\text{O}_3$  et le détruit selon la réaction chimique suivante :  $\text{C}\ell\text{O} + \text{O}_3 \longrightarrow \text{C}\ell\text{O} + \text{O}_2$

3. l'utilisation des CFC conduit à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique, surtout au-dessus de l'Antarctique, ce qui conduit à la diminution de son épaisseur. Ainsi la surface de la terre reçoit un taux élevé des rayonnements UVB qui peuvent causer des dégâts au niveau des yeux, de la peau, et détruire l'ADN des cellules ce qui augmente le risque de cancer de la peau.

#### Exercice 3 :

L'indice de pollution des différents éléments a augmenté en 2003. Cette dégradation de la qualité de l'air, peut être attribuable aux conditions météorologiques particulières du mois d'août.

Si on prend l'indice de 2000 comme repère on constate que :

- Les teneurs en **ozone** ( $\text{O}_3$ ) sont restées au-dessus de leur niveau de 2000 ( $\approx +5$ ) ;
- Les concentrations en  $\text{NO}_2$  (**dioxyde d'azote**) sont en légère baisse ( $\approx -12$ ) ;
- les particules en suspension sont aussi en légère baisse ( $\approx -15$ ) ;
- Les concentrations en  $\text{SO}_2$  ont significativement diminué ( $\approx -63$ )
- L'indice global montre que la qualité de l'air des villes de France est globalement améliorée entre 2000 et 2008 ( $-20$ ).

On peut déduire de l'évolution des indices d' $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , et de  $\text{PM}_{10}$  qu'ils n'ont pas une influence significative sur l'amélioration de la qualité de l'air.

On peut contribuer cette amélioration de la qualité de l'air à la diminution significative des concentrations en  $\text{SO}_2$  (dioxyde de soufre). Cette baisse, semble être obtenue grâce à l'utilisation de combustibles désulfurés et les systèmes de dépollution des fumées.

#### Exercice 4 :

Globalement et tous secteurs confondus, les quantités émises d'azote dans l'eau en Belgique ont diminué de 34% entre 1985 et 2005.

Les quantités d'azote émises par l'industrie ont baissé de 87% entre 1985 et 2005 grâce à l'optimisation des processus et à une meilleure épuration des eaux. Les quantités émises par les ménages ont baissé de 26% (-26%). Cette



dernière diminution est probablement liée à l'obligation, depuis 1995, de prévoir progressivement des systèmes d'épuration des eaux d'égouttage éliminant l'azote. Les quantités d'azote émises par le secteur agricole ont fortement augmenté (30%) entre 1985 et 2000 et ont ensuite baissé de 18% entre 2000 et 2005. La diminution observée est probablement liée à une diminution de l'utilisation d'engrais inorganiques, à une diminution du cheptel et à une augmentation du traitement des effluents d'élevage.

### Exercice 5 :

1. les informations qui permettent de qualifier cette station de station biologique c'est le fait qu'elle utilise des roseaux et que l'épuration de l'eau repose sur la consommation des matières organiques des eaux polluées par les micro-organismes.
2. les arguments pour la station dite « filtre planté de roseaux » : coût moyen en électricité nul, entretien simple, nécessite un nettoyage tous les 10 ans, un coût d'exploitation bas en comparaison avec les stations classiques, en plus elle a une capacité qui suffit le nombre d'habitants du village.

### Exercice 6 :

1. Le document 1 montre que les teneurs en nitrates des eaux du sous-sol sont plus bas dans les forêts, les bocages et les polycultures et cela en comparaison avec les cultures intensives et les zones urbaines. Le document 2 montre que l'utilisation de ray-grass empêche l'infiltration d'une grande quantité des sels minéraux dans l'eau du sous-sol. Donc parmi les facteurs pouvant améliorer la qualité de l'eau du sous-sol on note, le développement de la surface des forêts, l'utilisation des polycultures au lieu des cultures intensives, et l'association de la plante ray-grass à certaines cultures comme le maïs.
2. Parmi les précautions à prendre pour maintenir la potabilité de l'eau, puisée des nappes phréatiques, le choix des lieux de forage des puits d'eau qui doivent être près des milieux naturels et loin des zones de cultures intensives et des zones urbaines et industrielles, en plus le contrôle continu de la qualité des eaux de ces puits.

### Exercice 7 :

1. Dans le domaine agricole, l'homme utilise trop de composés azotés dans les sols (comme le lisier) pour augmenter le rendement des cultures. Le document 2 montre que la teneur en nitrates augmente au dessus des normes de potabilités après l'utilisation du lisier, car l'excès des composés azotés est transformé en nitrates et en nitrites qui s'infiltrent vers les eaux souterraines et polluent la nappe phréatique.
2. Le polluant étudié par ces documents est les ions nitrates. Ces ions proviennent de la transformation des composés dans le sol par les micro-organismes. Il y a un risque de la transformation de ces nitrates en nitrites dans l'eau utilisée pour préparer le lait des bébés. L'ingestion de ces nitrites par le bébé peut entraîner chez lui une cyanose.

3. le document 2 montre que l'arrêt du lisier et la mise en herbe ont entraîné une diminution de la teneur en nitrates dans les eaux souterraines. Donc pour limiter la pollution des eaux souterraines par les nitrates il faut utiliser les composés azotés dans les cultures de façon raisonnée en respectant les normes, et améliorer les pratiques agricoles.

### Exercice 8 :

1. Depuis 1998 l'indice de pollution est resté stable au tour de la valeur 100 pour les nitrates, alors que pour les orthophosphates il a connu une diminution progressive de 100 à 65 en 2001 et s'est stabilisé autour de cette valeur avant de diminuer à nouveau après l'année 2005.
2. Les agriculteurs utilisent fréquemment des engrais, à base d'azote, pour accélérer leurs cultures. Ces engrais inorganiques sont rejetés dans l'eau des rivières et parviennent dans les eaux d'un lac. Ils servent alors de nourriture aux algues vertes qui vont se multiplier activement en surface. Ce phénomène constitue un écran empêchant la pénétration de la lumière dans l'eau, pénétration nécessaire au rejet d'oxygène par les végétaux verts : les eaux profondes du lac subissent un appauvrissement en oxygène, d'où la mort des végétaux du lac. Les végétaux morts sédimentent en profondeur et subissent une décomposition par les micro-organismes associé à une consommation du dioxygène. Après épuisement de ce gaz en profondeur la matière organique subit une fermentation productrice de substances toxiques pour les animaux.
3. Les teneurs en orthophosphates dans les cours d'eau ont globalement baissé de moitié entre 1998 et 2007, grâce aux meilleurs traitements en stations d'épuration et à la baisse sensible de l'utilisation des engrais phosphatés. Toutefois, la baisse modérée des recours aux engrais azotés n'a pas eu d'effet sensible sur les teneurs en nitrates qui, selon les régions, demeurent stables voire en légère hausse.

### Exercice 9 :

1. Il s'agit d'une « marée noire » qui affecte principalement les espèces qui franchissent l'interface eau-air (oiseaux, mammifères) mais aussi les espèces strictement aquatiques et qui souille les côtes avec des conséquences écologiques (réduction de populations voire disparition d'espèces endémiques) et économiques (tourisme, pêche, pisciculture conchyliculture, etc.)
2. Le vent a tourné et pris toutes les directions au fil des jours ce qui explique la dispersion de la nappe sur toute la côte.
3. La vitesse moyenne de la nappe a été d'environ 150 km en 19 jours.  

$$D'où \frac{150}{19} \times 24 = 0.33 \text{ km/h.}$$
 Alors que le vent, dans le même temps, avait une vitesse d'environ 46 Km/h équivalant à 24,8 nœuds. Donc la nappe se déplace moins vite que la vitesse du vent. On peut dire que l'extension de la nappe se fait en fonction de la vitesse et de la direction du vent.



## Exercice 10 :

1. Les pays les plus industrialisés (USA, ancien URSS, l'Allemagne occidentale..) consomment plus de 80% de PCB. Donc ce sont ces pays qui participent le plus dans la pollution de l'environnement (eau, air et sols) par ce produit qui est pratiquement non biodégradable.
  2. L'utilisation industrielle intensive de PCB a pour conséquence la pollution de l'environnement. Dans le milieu aquatique le PCB passe dans les cellules du phytoplancton, et s'accumule progressivement d'un maillon à l'autre de la chaîne alimentaire. Il atteint 124 ppm chez le goéland argenté qui est le dernier maillon de cette chaîne alimentaire. Cette bioamplification cause une toxicité pour les espèces de cette chaîne et entraîne la disparition de certains maillons et par la suite le déséquilibre du milieu naturel.
  3. Depuis 1976 l'ingestion quotidienne de PCB par l'homme (adulte et enfant) a augmenté rapidement. Elle a atteint le pic de 0,025 µg/kg/jour en 1977 pour l'enfant, et le pic de 0,027 µg/kg/jour en 1978 pour l'adulte. Après ces pics ces valeurs ont chuté considérablement. Après 1982 ingestion de PCB s'est annulée chez l'adulte.
- On peut expliquer la diminution de ces quantités après 1977 par l'évolution de la réglementation qui limite et interdit progressivement l'utilisation de PCB et exige la prise de mesures permettant de préserver le milieu naturel de ce polluant.

## Exercice 11 :

1. Le gaz naturel, l'essence, le diesel et le fioul sont des sources d'énergie fossile puisée du sous-sol. Les énergies hydraulique, solaire, éolienne et géothermique sont des énergies renouvelables.
2. Les énergies fossiles produisent de grandes quantités de GES, ce qui contribue à l'augmentation progressive de la température du globe terrestre entraînant la fonte des glaces polaires, des perturbations climatiques, la sécheresse dans certaines régions et les inondations dans d'autres.
3. la meilleur de ces hypothèses est l'hypothèse optimiste qui prévoit une hausse de température de 2°C. Pour atteindre cette hypothèse les différents pays doivent prendre des mesures pour diminuer progressivement les émissions de GES (surtout le CO<sub>2</sub>) de 35 Gigatonnes à 15 Gigatonnes dans l'horizon de 2050.

## CORRIGÉS CHAPITRE 3

### Les matières radioactives et l'énergie nucléaire

#### → Restitution des connaissances.

#### 1. Définir les mots ou expressions :

d. **Demi-vie:** dans le domaine de la radioactivité, la demi-vie, également appelée période radioactive, est le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs d'une source se sont désintégrés.

e. **Pollution radioactive:** Il s'agit de l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels.

f. **Déchets nucléaires:** sont des matières liquides, solides ou gazeuses abandonnées ou destinées à l'abandon contenant des éléments émettant des rayonnements ionisants et dont la radioactivité est telle qu'une dispersion est susceptible de créer des dommages pour la santé et l'environnement.

#### 2. Questions à choix multiples :

1. - D      2. - C      3. - B      4. - D

#### 3. Question à appariement :

(1 → d) ; (2 → e) ; (3 → b) ; (4 → a) ; (5 → c)

#### 4. Vrai ou faux :

A.faux    B. vrai    C. vrai    D. vrai    E.faux    F.vrai

#### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

## Exercice 1 :

Lorsqu'une source radioactive contamine l'air, les particules radioactives sont transportées sous forme de nuage radioactif, et tombent sur les plantes et sur le sol qui seront contaminés. Cette contamination a des effets nocifs directs sur les animaux et les végétaux, et indirects par contamination des chaînes alimentaires.

Les dangers des matières radioactives pour la santé de l'homme peuvent provenir d'une exposition aux rayonnements ionisants émis par une source radioactive, ce qui cause des atteintes plus ou moins graves suivant la quantité de rayonnement et la durée de l'exposition

La contamination de l'homme peut également se produire par inhalation des particules radioactives présentes dans l'air, par ingestion d'aliments contaminés par des particules radioactives, ou via contact direct avec la peau ou une plaie suite à une exposition aux dépôts radioactifs sur les terres qui se sont produits lors du passage du nuage. Lors d'une contamination, l'exposition aux particules radioactives se poursuit tant que la source est à l'intérieur ou au contact du corps.

## Exercice 2 :

1. La température de l'eau subit une variation au cours de l'année qui est due à la température des saisons. Mais la température de l'eau dans la station B en aval de la centrale nucléaire est globalement supérieure à celle de l'eau de la station A qui est en amont, cette différence peut atteindre 15°C. Cette augmentation de la température de l'eau dans la station B est qualifiée de pollution thermique.
2. le document 3 montre que dans les conditions normales



de la station A, les larves d'éphémères se développent pendant le mois de juillet, et les larves de phryganes pendant le mois de septembre. Alors que dans la station B polluée le développement des larves d'éphémères est inhibé pendant le mois de juillet, et les larves de phryganes se développent aux mois d'avril, juillet et septembre. Donc la pollution thermique cause une perturbation dans le cycle de vie et le rythme de développement des animaux du cours d'eau qui sont sensibles aux variations de température.

3. Pour préserver l'équilibre du milieu naturel on doit respecter les normes écologiques de l'eau déversée dans le milieu naturel après son utilisation dans la centrale nucléaire. Pour cela cette eau doit subir un traitement qui rétablit sa température normale.

## Exercice 3 :

1. Dans la zone où se trouve la centrale nucléaire la contamination des sols est très élevée. Elle a atteint 600 à 1000 kilobecquerels/m<sup>2</sup> sur un rayon de 50km environ, puis elle a diminué progressivement en s'éloignant de la centrale. Au niveau de l'océan la contamination est très élevée près de la centrale nucléaire. Elle a atteint 100 kilobecquerels/m<sup>2</sup>, puis elle a diminué progressivement en s'éloignant vers le large.

2. L'explosion a rejeté l'iode avec un taux très élevé qui a dépassé 80% en comparaison avec le césium 134 et 137. Même si la durée de vie de l'iode 131 est courte il peut contribuer à une augmentation des cas de cancer de la thyroïde. Alors que la présence de césium 137, de durée de vie longue, conduit donc à une exposition durable de la population au rayonnement gamma, mais aussi à un risque de contamination chronique de la production alimentaire.

3. On remarque que la radioactivité est au-dessus des normes de consommation pour tous les aliments sauf pour le riz, puisqu'elle dépasse 500Bq/kg, et surtout pour les champignons (28000 Bq/kg) et les poissons (10000Bq/kg). Pour préserver la santé de la population sinistrée il faut éviter de consommer les aliments qui ne respectent pas les normes de radioactivité et faire un suivi médical surtout pour les personnes les plus exposées.

4. Huit personnes ont reçu une dose élevée de 10 à 15 mSv dans 4 mois, alors que 43 personnes ont reçu 5 à 10 mSv. Ces doses sont considérées importantes en comparaison avec les doses annuelles et les personnes exposées doivent subir un suivi médical. Les autres personnes ont reçu des doses faibles de radioactivité.

## CORRIGÉS CHAPITRE 4

### Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels

#### → Restitution des connaissances.

#### 1. Définir les mots ou expressions :

1.1 a. **Indice biotique**: l'indice biotique de qualité des eaux

est établi en fonction du nombre d'organismes récoltés et de leur degré de sensibilité à la pollution. Il permet d'évaluer la qualité biologique de l'eau.

**b.DCO**: La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en dioxygène par les oxydants. Elle représente quasiment tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau, par exemple les sels minéraux et les composés organiques

1.2. la température, la conductivité et la transparence de l'eau.

#### 2. Questions à choix multiples :

1. - A      2. - D      3. - A      4. - A

#### 3. Question à appariement :

(1 → c); (2 → a); (3 → a); (4 → b).

#### 4. Vrai ou faux :

A. vrai    B. vrai    C. faux    D. vrai

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

## Exercice 1 :

1. L'analyse des eaux au point C, qui se trouve en aval de la source de pollution (B), montre une diminution d'O<sub>2</sub> dissous qui passe de 12,2mg/L à 3,4mg/L, une augmentation de plus 25 fois de DBO5 et une augmentation de la concentration des nitrites de 0,015 mg/L à 0,304 mg/L.

En s'éloignant de la source de pollution, en aval, on note une augmentation progressive d'O<sub>2</sub> dissous et une diminution de DBO5 et de la concentration des nitrites.

2. La source de pollution libère dans l'eau de la rivière des matières organiques qui causent la pollution de l'eau. En s'éloignant de cette source vers l'aval les micro-organismes oxydent ces matières organiques et libèrent des éléments minéraux (les nitrites, les nitrates, les phosphates, les sels ammoniacaux, les chlorures) qui servent pour la nutrition et la multiplication des végétaux chlorophylliens vivant dans la rivière ce qui permet l'amélioration d'O<sub>2</sub> dissous et de la DBO5 ainsi que le développement des chaînes alimentaires.

## Exercice 2 :

1. Dans la zone 1 l'eau contient 4 unités systématiques (4 espèces) parmi elles on trouve les phryganes. Donc, d'après le document 2, l'indice biotique de cette eau est 6, ce qui signifie qu'elle est propre.

Dans la zone 2 l'eau contient 5 unités systématiques (5 espèces) parmi elles on trouve des tubifex et des chironomes, donc d'après le document 2, l'indice biotique de cette eau est 2, ce qui signifie qu'elle est polluée.

2. On explique les différences constatées par la pollution de l'eau dans la zone 2 qui cause la disparition des espèces les plus sensibles à la pollution comme les phryganes et la multiplication d'autres espèces qui sont résistantes à cette pollution telles que les tubifex et des chironomes.





### Unité 3 : Utilisation des matières organiques et inorganiques

#### → Partie 1 : Restitution des connaissances (5pt).

##### 1. Définissez les mots et les expressions suivantes (2 pt)

- a. Effet de serre      b. Eutrophisation.

##### 2. Citez : (2 pt)

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

##### 3. Questions à choix multiples (2 pt)

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 3.1- 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.

##### 3.2- 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. hydraulique.

##### 3.3- 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.

##### 4- 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 maison.  
E4 : déchargement des déchets 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 → E5.  
☐ D. E3 → E1 → E2 → E5 → E4.

Recopier le numéro de chacune des propositions suivantes, puis cocher « vrai » ou « faux » (1 pt)

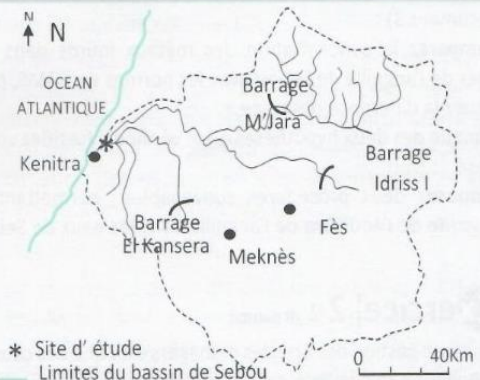
- 1- La désintégration des noyaux atomiques des substances radioactives s'accompagne par la production d'une énergie exploitable.  
2- Les activités agricoles et industrielles excessives participent à la stabilité du taux atmosphérique du dioxyde de carbone.  
3- Les pluies acides résultent de l'augmentation 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.

#### → Partie II : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 points)

##### Exercice 1 : (7 points)

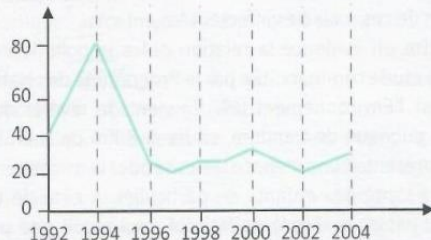
Au Maroc, Le fleuve Sebou constitue un des milieux de vie de l'Anguille (une espèce de poisson). Au cours de ces dernières années, les eaux de ce fleuve sont menacées de pollution liée à certaines activités humaines. Afin de montrer l'effet de cette pollution sur la multiplication de ce poisson, on propose 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.

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



Document : 1

Productivité en tonnes



Document : 2

##### → Question :

1. Décrivez l'évolution de la productivité de l'anguille représentée par le document 2. (1,5 pts)



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 résultant 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'Anguille de Sebou ( $\mu\text{g/g Pf}^*$ )	0.58	0.51	0.16
Concentration normales selon OMS ( $\mu\text{g/g Pf}$ )	0.5	0.4	0.1
* Pf= poids frais			

Document : 3

→ **Question : 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. (2 pts)

b- **Laquelle des deux** hypothèses a été vérifiée ? **Justifiez** votre réponse. (1,5 pt)

3. **Proposez** deux procédures convenables permettant la sauvegarde de l'équilibre de l'anguille dans les eaux de Sebou (2 pts)

## Exercice 2 : (8 points)

La mauvaise gestion des ordures managers est l'une des causes de la pollution des milieux naturels et de la dégradation de la santé des habitants dans les villes. L'OMS a estimé que 25% des maladies qui touchent l'homme sont liées à la pollution. La plupart de ces maladies affectent les enfants.

Pour mettre en évidence la relation entre la pollution et la santé une étude commanditée par le Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE) vient de révéler que la décharge publique de Dandora, située à 8 Km de Nairobi au Kenya, représentait une menace sérieuse pour l'environnement et pour la santé des enfants en particulier. A côté de cette décharge passe la rivière de Nairobi, qui reçoit une partie des déchets. Les eaux de cette rivière sont utilisées dans les besoins domestiques et dans l'irrigation.

Les mesures des concentrations des métaux lourds au niveau des sols dans 3 endroits différents (dans la décharge de

Dandora, à proximité d'un bidonville côtoyant cette décharge et dans la banlieue loin de la décharge) ont donné les résultats présentés dans le document 1.

Les métaux lourds	Concentration des métaux dans la banlieue en ppm	Concentration des métaux dans le bidonville en ppm	Concentration des métaux dans la décharge en ppm	Les normes internationales autorisées en ppm
Mercur (Hg)	46,7	18,6	Des traces	2
Plomb (Pb)	13500	264	34,5	50
Cadmium (Cd)	1058	40	-	5

Document : 1

→ **Question : 1.** comparez les concentrations des métaux lourds dans ces 3 sols. Que **déduisez-vous** (2 pts).

2. En se basant sur les normes internationales autorisées **déduisez** la relation entre la décharge et le sol (1,5 pts).

Pour évaluer l'état de santé de la population qui habite à proximité de la décharge de Dandora une étude a été réalisée sur un échantillon d'enfants âgées entre 2 et 18 ans. Les résultats obtenus sont résumés dans les documents 2 et 3.

Les métaux lourds	Les origines de la pollution	Les concentrations sanguines minimales au-dessus desquelles la maladie apparaît	Les symptômes des maladies dues à la pollution
Mercur (Hg)	Les industries, émission des composés toxiques, les peintures, incinération du papier et du plastique.	10 $\mu\text{g/dL}$	Perturbation dans le développement du système nerveux et dans le fonctionnement du système circulatoire, insuffisance rénale...
Plomb (Pb)	Matériaux électroniques, les pesticides, les déchets plastiques, les déchets pharmaceutiques et médicaux...	10 $\mu\text{g/dL}$	Complications digestives, insuffisance respiratoires, insuffisance rénale...
Cadmium (Cd)	Matériaux électroniques, les déchets plastiques, les piles électriques...	1 $\mu\text{g/dL}$	Complications digestives, insuffisance respiratoires, insuffisance rénale, cancer des poumons et de la prostate...

Document : 2

Concentration des métaux	Le nombre des enfants atteints	Le (%)	Les formes de troubles
Supérieur aux concentrations sanguines minimales	48	13	Cutanés
	154	41	Respiratoires
	59	16	Digestifs
	32	08	De la vision
	83	22	Autres

Document : 3

→ **Question : 3.** A partir de l'exploitation des données des (documents 2 et 3) **expliquez** l'état constaté chez l'échantillon des enfants étudié. (3,5 pts)

4. **Proposez** deux mesures pour préserver les enfants de ces maladies. (1 pt)



## Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques, et les déformations tectoniques qui les accompagnent.

### Cours

#### 1 Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques

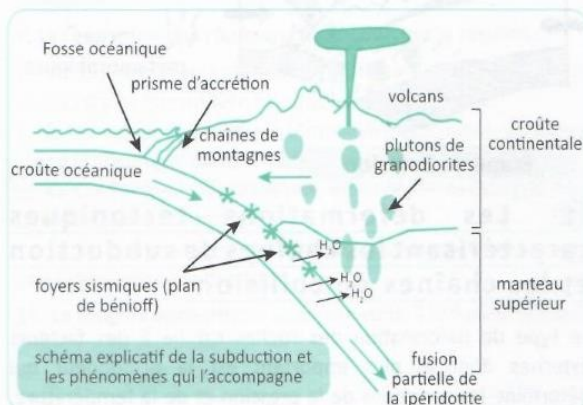
##### 1.1. Les chaînes de subduction:

Les chaînes de subduction sont situées dans les zones d'affrontement entre une plaque océanique et une plaque continentale. Elles sont caractérisées par une structure et des phénomènes géologiques spécifiques tels que :

- la présence d'une fosse océanique profonde le long de la marge continentale ;
- une forte activité sismique dont les foyers sont répartis selon un plan incliné qui s'appelle plan de Wadati-Benioff ;
- une activité volcanique andésitique en plus de la présence de plutons de granitoïdes ;
- Des anomalies thermiques ;
- Des déformations tectoniques simples (plis en éventail et des failles inverses).

On explique ces phénomènes et caractéristiques structurales par la subduction d'une lithosphère océanique sous une lithosphère continentale. On peut résumer ce phénomène comme suit :

- La subduction de la lithosphère océanique entraîne une forte pression sur les couches de la croûte terrestre de la région, ces couches répondent par la formation de plis et de failles inverses ce qui contribue au soulèvement des reliefs sous formes d'une chaîne de montagne.
- Au cours de la subduction les sédiments océaniques qui ne passent pas sont rabotés et empilés entre la fosse et la plaque continentale ce qui conduit à la formation d'un prisme d'accrétion.
- Au cours de l'enfouissement de la lithosphère océanique (plus dense) sous la lithosphère continentale (moins dense) les roches subduites subissent une augmentation de la pression et de la température, ce qui provoque des réactions minéralogiques accompagnées par la libération d'importantes quantités d'eau qui diffuse à travers les roches du manteau supérieur (la péridotite). Ainsi se réalisent les conditions de fusion partielle de la péridotite, et le magma formé migre vers la surface. Une partie de ce magma cristallise en profondeur et donne naissance à des plutons de granitoïdes, l'autre partie atteint la surface et conduit à un volcanisme andésitique.



##### 1.2. Les chaînes d'obduction :

Les chaînes d'obduction sont caractérisées par la présence de roches du complexe ophiolitique et de sédiments des fonds océaniques (exemple les radiolarites). On explique la présence de ces structures par la migration d'une lithosphère océanique sur une lithosphère continentale.

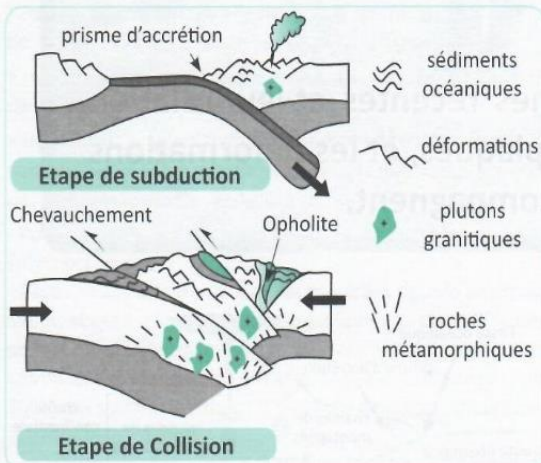
Ce phénomène est le résultat d'un rapprochement entre deux plaques. En effet les forces compressives issues de ce rapprochement entraînent le chevauchement de la lithosphère océanique sur la lithosphère continentale provoquant la déformation des couches et le soulèvement de reliefs qui représentent les chaînes d'obduction.

##### 1.3. Les chaînes de collision:

La plupart des chaînes de collision (telles que l'Himalaya et les Alpes) sont caractérisées par les chevauchements et la déformation des couches de la croûte terrestre. Elles contiennent également des ophiolites et des roches magmatiques telles que l'andésite et le granodiorite.

On explique la présence du complexe ophiolitique et des roches andésitiques et granodioritiques par l'existence d'un ancien océan entre deux plaques continentales. Le rapprochement entre les deux plaques avait pour résultat la subduction de la lithosphère océanique d'une plaque sous la lithosphère continentale de l'autre. Cette subduction était accompagnée d'un volcanisme andésitique et la formation de plutons de granodiorites. Après la fermeture de l'ancien océan, les deux continents entrent en collision, une partie de la lithosphère océanique reste coincée entre les masses continentales (complexe ophiolitique) et les forces engendrées par la collision conduisent à la formation de chevauchements et à la déformation des couches de la lithosphère continentale et par conséquent le soulèvement de la chaîne de montagne.



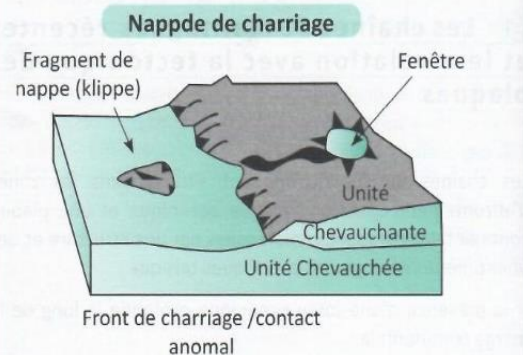
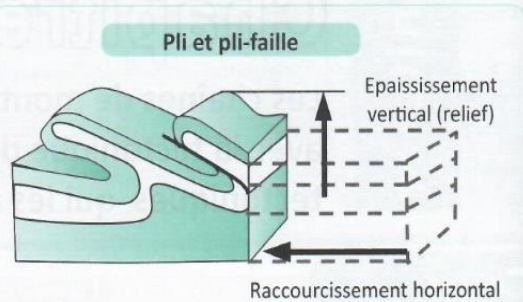
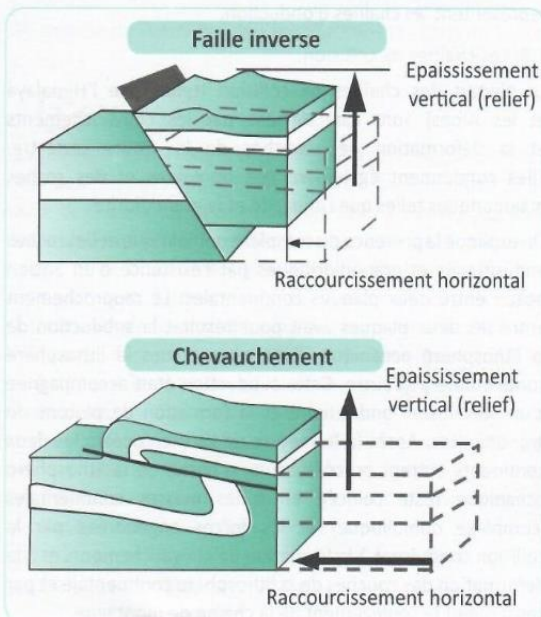


## 2 Les déformations tectoniques caractérisant les chaînes de subduction et les chaînes de collision:

Le type de déformation des roches est lié à des facteurs externes dont le plus important est la profondeur qui détermine les variations de la pression et de la température, et des facteurs internes en relation avec la nature des roches et leurs caractéristiques.

Les chaînes de subduction et de collision sont caractérisées par des déformations tectoniques sous forme de plis convexes, de plis concaves et de failles inverses. Toutes ces déformations sont dues à des forces compressives causées par la confrontation entre les plaques.

Les forces compressives que subit la croûte terrestre au niveau des zones de subduction et de collision entraînent également des déformations complexes des couches de roches telles que les pli-failles, les chevauchements et les nappes de charriages.



## EXERCICES

### → Domaine I : Restitution des connaissances.

#### 1-Questions à réponse courte

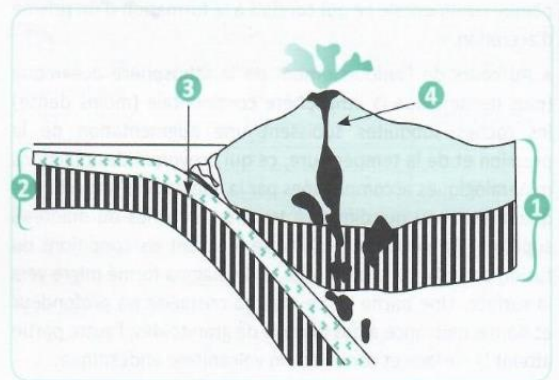
##### 1.1. Définir les mots ou expressions :

a. Subduction b. obduction c. tectonique d. nappe de charriage e. ophiolite f. Pli g. faille inverse h. décrochement

1.2. **Donnez** deux types de déformations tectoniques qui caractérisent les zones de convergence.

1.3. **Donnez** deux caractéristiques des chaînes de subduction.

1.4. La figure ci-dessous représente un schéma simplifié de la subduction. **Donnez** le nom qui correspond à chaque élément numéroté.





## 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

### 1. Un décrochement est une faille :

- ☐ A. témoignant d'un régime compressif.
- ☐ B. témoignant d'un régime coulissant.
- ☐ C. témoignant d'un régime extensif.
- ☐ D. témoignant d'un mouvement d'effondrement.

### 2. Le manteau supérieur est formé de :

- ☐ A. la péridotite.
- ☐ B. la péridotite et le gabbro.
- ☐ C. la péridotite, le gabbro et le basalte.
- ☐ D. la péridotite, le gabbro, les dykes et le basalte.

### 3. Au niveau d'une chaîne de collision, il se produit :

- ☐ A. une convergence d'une lithosphère continentale et d'une lithosphère océanique.
- ☐ B. une subduction d'une lithosphère continentale sous l'autre.
- ☐ C. une subduction océanique.
- ☐ D. un épaissement crustal par création de matériaux continentaux.

### 4. Dans les zones de subduction on observe un volcanisme :

- ☐ A. de type granodiorite, par fusion partielle de la plaque en subduction.
- ☐ B. de type andésitique par fusion partielle de péridotite de la plaque chevauchante.
- ☐ C. de type andésitique et de granodiorite par fusion partielle de péridotite de la plaque en subduction.
- ☐ D. de type andésitique par fusion partielle de péridotite de la plaque en subduction.

### 5. Les chaînes de montagnes présentent parfois des ophiolites, qui sont les traces :

- ☐ A. d'un domaine océanique disparu suite à la collision de deux lithosphères continentales.
- ☐ B. d'une activité volcanique de type point chaud.
- ☐ C. de la subduction d'une lithosphère océanique sous une autre de même nature.
- ☐ D. d'un amincissement crustal mettant à nu le manteau.

### 6. La fusion des péridotites dans les zones de subduction a pour origine :

- ☐ A. un flux géothermique supérieur à la moyenne.
- ☐ B. la déshydratation des matériaux de la croûte océanique subduite.
- ☐ C. la déshydratation des péridotites de la lithosphère océanique subduite.
- ☐ D. la déshydratation des péridotites de la croûte océanique subduite.

### 7. Une chaîne de montagne récente :

- ☐ A. présente en général un relief moins élevé qu'une chaîne de montagne ancienne.
- ☐ B. ne présente aucune érosion.
- ☐ C. présente un relief en surface appelé racine crustale.
- ☐ D. peut présenter des marqueurs de subduction océanique et de collision.

### 8. Dans les zones de subduction, le magma andésitique se forme à partir de la fusion de :

- ☐ A. La péridotite anhydre (non hydratée) du manteau supérieur de la plaque chevauchante ;
- ☐ A. La péridotite hydratée du manteau supérieur de la plaque chevauchante ;
- ☐ A. La péridotite hydratée de la lithosphère subduite (enfouie) ;
- ☐ A. La péridotite anhydre (non hydratée) de la lithosphère subduite.

### 9. La formation des chaînes d'obduction est le résultat :

- ☐ A. Du déplacement d'une lithosphère continentale au dessus d'une lithosphère océanique ;
- ☐ B. Du déplacement d'une lithosphère océanique au dessus d'une lithosphère continentale ;
- ☐ C. De l'enfouissement d'une lithosphère océanique sous une lithosphère océanique ;
- ☐ D. De l'enfouissement d'une lithosphère océanique sous une lithosphère continentale.

### 10. Le magma andésitique se forme suite à la fusion partielle d'une roche nommée :

- ☐ A. l'éclogite.
- ☐ B. l'argile.
- ☐ C. la péridotite.
- ☐ D. le basalte.

### 11. Les chaînes de collision résultent de :

- ☐ A. l'affrontement de deux plaques océaniques sous l'effet des contraintes compressives.
- ☐ B. l'affrontement de deux blocs continentaux après la fermeture d'un ancien océan.
- ☐ C. l'effet de forces géologiques extensives en rapport avec la fermeture d'un ancien océan.
- ☐ D. l'effet de forces géologiques compressives au niveau de la dorsale océanique.

### 12. les prismes d'accrétion dans les zones de subduction sont causés par :

- ☐ A. Ecaillage de la lithosphère océanique.
- ☐ B. Ecaillage des sédiments océaniques.
- ☐ C. Sédimentation sur place.
- ☐ D. Sédimentation continentale.

### 13. le volcanisme andésitique se situe à l'aplomb de d'une profondeur du plan de Bénioff de :

- ☐ A. 0 km.
- ☐ B. 50 km de profondeur.
- ☐ C. 100 km.
- ☐ D. 300 km.

### 14. Dans une chaîne de montagnes, les indices tectoniques de raccourcissement sont :

- ☐ A. des plis, des failles inverses, des nappes de charriage.
- ☐ B. des blocs basculés, des nappes de charriage, des chevauchements.
- ☐ C. des bassins d'effondrement, des failles inverses, des chevauchements.
- ☐ D. des plis, des failles normales, des chevauchements.



### 15. Le chevauchement :

- ☐ A. Est un terrain qui couvre un autre par une faille inverse à pendage fort.
- ☐ B. A. Est un terrain qui couvre un autre par une faille normale à pendage faible.
- ☐ C. Est un terrain déplacé par rapport à un autre par un décrochement.
- ☐ D. Est un terrain fortement plissé.

### 16. la nappe de charriage est :

- ☐ A. une faille inverse.
- ☐ B. une faille normale.
- ☐ C. un décrochement.
- ☐ D. un chevauchement.

### 4. Vrai ou faux

#### 3.1. On ce qui concerne les chaînes de montagnes récentes :

A. L'obduction est le charriage de la lithosphère océanique sur une plaque lithosphérique.	[.....]
B. L'épaississement des chaînes de collision est le résultat des failles normales.	[.....]
C. Les orogénèses alpine et himalayenne ont conduit à la fermeture d'un océan.	[.....]
D. Les fosses océaniques et les prismes d'accrétion témoignent de la présence d'une obduction.	[.....]

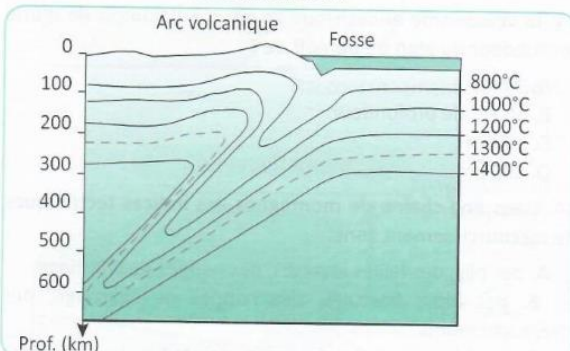
#### 3.2. On ce qui concerne les déformations tectoniques :

A. La faille normale témoigne d'un régime compressif.	[.....]
B. Le chevauchement est synonyme de nappe de charriage.	[.....]
C. Dans une faille inverse, le toit surmonte le mur.	[.....]
D. La fenêtre est une partie érodée dans l'allochtone faisant paraître l'autochtone.	[.....]

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

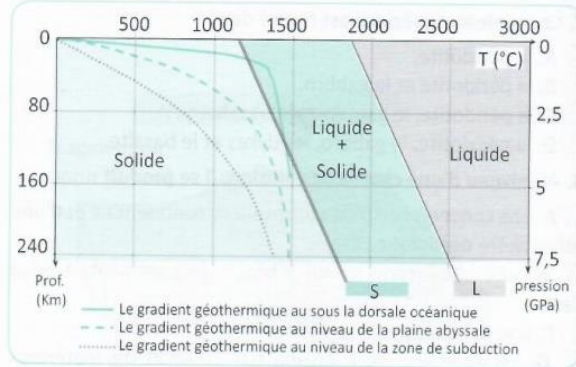
Le document suivant montre la répartition des isothermes au niveau d'une zone de subduction.



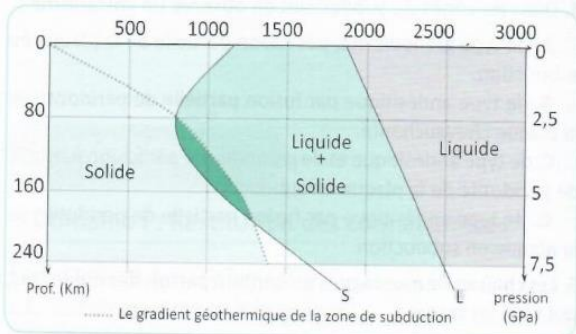
→ Question : Décrivez la répartition des isothermes au niveau de cette zone de subduction. Expliquez cette répartition..

### Exercice 2 :

Le diagramme du document 1 présente les conditions expérimentales de fusion partielle de la péridotite non hydratée, en fonction de la profondeur (en fonction de la température et de la pression). Le document 2 présente les conditions expérimentales de fusion de la péridotite hydratée. Dans ce diagramme on a également représenté la courbe du gradient géothermique.



Document : 1



Document : 2

→ Question : 1- En exploitant les données du document 1, déterminez les conditions de fusion partielle de la péridotite non hydratée à une profondeur de 160Km. Ces conditions sont-elles présentes au niveau de la plaine abyssale et la zone de subduction ? justifiez votre réponse.

2- Montrez, à partir de l'exploitation du document 1, que les conditions de fusion partielle de la péridotite sont réalisées uniquement sous la dorsale océanique.

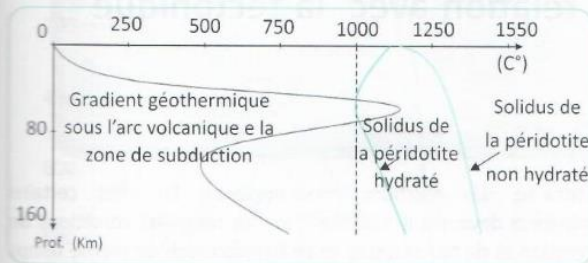
3-Comparez les conditions de fusion partielle de la péridotite non hydratée et de la péridotite hydratée (document 2). Est-ce que les conditions de fusion partielle de cette dernière sont réalisées au niveau de la zone de subduction. Justifiez votre réponse.

### Exercice 3 :

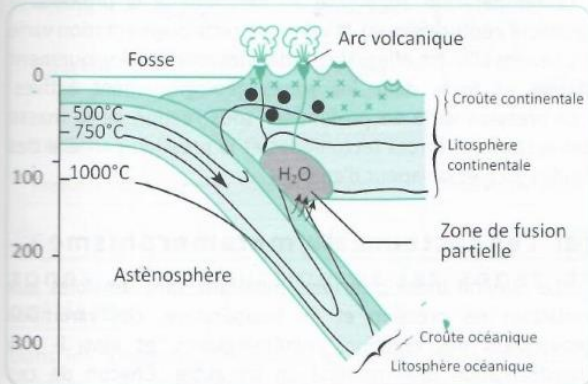
Le document 1 présente l'évolution de la température en fonction de la profondeur sous l'arc volcanique d'une zone de subduction. Sur ce graphe on a représenté les courbes de fusion partielle de la péridotite du manteau supérieur et la courbe du gradient géothermique.



Le document 2 présente un schéma explicatif de la structure d'une chaîne de montagne de subduction avec les phénomènes géologiques caractéristiques de cette chaîne.



Document : 1

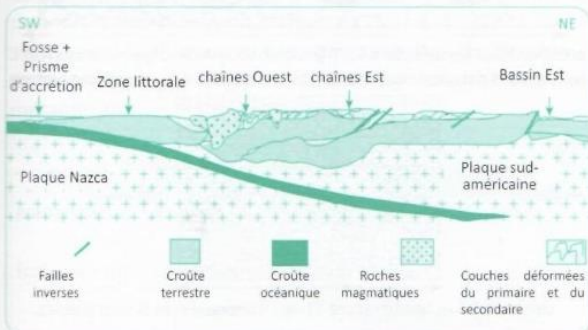


Document : 2

→ **Question** : À partir de l'exploitation des données de ces documents **expliquez** les différents phénomènes géologiques qui accompagnent la formation des chaînes de subduction en précisant leurs relations avec la tectonique des plaques.

### Exercice 4 :

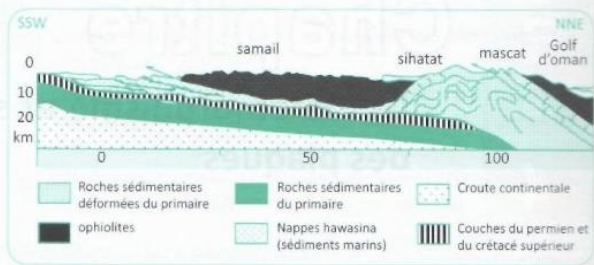
Le document suivant présente une coupe géologique de la chaîne des andes au niveau du Pérou.



→ **Question** : **Extrayez** de ce document les caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne des Andes en précisant la signification de chacune d'elles.

### Exercice 5 :

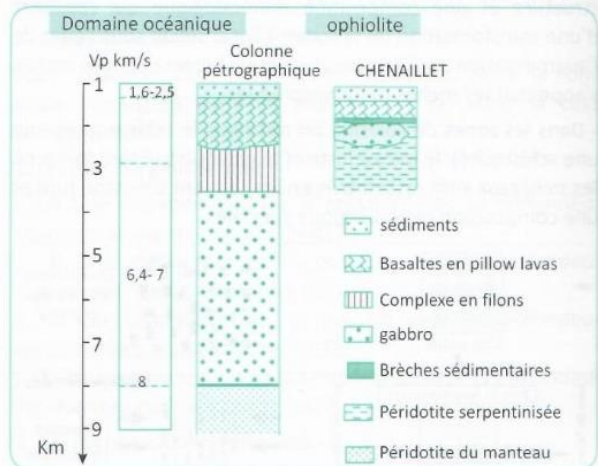
Le document suivant présente une coupe géologique de la chaîne du Al Hajar au nord d'Oman.



→ **Question** : **Extraire** de ce document les caractéristiques structurales et pétrographiques de la chaîne d' Al Hajar d'Oman, puis **désigner** le type de cette chaîne en **justifiant** votre réponse.

### Exercice 6 :

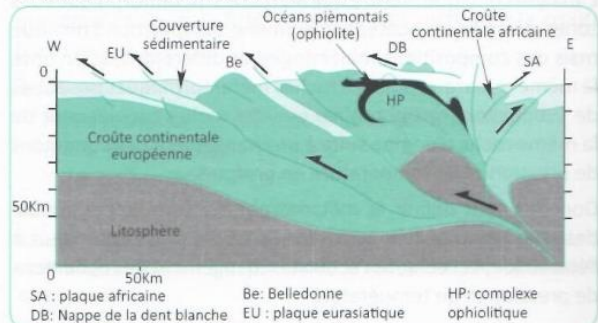
Le document suivant présente les principales unités pétrographiques du complexe ophiolitique de la région de Chenaillet en comparaison avec la colonne stratigraphique de la lithosphère océanique obtenue grâce aux ondes sismiques..



→ **Question** : **Comparez** la colonne stratigraphique océanique et les roches formant l'ophiolite de Chenaillet. **Donnez** une conclusion.

### Exercice 7 :

Le document suivant présente une coupe géologique simplifiée de la chaîne alpine occidentale



→ **Question** : **Montrez** à partir de ce document les caractéristiques structurales et pétrographiques des Alpes en précisant leurs significations.



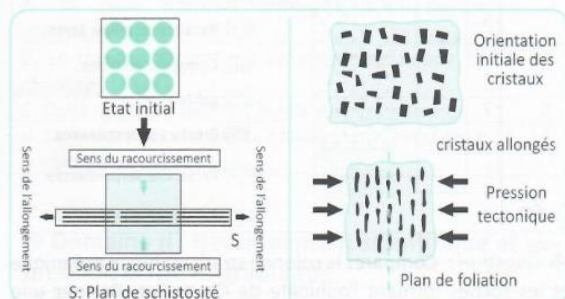
## Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

## Cours

## 1 Les caractéristiques structurales et minéralogiques des roches métamorphiques dans les zones de subduction et les zones de collision.

Les zones de subduction et les zones de collision sont caractérisées par l'affleurement de roches qui ont une structure et une composition minéralogique qui résultent d'une transformation de la roche à l'état solide sous l'effet de l'augmentation de la température et de la pression. Ces roches s'appellent les roches métamorphiques.

- Dans les zones de collision on distingue le schiste (présente une schistosité), le micaschiste et le gneiss (structure foliée où les minéraux sont rassemblés en lits) qui ont une structure et une composition minéralogique spéciales.



- Dans les zones de subduction on distingue le schiste vert, le schiste bleu et l'éclogite qui sont mélangés avec l'ophiolite. Ces roches présentent également une structure et une composition minéralogique spéciales.

L'analyse chimique montre que les roches métamorphiques des zones de collision possèdent la même composition chimique mais des compositions minéralogiques différentes. Et on note la même remarque pour les roches métamorphiques des zones de subduction, ce qui prouve que ces roches proviennent de la même roche d'origine suite à un changement des conditions de pression et de température en profondeur.

Donc on peut définir le métamorphisme comme l'ensemble des changements que subissent les roches en profondeur à l'état solide, et ceci sous l'action de changement des conditions de pression et de température.

## 2 Les facteurs du métamorphisme.

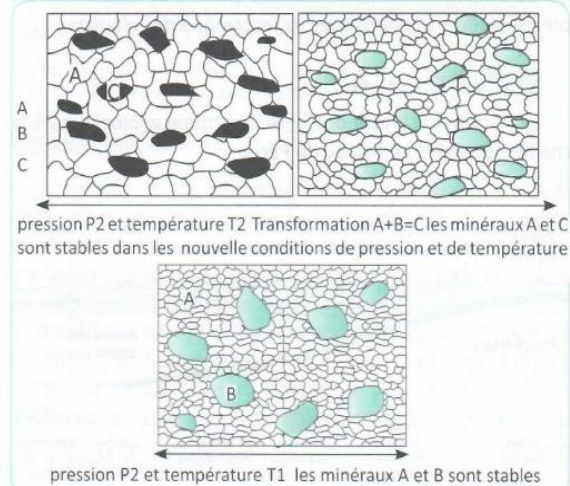
L'augmentation de la pression et/ou de la température

entraîne des réactions minéralogiques. En effet certains minéraux deviennent instables dans les nouvelles conditions de pression et de température et se transforment, en même temps apparaissent des minéraux nouveaux stables dans ces conditions.

- La température augmente en fonction de la profondeur (gradient géothermique), la valeur de cette augmentation varie d'une zone à l'autre, elle est faible dans les zones géologiquement stables et forte dans les zones géologiquement actives.
- La pression varie en profondeur sous l'action de la masse des roches, les forces tectoniques et la pression partielle des fluides ( $\text{CO}_2$  et la vapeur d'eau).

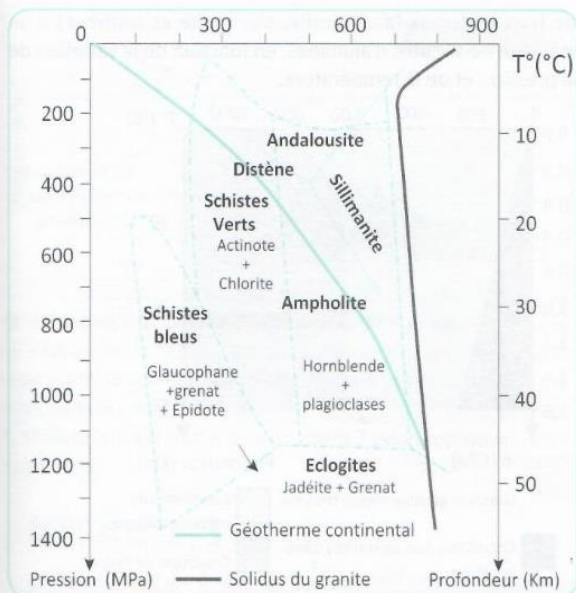
## 3 Les facteurs du métamorphisme.

Le minéral index : certains minéraux sont sensibles aux variations de pression et de température, ces variations provoquent des réactions minéralogiques, et ainsi il y a transformation d'un minéral en un autre. Chacun de ces minéraux est stable dans des conditions déterminées de pression et de température, si on le rencontre dans une roche métamorphique il indique que cette roche a subi ces conditions. Ainsi ce minéral s'appelle minéral index.



Les faciès métamorphiques: selon les conditions de pression et de température on peut déterminer le domaine de stabilité d'un ensemble de minéraux, ce domaine s'appelle faciès métamorphique. Ainsi on peut déterminer plusieurs faciès métamorphiques (exemple : faciès schiste vert, faciès schiste bleu et faciès éclogite...) chaque faciès est caractérisé par un ensemble de minéraux (paragenèse) stables dans des conditions déterminées de pression et de température.

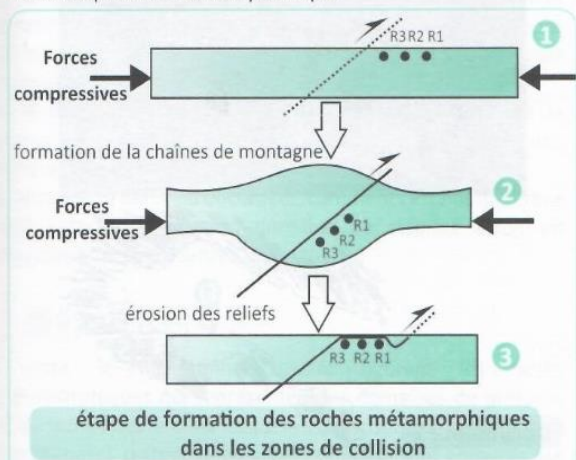




#### 4 Le métamorphisme dans les zones de subduction et les zones de collision

Dans les zones de subduction, les roches de la lithosphère océanique qui s'enfoncent sous la lithosphère continentale, subissent une forte augmentation de pression et, relativement, une faible augmentation de température. Cette augmentation entraîne la transformation des roches de la lithosphère océanique (basalte et gabbro) en schiste bleu puis en élogite caractérisée par le grenat et la jadéite qui se forment dans des conditions de forte pression et de moyenne température. Dans ce cas on parle de métamorphisme dynamique.

Dans les zones de collision, les roches de la lithosphère continentale subissent une forte augmentation de la pression et de la température, elles se transforment en schiste vert puis en amphibolites caractérisées par le disthène ou la sillimanite qui se forment dans des conditions de pression et de température de moyennes à fortes. Dans ce cas on parle de métamorphisme thermodynamique.



- 1 les roches de la croûte terrestre subissent des contraintes tectoniques
- 2 enfouissement des roches R1, R2 et R3 qui subissent une augmentation de pression et de température (métamorphisme)
- 3 affleurement des roches métamorphiques qui conservent une structure et composition minéralogique spéciales.

### EXERCICES

#### → Domaine I : Restitution des connaissances.

##### 1.1. Questions à réponse courte :

##### 1.1. Définir les mots ou expressions :

a. Métamorphisme b. minéral index c. faciès métamorphique d. série métamorphique e. schistosité f. foliation.

1.2. Donnez trois types de minéraux index et classez-les selon l'augmentation des conditions de la température et de la pression.

##### 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

##### 1. On appelle géotherme:

- ☐ A Une augmentation de la pression avec la profondeur représentée par une courbe  $P=f(T)$ .
- ☐ B Une diminution de la pression avec la profondeur représentée par une courbe  $T=f(P)$ .
- ☐ C Une diminution de la pression avec la profondeur représentée par une courbe  $T=f(P)$ .
- ☐ D Une augmentation de la température avec la profondeur représentée par une courbe  $T=f(P)$ .

##### 2. Les roches métamorphiques :

- ☐ A une roche métamorphique peut se former par fusion partielle.
- ☐ B une roche métamorphique peut se former suite à une modification de pression et de température.
- ☐ C l'augmentation des conditions de pression et température modifie la composition chimique d'une roche sans changer sa composition minéralogique lors du métamorphisme.
- ☐ D l'augmentation des conditions de pression et température provoque toujours la fusion partielle des roches de la croûte continentale.

##### 3. Les gneiss sont :

- ☐ A des roches de la croûte océanique exclusivement.
- ☐ B des roches métamorphiques.
- ☐ C des roches magmatiques.
- ☐ D des roches sédimentaires.

4. Un métagabbro à plagioclase et glaucophane soumis à une augmentation de pression, à température constante, acquiert de la :

- ☐ A jadéite et s'enrichit en eau.
- ☐ B jadéite et libère de l'eau.
- ☐ C chlorite et libère de l'eau.
- ☐ D chlorite et s'enrichit en eau.



## 5. Le métamorphisme qui caractérise les zones de subduction résulte d'une :

- ☐ A. Haute pression et d'une haute température ;
- ☐ B. Haute pression et d'une basse température ;
- ☐ C. Basse pression et d'une haute température ;
- ☐ D. Basse pression et d'une basse température.

## 6. La séquence métamorphique est un ensemble de :

- ☐ A. roches magmatiques résultantes du refroidissement du même magma.
- ☐ B. roches ayant subi un même degré de métamorphisme.
- ☐ C. minéraux ayant subi une température croissante.
- ☐ D. roches métamorphiques qui résultent de la même roche mère.

## 7- métamorphisme MT-MP :

- ☐ A. Métamorphisme régional.
- ☐ B. Métamorphisme de contact.
- ☐ C. Métamorphisme dynamique.
- ☐ D. Métamorphisme de subduction.

## 8- Minéral index :

- ☐ A. Thermo-baromètre du métamorphisme.
- ☐ B. Mémoire des contraintes tectoniques.
- ☐ C. Mémoire du métamorphisme de subduction seulement.
- ☐ D. Mémoire du métamorphisme de collision seulement.

## 9- l'une de ces roches est une roche métamorphique laquelle ?

- ☐ A. Gabbro.
- ☐ B. basalte.
- ☐ C. Péridotite.
- ☐ D. Eclogite.

## 4. Vrai ou faux

### 3. Mettre dans la case « V » pour l'expression vraie et « F » pour l'expression fausse.

#### 3.1. On ce qui concerne les minéraux index :

A. Andalousite, disthène et sillimanite sont de composition chimique voisine.	[.....]
B. Un minéral index peut se rencontrer de part et d'autre d'un isograde.	[.....]
C. Le quartz est un minéral index car il n'apparaît que dans les conditions d'anatexie.	[.....]
D. La sillimanite est un minéral index de haute température.	[.....]

#### 3.2. On ce qui concerne le métamorphisme :

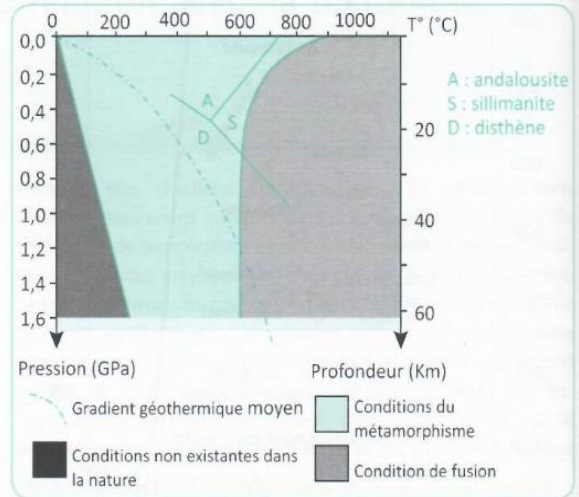
A. Le métamorphisme de contact est dû à l'augmentation simultanée de P et T.	[.....]
B. Les gabbros subduits évoluent en schiste bleu puis en éclogite.	[.....]
C. Un basalte ne subit aucun changement pendant la subduction.	[.....]
D. Les enclaves sont des parties rocheuses incluses dans le magma..	[.....]

## → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

### Exercice 1 :

Le diagramme suivant présente les domaines de stabilité

de trois minéraux (andalousite, sillimanite et disthène) d'un mélange de silicates d'alumine, en fonction de la variation de la pression et de la température.

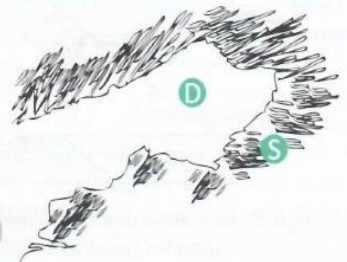
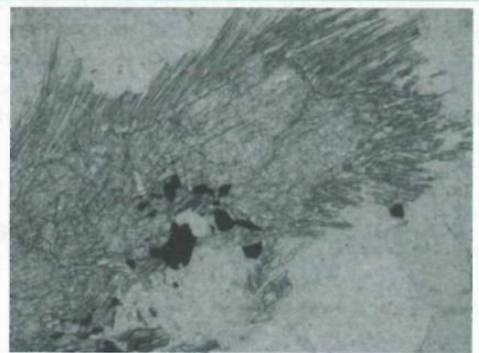


→ Question : 1. Déterminez les domaines de stabilité de l'andalousite, de la sillimanite et du disthène, en fonction de la pression et de la température.

2. Proposez une explication aux différences de composition minéralogique des roches métamorphiques malgré la ressemblance de leurs compositions chimiques.

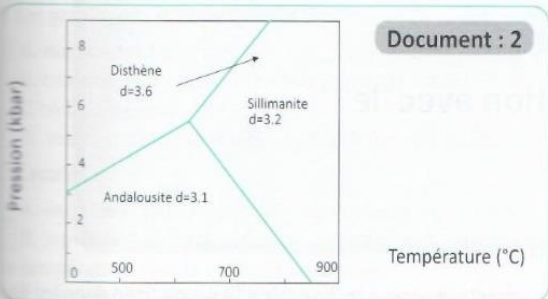
### Exercice 2 :

Le document suivant présente une lame mince avec schéma explicatif de deux minéraux d'une roche métamorphique: le disthène et la sillimanite. Le document 2 présente le diagramme pression-température avec les domaines de stabilité des silicates d'alumine  $\text{Si Al}_2 \text{O}_5$  (la flèche désigne le sens de transformation du disthène en sillimanite).

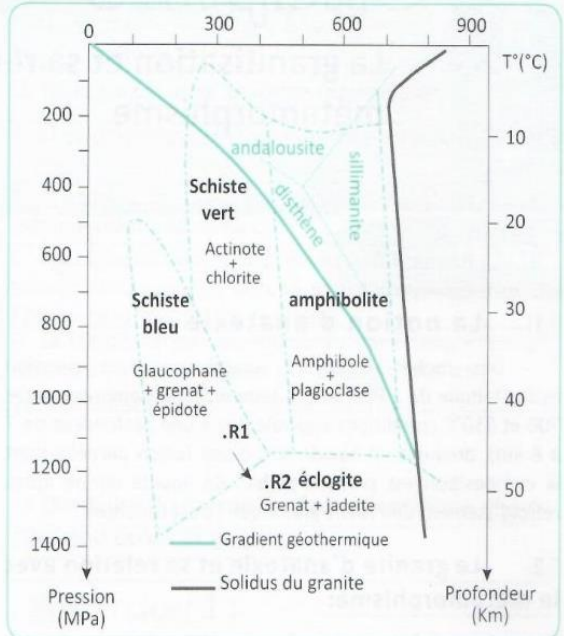


Document : 1





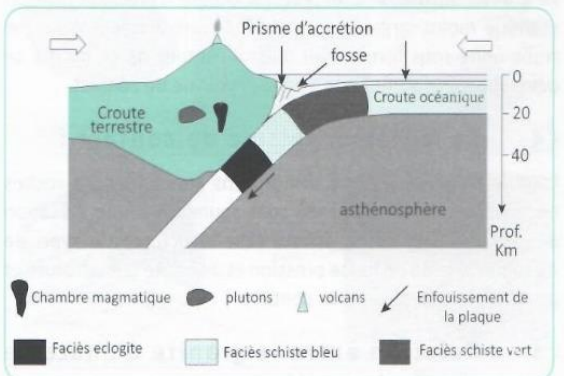
des lignes en tiret et les noms des faciès sont en gras).



- **Question : 1.** Extrayez du document les différents faciès métamorphiques en précisant les minéraux caractéristiques de chaque faciès.
- 2.** Déterminez le domaine de stabilité du faciès schiste bleu et celui du faciès éclogite. Comparez ces deux domaines. Dans une région on a trouvé deux roches R1 et R2 dans des couches géologiques (voir le document).
- 3.** En exploitant les données précédentes montrez la signification de l'existence des deux roches R1 et R2 dans la région étudiée.

### Exercice 5 :

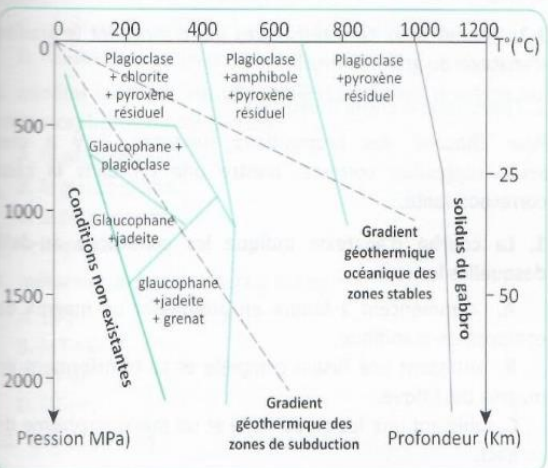
Le document suivant montre les conditions de métamorphisme au niveau des zones de subduction.



- **Question :** A partir de l'exploitation des données de ce document et de tes acquis **précise** la série métamorphique caractéristique des zones de subduction et **explique** les conditions de métamorphismes qui aboutissent à la formation de cette série.

### Exercice 3 :

Le diagramme du document suivant délimite les domaines de stabilité de certains minéraux, sous les conditions du métamorphisme, et ceci en fonction de la variation de la température et de la pression.



- **Question : 1.** Déterminez, en fonction du gradient géothermique, les minéraux formés au niveau des zones de subduction, et les minéraux formés au niveau des zones océaniques géologiquement stables.
- 2.** A partir du diagramme du document, **montrez** que le grenat est considéré comme minérale index (parmi d'autres minéraux).
- 3.** Montrez, à partir du document, comment certains minéraux sont caractérisés par un domaine de stabilité étroit en comparaison avec d'autres minéraux.

### Exercice 4 :

Dans le diagramme suivant figurent les faciès métamorphiques qui représentent les domaines de pression et de température dans lesquelles un ensemble de minéraux (paragenèse) restent stables (ces domaines sont entourés par



## Chapitre 3

## La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

## Cours

## 1 La notion d'anatexie :

- Des roches argileuses, soumises à une pression hydrostatique de 2 kbar et des températures comprises entre 700 et 850°C (conditions équivalentes à une profondeur de 7 à 8 km), donnent un liquide issu d'une fusion partielle dont la composition est presque stable. Ce liquide donne après refroidissement une roche granitique : c'est l'anatexie.

## 2 Le granite d'anatexie et sa relation avec le métamorphisme:

Dans les chaînes de collision, les unités rocheuses subsidentes sont soumises à une très forte pression et une température élevée conduisant ainsi à la formation des roches métamorphiques de haut degré. Après l'érosion et sous l'effet de l'isostasie, ces roches vont remonter vers la surface, la pression diminue mais la température reste élevée par une remontée de l'asthénosphère. Ces conditions vont conduire à la fusion partielle et la formation du magma anatectique. Ce magma va se refroidir sur place donnant un granite d'anatexie.

Sous l'effet de la pression et de la température les micaschistes passent progressivement en gneiss, puis en migmatites. Ces dernières sont des roches qui regroupent les caractéristiques des gneiss et des granites sans limites bien définies.

## 3 Le granite intrusif :

Le granite intrusif se distingue du granite d'anatexie par son étendue moins large, et il est formé généralement par une seule unité sous forme d'un massif. Autour de ce massif, se développe une auréole de métamorphisme de contact.

## 4 Le métamorphisme de contact :

Lors de la mise en place des plutons granitiques les roches encaissantes (sédimentaires) sont soumises à une élévation de température qui a affecté leur structure. Ce type de métamorphisme de basse pression et de haute température et appelé métamorphisme de contact.

## 5 Relation entre le granite d'anatexie et le granite intrusif :

Au début de la fusion, un magma granitique se forme et reste lié à une matière rocheuse qui n'a pas fondue, ce qui constitue la migmatite caractérisée par un faciès intermédiaire entre le granite et le gneiss. Lorsque la proportion du magma

augmente, il se peut qu'il se refroidisse sur place en donnant lieu au granite d'anatexie, comme il peut migrer verticalement vers la surface sous formes d'intrusions qui traversent les couches subjacentes et donnent, après refroidissement, le granite intrusif.

## EXERCICES

## → Domaine I : Restitution des connaissances.

## 1 Questions à réponse courte :

## 1.1. Définir les mots ou expressions :

- a. Granite intrusif, b. granite anatectique, c. Anatexie, d. Migmatite, e. auréole de métamorphisme.

## 1.2. Donnez deux caractéristiques qui distinguent le granite d'anatexie du granite intrusif .

## 2. Questions à choix multiples

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

## 1. La courbe d'anatexie indique les conditions au-delà desquelles les roches :

- ☐ A. commencent à fondre en produisant un magma de composition granitique.  
☐ B. subissent une fusion complète et se transforment en magma basaltique.  
☐ C. subissent une fusion partielle et un métamorphisme de contact.  
☐ D. commencent à fondre et subissent un métamorphisme de contact.

## 2. Un granitoïde est une roche :

- ☐ A. volcanique à structure grenue.  
☐ B. volcanique à structure vitreuse.  
☐ C. magmatique à structure vitreuse.  
☐ D. magmatique à structure grenue.

## 3. Lors de l'anatexie, les roches :

- ☐ A. commencent à fondre en produisant un magma de composition granitique.  
☐ B. subissent une fusion complète et se transforment en magma basaltique.  
☐ C. subissent une fusion partielle et un métamorphisme de contact.  
☐ D. commencent à fondre et subissent un métamorphisme de contact.



#### 4. Les granitoïdes sont des roches :

- ☐ A. métamorphiques.
- ☐ B. constituées de feldspaths, de micas et de quartz.
- ☐ C. sédimentaires.
- ☐ D. magmatiques ayant subi un refroidissement rapide.

#### 5. L'anatexie :

- ☐ A. entraîne la formation d'un magma granitique.
- ☐ B. provient d'une diminution des conditions de pression et de température dans la croûte continentale.
- ☐ C. correspond à la fusion partielle de la péridotite.
- ☐ D. est à l'origine des roches métamorphiques régionales.

#### 6. L'anatexie accompagnée de la formation de la migmatite est un phénomène qui :

- ☐ A. Aboutit à la formation d'un magma granitique ;
- ☐ B. Aboutit à la fusion partielle de la péridotite ;
- ☐ C. Aboutit à la formation de roches métamorphiques ;
- ☐ D. Résulte d'une augmentation de la pression et de la température lors de la subduction.

#### 7. Les migmatites :

- ☐ A. sont des roches appartenant à une auréole métamorphique.
- ☐ B. sont des roches ayant une texture mixte (grenue et foliée).
- ☐ C. résultent de la fusion partielle de la péridotite.
- ☐ D. résultent de la fusion totale du gneiss.

#### 8. minéral index de haute température basse pression du métamorphisme de contact est :

- ☐ A. la sillimanite.
- ☐ B. le glaucophane.
- ☐ C. la plagioclase.
- ☐ D. le grenat.

#### 9. métamorphisme de contact est de :

- ☐ A. BT-BP.
- ☐ B. MT-MP.
- ☐ C. HT-BP.
- ☐ D. HT-HP.

#### 10. Granit intrusif :

- ☐ A. Se refroidit rapidement sur place.
- ☐ B. Se refroidit rapidement près de la surface.
- ☐ C. Se refroidit lentement sur place.
- ☐ D. Se refroidit lentement près de la surface.

#### 11. granite anatectique :

- ☐ A. Se refroidit rapidement sur place.
- ☐ B. Se refroidit rapidement près de la surface.
- ☐ C. Se refroidit lentement sur place.
- ☐ D. Se refroidit lentement près de la surface.

### 3. Mettre dans la case « V » pour l'expression vraie et « F » pour l'expression fausse

#### 3.1. On ce qui concerne les roches magmatiques :

A. Le granite anatectique est issu de la fusion totale des gneiss.	[.....]
B. La disposition des minéraux dans un granite d'anatexie est orientée.	[.....]

C. l'étendue du granite d'anatexie et moins large que l'étendue du granite intrusif.	[.....]
D. Les migmatites se forment à haute pression et à basse température.	[.....]








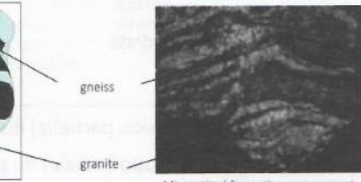
#### 3.2. On ce qui concerne les roches magmatiques :

A. La cornéenne est une roche du métamorphisme régional.	[.....]
B. L'andalousite est un minéral index du métamorphisme de contact.	[.....]
C. la succession des roches métamorphiques en s'éloignant du granite intrusif est la suivante : Cornéenne → micaschiste → schiste.	[.....]
D. La schistosité est une structure caractéristique des roches métamorphiques qui apparaît dans les conditions extrêmes du métamorphisme.	[.....]

### → Domaine II : Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique.

#### Exercice 1 :

Pour déterminer quelques caractéristiques structurales et minéralogiques du granite d'anatexie et des roches métamorphiques avoisinantes on propose l'étude du document suivant :

la roche observée à l'œil nu	l'observation microscopique	schéma de l'observation microscopique
		
Echantillon du granite	Echantillon du granite	Les minéraux : q= quartz ; pl= plagioclase ; fp=feldspath potassique ; b=biotite.
		
Echantillon du gneiss	Lame mince du gneiss	Les minéraux : mi=mica ; fe=feldspath ; q=quartz
		
Schéma de la migmatite	Migmatite (formation comprenant deux unités)	

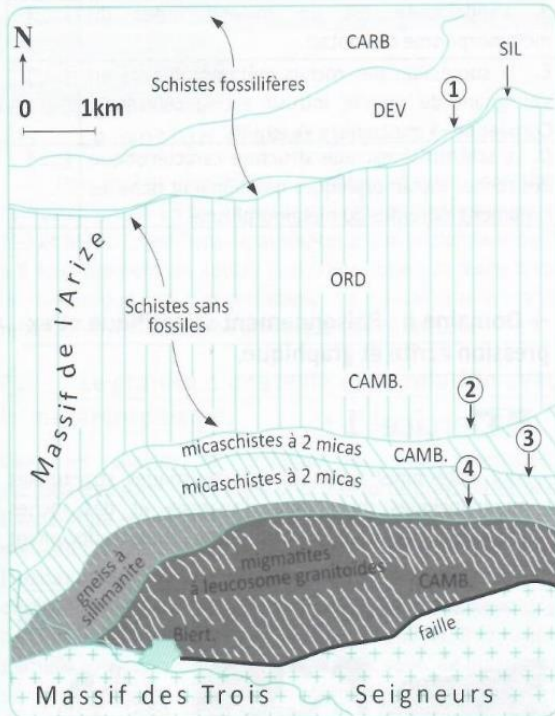
→ Question : 1. comparez la structure et la composition minéralogique du granite et du gneiss.  
2. En se basant sur vos acquis à propos de l'origine du granite et du gneiss, proposez une explication à l'origine de la migmatite.



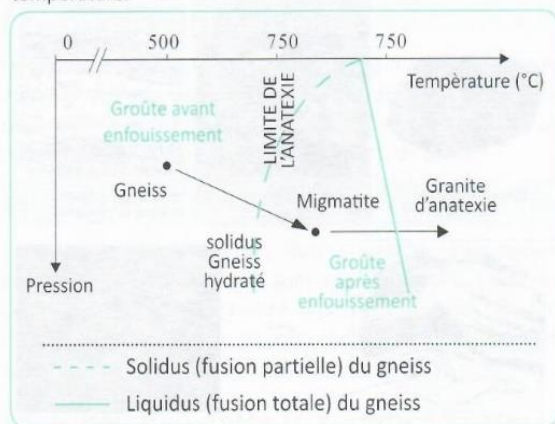
## Exercice 2 :

Pour déterminer la relation entre le granite d'anatexie et les roches avoisinantes on propose l'étude des deux documents suivants :

**Document : 1** carte géologique du massif de l'Arize (1/50000), au niveau de la chaîne de montagne Périmée.



**Document : 2** Diagramme montrant la relation entre le granite et le gneiss en fonction de la pression et de la température.

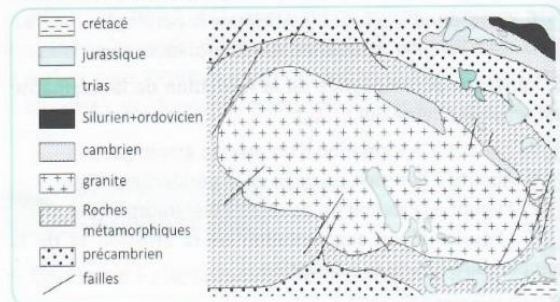


- **Question : 1.** Décrivez la répartition des roches qui affleurent dans cette région.
2. A partir des données de cette carte et des données du (document 2) expliquez la relation entre le granite d'anatexie et les roches avoisinantes.

## Exercice 3 :

Le granite d'Athis (région de France) appartient aux granitoides. Il s'agit d'un massif granitique intrusif datant du début du primaire. Pour déterminer les conditions de formation de ce granite intrusif et sa relation avec les roches avoisinantes on propose les deux documents suivants :

**Document : 1** carte géologique du granite d'Athis et des roches avoisinantes.



**Document : 2** coupe géologique simplifiée du granite d'Athis avec un échantillon de ce granite intrusif.

Figure (a) : coupe expliquant la situation du massif granitique d'Athis.

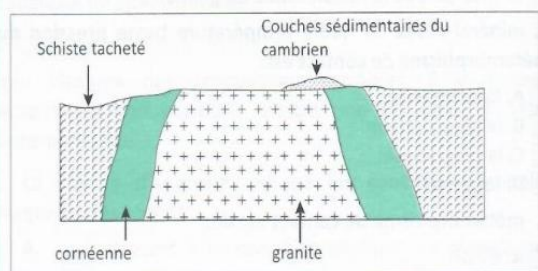


Figure (b) : enclave sombre de gneiss à l'intérieur du granite d'Athis avec dessin explicatif.



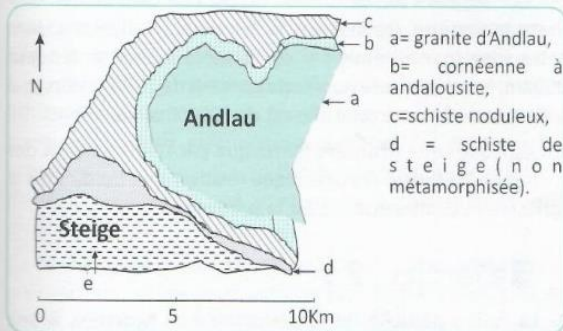
- **Question : 1.** Décrivez la répartition du granite intrusif et des roches métamorphiques. Proposez une hypothèse expliquant la relation entre ces roches.
2. En se basant sur le document 1 et la figure (a) du (document 2), déterminez la datation relative de mise en place du massif granitique. Justifiez votre réponse.
3. En exploitant vos acquis et les données précédentes et en utilisant la figure (b) du (document 2) donnez une explication à l'origine du granite intrusif étudié et sa relation avec les roches métamorphiques avoisinantes.



## Exercice 4 :

Pour déterminer la relation du granite intrusif avec les roches métamorphiques avoisinantes on propose l'étude des documents suivants :

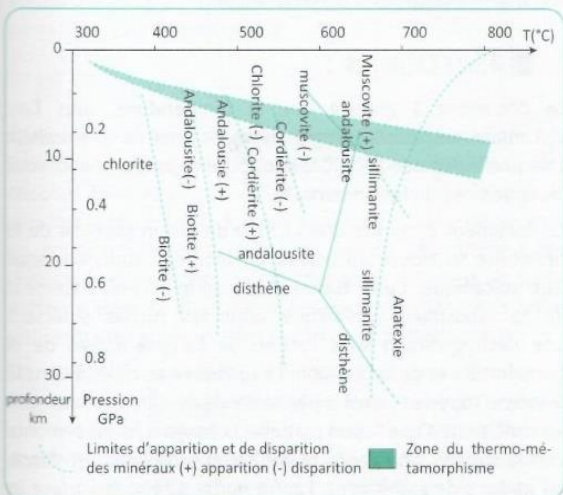
**Document : 1** carte géologique simplifiée de la région d'Andlau (France) montrant l'affleurement d'un massif granitique (le massif d'Andlau).



**Document : 2** la composition minéralogique des roches d'Andlau (la présence des minéraux est représentée par des lignes en tirets).

Les minéraux	Schiste de seige (non métamorphisé)	Schiste tacheté à cordiérite	Cornéenne à andalousite	Cornéenne à sillimanite
Quartz	-----	-----	-----	-----
Chlorite	-----	-----	-----	-----
Biotite	-----	-----	-----	-----
Muscovite	-----	-----	-----	-----
Cordiérite	-----	-----	-----	-----
Andalousite	-----	-----	-----	-----
Sillimanite	-----	-----	-----	-----

**Document : 3** Diagramme des domaines stabilité de certains minéraux en fonction de la pression et de la température.



→ **Question : 1. Décrivez** la répartition des roches métamorphiques autour du massif granitique d'Andlau (document1).

**2. Comparez** la composition minéralogique des roches métamorphiques avoisinantes du massif granitique (document2).

**3.** En utilisant le diagramme du (document 3), au niveau de la zone du thermo-métamorphisme, **expliquez** la différence de composition minéralogiques entre les roches avoisinantes du massif granitique (traiter uniquement le rôle de la température).

**4.** Ce type de métamorphisme s'appelle thermo-métamorphisme (ou métamorphisme de contact), **justifiez** cette affirmation.



## Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques, et les déformations tectoniques qui les accompagnent.

### → Restitution des connaissances.

#### 1. questions à réponse courte:

##### 1.1.

a. **Subduction** : est un processus d'enfoncement d'une plaque tectonique sous une autre plaque de densité plus faible, en général une plaque océanique sous une plaque continentale ou sous une plaque océanique plus récente

b. **obduction** : Phénomène géodynamique par lequel des portions de croûte océanique (ophiolites), ayant échappé à la subduction, sont charriées sur la marge continentale.

c. **tectonique** : Partie de la géologie qui a pour objet l'étude des déformations des couches de terrains, en relation avec les forces et les mouvements qui les produisent.

d. **nappe de charriage** : est un ensemble de terrains déplacés, sur de grandes distances, par-dessus d'autres terrains à la suite de mouvements tectoniques.

e. **ophiolites** : sont un ensemble de roches appartenant à une portion de lithosphère océanique, charriée sur un continent lors d'un phénomène de convergence de deux plaques lithosphériques.

f. **Pli** : Déformation souple des couches géologiques sous forme d'ondulations à la suite d'une contrainte tectonique.

g. **faille inverse** : est une cassure inclinée séparant deux compartiments rocheux. Le glissement sur le plan de la cassure se traduit par le rapprochement des deux compartiments et par le soulèvement d'un compartiment par rapport à l'autre.

h. **décrochement** : ou faille décrochante est une faille souvent verticale, le long de laquelle deux compartiments rocheux coulissent horizontalement l'un par rapport à l'autre.

1.2. **Deux types de déformations tectoniques caractéristiques des zones de convergence**: Les failles inverses ; les nappes de charriage .

1.3. **Deux caractéristiques des chaînes de subduction**: existence de fosse océanique ; volcanisme andésitique.

1.4. **1**: lithosphère continentale ; **2**: lithosphère océanique;

**3**: fosse océanique; **4** : volcanisme andésitique.

#### 2. Questions à choix multiples :

- |        |        |        |         |         |         |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1. - B | 4. - B | 7. - D | 10. - C | 13. - C | 16. - D |
| 2. - A | 5. - A | 8. - B | 11. - B | 14. - A |         |
| 3. - D | 6. - B | 9. - B | 12. - B | 15. - A |         |

#### 4. Vrai ou faux :

- |              |         |         |          |
|--------------|---------|---------|----------|
| 3.1. A: vrai | B: faux | C: vrai | D: vrai. |
| 3.2. A: faux | B: faux | C: vrai | D: vrai. |

### → Raisonnement scientifique et expression écrite et graphique

#### Exercice 1 :

On remarque qu'en dehors de la zone de subduction, la température augmente en fonction de la profondeur (gradient géothermique) et que les lignes des isothermes sont rectilignes et parallèles. Alors que dans la zone de subduction ces isothermes s'inclinent selon un plan (le plan de benioff). Cette inclinaison signifie que la température diminue dans cette zone (par exemple : si on garde la même profondeur 250Km, la température hors cette zone est de 1300°C alors que à l'intérieur de cette zone elle est de 1000°C uniquement).

On explique cette anomalie thermique par l'enfoncement des roches de la lithosphère océanique relativement froide sous la lithosphère continentale ; c'est la subduction.

#### Exercice 2 :

1- La fusion partielle de la péridotite non hydratée, à une profondeur de 160Km, nécessite une température de 1600°C et une pression de 5GPa.

Ces conditions ne se réalisent pas au niveau de la plaine abyssale ni au niveau de la zone de subduction puisque à une profondeur de 160Km, la température n'atteint pas 1600°C.

2- Au niveau de la dorsale océanique la température et la pression atteignent des valeurs qui permettent la fusion partielle de la péridotite, et par conséquent les conditions de fusion de cette roche existent dans cette zone.

3- La fusion partielle de la péridotite hydratée nécessite des températures relativement basses en comparaison avec la température nécessaire à la fusion partielle de la péridotite non hydratée.

Au niveau de la zone de subduction on remarque que la courbe du gradient géothermique (document 2) coupe la courbe du début de la fusion de la péridotite hydratée ce qui signifie que cette roche se trouve sous les conditions de la fusion partielle à une profondeur entre 80Km et 100Km.

#### Exercice 3 :

Le document 1 montre que la température, sous l'arc volcanique augmente progressivement avec la profondeur. Lorsqu'elle dépasse 1000°C la péridotite hydratée devient sous les conditions de fusion partielle.

Le document 2 montre que la zone de fusion partielle de la péridotite se trouve au niveau du manteau supérieur sous l'arc volcanique. Cette fusion a lieu suite à l'enfouissement de la lithosphère océanique dont les roches subissent une déshydratation sous l'action de l'augmentation de la température et de la pression. L'eau libérée se répand dans le manteau supérieur, ainsi la péridotite devient hydratée et sous les conditions d'une fusion partielle. Le magma formé remonte vers la surface, une partie cristallise en profondeur et donne les plutons de granitoïdes, l'autre partie atteint la surface et donne le volcanisme andésitique.



La subduction de la lithosphère océanique sous la lithosphère continentale conduit également à la formation d'un prisme d'accrétion et d'une fosse océanique le long de la marge continentale.

### Exercice 4 :

La chaîne des Andes est caractérisée par la déformation des couches de la croûte continentale telle que les chevauchements, les failles inverses et les plis qui prouvent que cette région a subi des forces compressives importantes. Elle est caractérisée également par une fosse océanique le long de la marge continentale due à l'enfouissement de la lithosphère océanique de la plaque Nazca sous la lithosphère continentale de la plaque sud-américaine. On note aussi la présence d'un prisme d'accrétion formé suite à l'empilement de sédiments océaniques au cours de l'enfouissement de la croûte océanique.

Cette chaîne de montagne est également caractérisée par la présence de roches magmatiques sous forme de plutons de granitoïdes et de roches volcaniques andésitiques

### Exercice 5 :

La chaîne de montagne d'Oman est caractérisée par :

- Des formations chevauchantes constituées d'ophiolites de Smail et des nappes Hawasina et de roches du primaire.
- Des formations appartenant à la croûte terrestre, formées par des roches du primaire et du crétacé supérieur ;
- Cette nappe dépasse 150Km et la longueur du complexe ophiolitique dépasse 100Km ;
- Les formations chevauchantes du primaire sont caractérisées par la présence de plis et de failles inverses ;
- Les nappes de Hawasina forment un prisme d'accrétion constitué de sédiments marins.

Le type de cette chaîne de montagnes : cette chaîne appartient aux chaînes d'obduction. En effet la présence du complexe ophiolitique et de sédiments marins chevauchants sur la croûte continentale sont des témoins de la fermeture d'un ancien océan et de la migration d'une lithosphère océanique sur la lithosphère continentale.

### Exercice 6 :

**Comparaison :** le complexe ophiolitique de Chenaillet et la lithosphère océanique se ressemblent dans la plupart des couches. En effet on trouve du bas vers le haut : une couche de péridotite, une couche de gabbro puis une couche de basaltes en coussinets et des sédiments marins. Ils diffèrent par l'épaisseur des couches, par la couche du complexe en filons présente dans la lithosphère océanique et par les brèches sédimentaires présents dans le complexe ophiolitique.

**Conclusion :** le complexe ophiolitique de Chenaillet est un morceau d'une lithosphère océanique qui séparait la plaque africaine de la plaque européenne, et suite au rapprochement des deux plaques et leur entrée en collision l'océan s'est fermé et une partie de sa lithosphère est restée coincée entre les deux masses continentales.

### Exercice 7 :

La chaîne des Alpes est constituée d'un ensemble d'unités pétrographiques et tectoniques qui sont des résultats de forces compressives et de la fermeture d'un océan ancien. Ainsi on distingue de l'est vers l'ouest :

- Une unité constituée d'une croûte continentale appartenant à la plaque africaine, cette unité est caractérisée par des plis et des failles inverses.
- La nappe de la dent blanche avec la suture ophiolitique, cette partie est également caractérisée par des plis et des failles inverses.
- Des chevauchements accompagnés par d'autres déformations qui ont contribué à la formation des reliefs de la chaîne des Alpes (chaîne de collision).

## CORRIGÉS CHAPITRE 2

### Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques

#### → Restitution des connaissances.

#### 1. questions à réponse courte:

##### 1.1. Définitions:

**a. Métamorphisme :** des modifications structurales et minéralogiques des roches préexistantes, à l'état solide, sous l'effet de la variation de P et T.

**b. minéral index :** minéral indiquant les conditions de pression et de température subie par la roche métamorphique qui contient ce minéral au cours de sa genèse.

**c. facies métamorphique :** ensembles minéralogiques stables issus de transformations minéralogiques caractéristiques correspondant aux conditions de PT auxquelles les roches ont été soumises indépendamment de leur composition chimique.

**d. série métamorphique :** correspond à la succession de différentes roches métamorphiques le long d'un gradient pression – température.

**e. Schistosité :** Feuilletage (distinct de la stratification) présenté par des roches sous l'influence de contraintes tectoniques, et selon lequel elles peuvent se déliter en lames.

**f. Foliation :** Structure présente dans des roches métamorphiques qui se caractérise par la succession de lits de minéraux à contenu minéralogique différent.

**1.2. Trois types de minéraux index classez-les selon l'augmentation des conditions de la température et de la pression :** Chlorite → grenat → jadéite

#### 2. Questions à choix multiples :

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 1. - D | 4. - B | 7. - A |
| 2. - B | 5. - D | 8. - A |
| 3. - B | 6. - D | 9. - D |

#### 4. Vrai ou faux :

- |              |         |         |         |
|--------------|---------|---------|---------|
| 3.1. A: vrai | B: faux | C: faux | D: vrai |
| 3.2. A: faux | B: vrai | C: faux | D: vrai |



## → Raisonement scientifique et expression écrite et graphique

### Exercice 1 :

1- Le domaine de stabilité de l'andalousite : température entre 380°C et 720°C, et pression moins de 0,45GPa.

- Le domaine de stabilité du disthène: température entre 380°C et 780°C, et pression entre 0,3GPa et 0,9GPa.

- Le domaine de stabilité de la sillimanite : température entre 500°C et 790°C, et pression entre 0GPa et 0,95GPa.

2- Dans les conditions de métamorphisme les roches subissent une variation des conditions de pression et de température en fonction de la profondeur. Ainsi il y a passage du domaine de stabilité d'un minéral (ou de plusieurs minéraux) au domaine de stabilité d'un autre. Et par suite il y a disparition de certains minéraux et apparition d'autres qui sont stables dans les nouvelles conditions, ce qui change la composition minéralogique de la roche métamorphisée tout en gardant la même composition chimique.

### Exercice 2 :

1- Cette lame mince montre que le disthène se trouve au centre et il est entouré par une auréole de sillimanite. Puisque les deux minéraux ont la même composition chimique on suppose que la roche contenait au début le disthène, et lorsqu'elle a subi le métamorphisme, une partie de ce minéral s'est transformée en sillimanite.

2- le diagramme présente les domaines de stabilité du disthène, de la sillimanite et de l'andalousite. Pour passer du domaine de stabilité du disthène au domaine de stabilité de la sillimanite il faut une augmentation de la température ou une augmentation de la pression et de la température, ce qui confirme l'hypothèse, c'est-à-dire que la roche contenait le disthène et suite à une augmentation de la pression et de la température, une partie du disthène s'est transformée en sillimanite.

### Exercice 3 :

1- Selon le gradient géothermique des océans géologiquement non actifs on rencontre les conditions de formation du plagioclase, la chlorite, l'actinote et l'amphibole.

Selon le gradient géothermique des zones de subduction on rencontre les conditions de formation du plagioclase, la chlorite, l'actinote, le glaucophane, la jadeite et le grenat.

2- Le grenat est stable dans le domaine où la température varie entre 200°C et 500°C, et la pression entre 900MP et 2000MP. Lorsque ce minéral existe dans une roche il nous informe sur les conditions de pression et de température subies par cette roche.

3- Le domaine de stabilité du glaucophane : température entre 50°C et 500°C, et pression entre 400MP et 2000MP.

-Domaine de stabilité du grenat: température entre 200°C et 500°C, et pression entre 900MP et 2000MP. Donc le domaine de stabilité du grenat est très limité en comparaison avec celui du glaucophane.

### Exercice 4 :

1- Faciès schiste vert caractérisé par l'actinote et la chlorite.

- Faciès schiste bleu caractérisé par le glaucophane, le grenat et l'épidote.

- Faciès élogite caractérisé par la jadeite et le grenat.

- Faciès amphibolite caractérisé par l'amphibole (Hornblend) et le plagioclase.

2- Le domaine de stabilité des minéraux du faciès schiste bleu est caractérisé par une température entre 80°C et 420°C, et une pression entre 500MP et 1380MP.

Le domaine de stabilité des minéraux du faciès élogite est caractérisé par une température entre 150°C et 820°C, et une pression supérieure à 1150MP.

Le faciès élogite est caractérisé par des conditions de température et de pression élevées en comparaison avec les conditions du faciès schiste bleu.

3- La présence de la roche R1 dans cette région prouve qu'elle a connu les conditions de pression et de température qui caractérisent le faciès schiste bleu, de même la présence de la roche R2 prouve qu'elle est également passée par les conditions de pression et de température du faciès élogite. Donc cette région a connu à travers le temps une forte augmentation de pression et une augmentation moyenne de température (sens de la flèche qui réunit entre le point R1 et le point R2).

## CORRIGÉS CHAPITRE 3

### La granitisation et sa relation avec le métamorphisme

#### → Restitution des connaissances.

##### 1. questions à réponse courte:

###### 1.1. Définitions:

a. **Granite intrusif** : massif granitique sous forme de pluton résultant d'une intrusion magmatique dans des terrains préexistants. Ce granite affleure par le jeu de l'érosion qui décape les roches sus-jacentes.

b. **Anatexie** : fusion partielle ou totale d'une roche soumise à une augmentation de pression et de température.

c. **Migmatite** : Roches, qui à l'échelle d'un affleurement, présente un mélange de granite et de gneiss. Elles résultent d'un début de fusion partielle dans les conditions extrêmes du métamorphisme.

d. **auréole de métamorphisme** : c'est une structure métamorphique qui entoure le granite intrusif, elle produite par la transformation, à l'état solide, des roches en contact de l'intrusion du magma (métamorphisme de contact).

1.2. Deux caractéristiques qui distinguent le granite d'anatexie du granite intrusif : Il occupe une grande surface ; Il est lié au métamorphisme régional.

##### 2. Questions à choix multiples :

- |        |        |        |        |         |         |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1. - A | 3. - A | 5. - A | 7. - A | 9. - C  | 11. - C |
| 2. - D | 4. - B | 6. - B | 8. - A | 10. - D |         |

##### 4. Vrai ou faux :

- |              |         |         |          |
|--------------|---------|---------|----------|
| 3.1. A: faux | B: faux | C: faux | D: faux. |
| 3.2. A: faux | B: vrai | C: vrai | D: faux. |

profsalmi.blogspot.com



## Exercice 1 :

1- Le granite a une structure grenue et des cristaux de grande taille non orientés. Les plus importants de ces cristaux sont le quartz, le plagioclase, le feldspath et le mica. Alors que le gneiss possède une structure grenue avec des cristaux de moyenne et petite taille qui sont orientés. En plus ces minéraux sont organisés en lits claires de quartz et feldspath, et de lits sombres de micas.

2- Le gneiss se forme à partir de roches préexistantes qui ont subi un métamorphisme sous l'action de l'augmentation de la pression et de la température en profondeur. Avec l'augmentation de la profondeur, et à la limite du métamorphisme, le gneiss subit une fusion partielle ce qui conduit à la formation d'un liquide magmatique qui donne après refroidissement la roche du granite.

Dans la zone qui se trouve entre le gneiss et le granite se forme une roche à partir du gneiss qui n'a pas fondu et du granite issue du refroidissement du liquide granitique : cette formation rocheuse s'appelle migmatite.

## Exercice 2 :

1- On remarque les roches métamorphiques qui sont le schiste, le micaschiste et le gneiss, sont côtes à côtes dans le terrain et se répartissent sous forme de bandes parallèles entre elles et parallèles à la migmatite et au granite.

2- Le document 2 montre que lors de l'enfouissement des roches de la croûte terrestre, à de grandes profondeurs, le gneiss est soumis à une augmentation de la pression et de la température, et lorsqu'il dépasse la courbe de fusion partielle il donne la migmatite formée d'une partie qui ressemble au gneiss et une partie granitique. Et avec l'augmentation de la température et de la pression la migmatite subit une fusion totale et donne un liquide qui se refroidit en granite, ce qui explique le positionnement de la migmatite entre le gneiss et le granite dans le document 1.

## Exercice 3 :

1- Le granite intrusif est mis en place sous forme de masse qui a une répartition géographique limitée, et qui est entourée par des roches métamorphiques formant une auréole de schiste tacheté et de cornéenne.

On suppose que les roches métamorphiques sont issues de la transformation de roches préexistantes sous l'action de l'intrusion de la masse granitique.

2- La masse granitique a subi une érosion, et après son affleurement, des couches sédimentaires du cambrien sont déposées sur elle. Donc la mise en place de cette masse s'est déroulée avant le cambrien.

3- La présence de l'enclave du gneiss montre que le magma qui a donné lieu à ce granite provient de la profondeur au niveau de laquelle s'est formé le granite d'anatexis au voisinage du gneiss. Ce magma s'est détaché sous forme d'une masse qui a remonté vers le haut. La présence des roches métamorphiques sous forme d'auréole indique que ces roches étaient

métamorphisées sous l'effet d'une augmentation importante de la température qui provenait de la mise en place du granite intrusif.

## Exercice 4 :

1- Le granite est mis en place sous forme de masse entourée par des roches métamorphiques formant une auréole. En contact du massif granitique on trouve une cornéenne à andalousite suivie par le schiste noduleux.

2- Les roches avoisinantes du granite ont des compositions minéralogiques différentes à l'exception du quartz qui se trouve dans toutes les roches.

- Le schiste tacheté est caractérisé par la présence de la cordiérite, la biotite, la muscovite et début d'apparition de l'andalousite, mais il ne contient pas de sillimanite.

- La cornéenne à andalousite est caractérisée par la présence de l'andalousite, de la muscovite et la biotite mais elle ne contient pas de sillimanite ni de cordiérite.

- La cornéenne à sillimanite est caractérisée par la présence de la sillimanite, et de la biotite avec l'absence des autres minéraux à l'exception du quartz.

3- La biotite apparaît à une température qui atteint environ 380°C, et elle reste stable malgré l'augmentation de la température, ce qui explique sa présence dans les différentes roches métamorphiques.

- La muscovite disparaît à une température de 650°C ;

- La cordiérite apparaît à une température de 500°C et elle disparaît à 550°C ;

- L'andalousite est stable entre la température de 550°C et celle de 650°C ;

- La sillimanite apparaît à partir de la température de 650°C.

A partir des conditions de stabilité des minéraux en fonction de la température on peut déterminer les domaines de formation des roches comme suit :

- Le schiste tacheté à cordiérite entre 500°C (apparition de la cordiérite) et 600°C (disparition de la muscovite).

- La cornéenne à andalousite entre environ 550°C (absence de cordiérite) et 650°C (absence de sillimanite).

- La cornéenne à sillimanite au-delà de 650°C (début d'apparition de la sillimanite).

4- Les minéraux index qui se trouvent dans les roches métamorphiques prouvent que ces roches se sont formées à des températures élevées et sous une pression relativement faible. Ce type de métamorphisme s'appelle le thermo-métamorphisme ou métamorphisme de contact, parce que les roches se transforment par contact du magma granitique.



**CONTRÔLE N° : 4**

Duree : 1h 45 min


**Unité 4 : Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques**
**→ Partie 1 : Restitution des connaissances (5pt).**
**1. Définissez les notions suivantes. (1 pt)**

- a. métamorphisme.      b. minéral indicateur (ou index).

**2. Donnez deux caractéristiques : (1 pt)**

- 1- des chaînes de subduction.  
2- qui distinguent le granite d'anatexie du granite intrusif.

**3. Questions à choix multiples (2 pt)**

Pour chacune des propositions suivantes, il y a une seule suggestion correcte, **mettre** une (x) dans la case correspondante.

**3.1- Le magma andésitique se forme suite à la fusion partielle d'une roche nommée :**

- ☐ A. l'éclogite.  
☐ B. l'argile.  
☐ C. la péridotite.  
☐ D. le basalte.

**3.2- Les chaînes de collision résultent de :**

- ☐ A. l'affrontement de deux plaques océaniques sous l'effet des contraintes compressives.  
☐ B. l'affrontement de deux blocs continentaux après la fermeture d'un ancien océan.  
☐ C. l'effet de forces géologiques extensives en rapport avec la fermeture d'un ancien océan.  
☐ D. l'effet de forces géologiques compressives au niveau de la dorsale océanique

**3.3- La séquence métamorphique est un ensemble de :**

- ☐ A. roches magmatiques résultantes du refroidissement du même magma.  
☐ B. roches ayant subi un même degré de métamorphisme.  
☐ C. minéraux ayant subi une température croissante.  
☐ D. roches métamorphiques qui résultent de la même roche mère.

**3.4- Les migmatites :**

- ☐ A. sont des roches appartenant à une auréole métamorphique.  
☐ B. sont des roches ayant une texture mixte (grenue et foliée).  
☐ C. résultent de la fusion partielle de la péridotite.  
☐ D. résultent de la fusion totale du gneiss.

**4. IV. Reliez chaque élément du groupe 1 à la définition du groupe 2 qui lui convient** en complétant le tableau ci-dessous avec les lettres qui correspondent à la définition convenable. (1 pt)

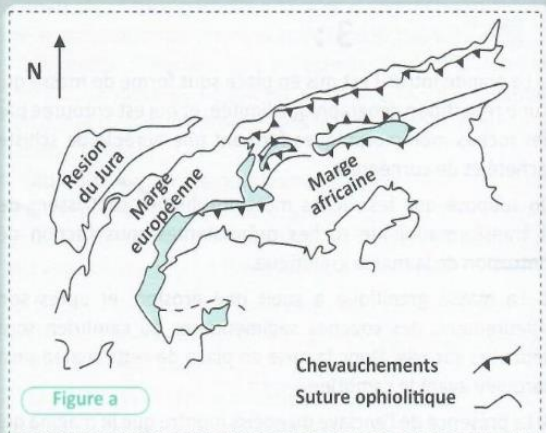
Elément du groupe 1	1	2	3	4
La lettre convenable du groupe 2				

Groupe 1 : les éléments	Groupe 2: les définitions
1- volcanisme andésitique	a- structure de roche qui résulte d'un métamorphisme lié à une forte augmentation de la température et de la pression.
2- anatexie	b- fusion partielle de roches qui ont atteint un degré maximal de métamorphisme.
3- gneiss	c- phénomène géologique qui consiste à l'écoulement de lave au niveau des zones de subduction.
4- faciès métamorphique	d- un ensemble de minéraux qui caractérisent des conditions de température et de pression données.

**→ Partie II : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 points)**
**Exercice 1 : (9 points)**

Pour étudier certains phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes, on propose l'exploitation des données suivantes :

- La figure a du document 1, représente une carte géologique d'une région de la chaîne alpine franco-italienne.
- La figure b du même document montre une coupe géologique de la même région représentée dans la figure a.





Ouest

Est



Unité Européenne

Terrains sédimentaires

Ophiolite

Roches cristallisées

Unité Alpine

Manteau

Sens de déplacement

Figure b

### Document : 1

#### → Question :

1. Relevez du document 1, les indices de la disparition d'un ancien océan, et de l'affrontement de la plaque africaine avec la plaque européenne (1,5 pts)

Au voisinage des roches ophiolitiques de la région alpine étudiée, on constate l'affleurement d'autres roches de type métamorphique, telles que le métagabbro, l'éclogite et le schiste. Pour déterminer l'origine et les conditions de formation de ces roches métamorphiques, une étude minéralogique a été réalisée sur cinq échantillons (de E<sub>1</sub> à E<sub>5</sub>) de roches appartenant à la région étudiée. Le tableau du document 2 résume les résultats obtenus.

	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>
Pyroxène	+	+	+	-	-
Plagioclase	+	+	+	+	+
Épidote	-	+	+	-	+
Glaucophane	-	-	+	+	-
Grenat	-	-	-	+	-
Hornblende	+	-	-	-	+
Jadéite	-	-	-	+	-

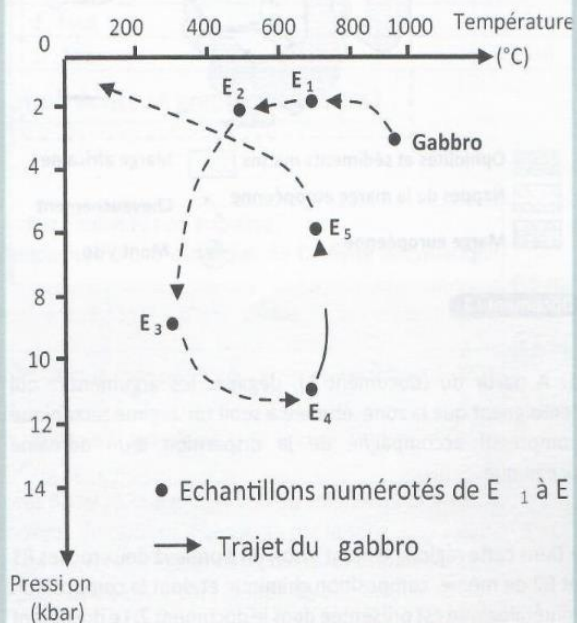
### Document : 2

#### → Question :

2. Comparez la composition minéralogique de : (3 pt)

- l'échantillon E<sub>1</sub> et l'échantillon E<sub>2</sub>.
- l'échantillon E<sub>3</sub> et l'échantillon E<sub>4</sub>.
- l'échantillon E<sub>4</sub> et l'échantillon E<sub>5</sub>.

Des géologues ont remarqué la présence d'une grande ressemblance dans la composition chimique du gabbro et des échantillons rocheux étudiés. Le document 3 traduit le trajet d'évolution du gabbro et l'emplacement de ces échantillons rocheux sur ce même trajet.



### Document : 3

#### → Question :

3.a- Déterminez les conditions de pression et de température régnantes lors de la formation du Gabbro et des échantillons E<sub>3</sub> et E<sub>4</sub>, puis déduisez le type de métamorphisme responsable de la formation de ces deux échantillons E<sub>3</sub> et E<sub>4</sub>. (2 pt)

b- En se basant sur les données précédentes et vos connaissances, déterminez les deux phénomènes géologiques responsables de la formation de chacun des deux échantillons E<sub>3</sub> et E<sub>4</sub>. (1 pt)

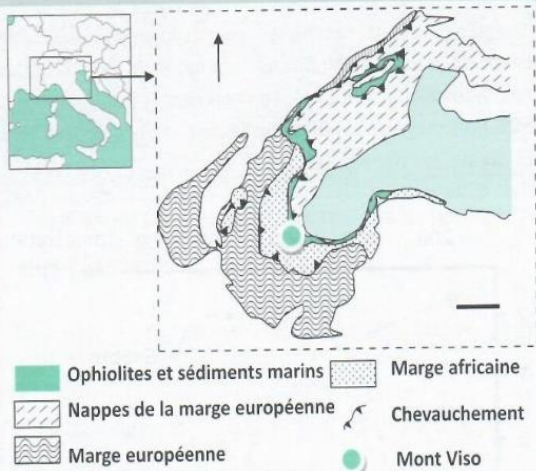
4. A partir de vos réponses précédentes, déterminez les étapes de formation de la chaîne alpine Franco-italienne. (1,5 pt)

## Exercice 2 : (6 points)

La chaîne alpine est une chaîne de collision, elle résulte de la fermeture d'un domaine océanique et l'affrontement de deux plaques lithosphériques : la plaque africaine et la plaque eurasiatique. Afin de déterminer les étapes de formation de cette chaîne on présente les données suivantes :

- Le document 1 présente une carte simplifiée de la chaîne des Alpes franco-italienne au niveau de la zone de confrontation des marges africaine et européenne.





## Document : 1

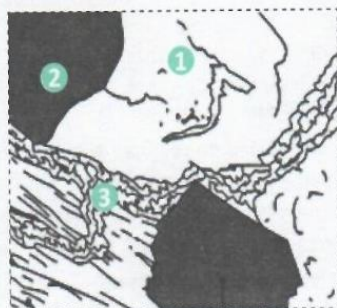
## → Question :

1. A partir du (document 1), dégagez les arguments qui témoignent que la zone étudiée a subi un régime tectonique compressif accompagné de la disparition d'un domaine océanique. (1 pts)

• Dans cette région (le mont Viso), on a prélevé deux roches R1 et R2 de même composition chimique et dont la composition minéralogique est présentée dans le document 2. Le document 3 représente les champs de stabilité de quelques associations minérales en fonction de la température et de la pression.



Roche R1

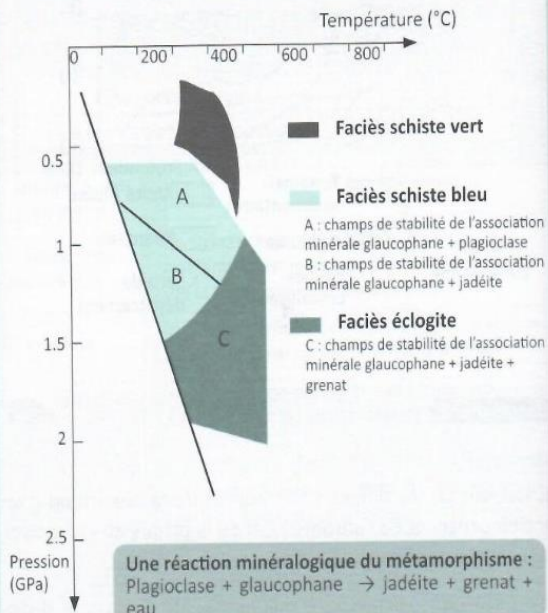


Roche R2

- 1 Jadéite
- 2 grenat
- 3 glaucophane
- 4 plagioclase

## Document : 2

Les champs de stabilité de quelques associations minérales en fonction de la température et de la pression.



## Document : 3

## → Question :

2- En exploitant les données des documents 2 et 3 :

a- Décrivez les transformations minéralogiques lorsqu'on passe de la roche R1 à la roche R2, et déterminez les conditions de pression et de température dans les quelles ont été formées ces deux roches. (1,5 pts)

b- Expliquez ces transformations minéralogiques, et déduisez le type de métamorphisme qui a eu lieu dans cette région. (2 pts)

3- En vous basant sur les données de l'exercice, résumez les étapes de formation de la chaîne alpine. (1,5 pts)



# CORRECTION CONTROLE N° : 1

## → Partie I : Restitution des connaissances (5 pts)

n°	Eléments de réponse	Barème
1	(1,d) ; (2,d) ; (3,c) ; (4,b)	0,5x4
2	(1,d) ; (2,c) ; (3,b) ; (4,a)	0,25x4
3	1- a: faux b: vrai c: vrai d: faux	0,25x4
	2- a: faux b: vrai c: vrai d: faux	0,25x4

## → Partie II : raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 pts)

### Exercice 1 : (8 points)

1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comparaison</b> : Par rapport à l'individu entraîné, on observe chez l'individu non entraîné : <ul style="list-style-type: none"> <li>- une diminution du volume globale des mitochondries accompagnée d'une réduction de l'activité enzymatique mitochondriale.....</li> <li>- une augmentation de la quantité de l'acide lactique produit accompagnée d'une baisse de la consommation d'oxygène .....</li> </ul> </li> <li>• <b>Explication</b> : le non entraîné utilise principalement la voie anaérobie comme source de renouvellement de l'ATP → faible productivité d'ATP → fatigabilité élevée .....</li> </ul>	0,5 pt 0,5 pt 1 pt
2	Chez les élèves fumeurs, la VMA est estimée à 15.8 UA, alors qu'elle est de 14.5 UA chez les non fumeurs, d'où la faible endurance des fumeurs par rapport à celle des non fumeurs .....	1 pt
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Par rapport aux élèves non fumeurs, on observe chez les élèves fumeurs une diminution du volume du dioxygène fixé à l'hémoglobine, et une augmentation du volume du monoxyde de carbone transporté par le sang .....</li> <li>• Fixation du monoxyde de carbone sur le complexe T6 → arrêt du transfert d'électrons à travers les complexes de la chaîne respiratoire → absence du gradient des H<sup>+</sup> → arrêt de production d'ATP par les sphères pédonculées .....</li> </ul>	1 pt 1 pt
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Après un effort musculaire on observe chez les fumeurs une augmentation importante de l'acide lactique et une diminution remarquable du pH au niveau du sang veineux partant du muscle .....</li> <li>- Chez les fumeurs, le muscle reçoit une quantité importante du monoxyde de carbone au lieu du dioxygène → fixation du CO sur le complexe T6 → diminution de la synthèse de l'ATP par voie aérobie → utilisation de la fermentation lactique → production de l'acide lactique → diminution du pH du sang veineux partant du muscle → diminution de l'activité enzymatique du métabolisme énergétique → faible production d'ATP → fatigue et crampes musculaires .....</li> </ul>	1 pt 2 pt

### Exercice 2 : (7 points)

1	Comparaison : - Pour le premier lot : forte radioactivité (Ca <sup>2+</sup> ) au niveau du réticulum sarcoplasmique en comparaison avec le sarcoplasme ..... - Pour le deuxième lot : faible radioactivité (Ca <sup>2+</sup> ) au niveau du sarcoplasme en comparaison avec le réticulum sarcoplasmique ..... Déduction: lors du passage de l'état de relâchement à l'état de contraction, les ions Ca <sup>2+</sup> passent du réticulum sarcoplasmique vers le sarcoplasme .....	0,5 pt 0,5 pt 0,5 pt
2	<b>Mécanisme de l'intervention des ions Ca<sup>2+</sup> dans la contraction de la fibre musculaire:</b> - fixation des ions Ca <sup>2+</sup> sur la troponine → libération des sites de fixation des têtes de myosines sur l'actine suite au déplacement de la tropomyosine → formation du complexe actomyosine .....	1,5 pt
3	<b>Explication :</b> - L'hydrolyse de grandes quantités d'ATP dans le milieu 1 s'explique par la formation du complexe actomyosine . - L'hydrolyse de faibles quantités d'ATP dans le milieu 3 s'explique par l'absence du complexe actomyosine car ce milieu ne contient que la myosine .....	2 pt
4	La succession des événements depuis l'excitation à la contraction musculaire : - suite à l'excitation du muscle, les ions Ca <sup>2+</sup> sont libérés à partir du réticulum sarcoplasmique; - libération des sites de fixation des têtes de myosines; - formation des complexes actomyosine; - rotation des têtes de myosines aboutissant au glissement des filaments d'actine entre les filaments de myosine ce qui entraîne la contraction musculaire .....	2 pts



# CORRECTION CONTROLE N° : 2

## → Partie I : Restitution des connaissances (5 pts)

n°	Eléments de réponse	Barème
1	a. Duplication semi-conservative : Chaque nouvelle molécule d'ADN conserve un brin de l'ancienne molécule qui a été utilisé comme moule pour construire le nouveau brin b. Transcription : c'est le processus permettant la copie de l'ADN en ARN .	2 pts
2	(2.1 ; d) - (2.2 ; a) - (2.3 ; d) - (2.3 ; c)	2 pts
3	A.....Faux B.....Vrai C.....Vrai D.....Faux	1 pt

## → Partie II : raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 pts)

### Exercice 1 : (2 points)

1	Après l'injection des acides aminés et des ARNm on remarque une diminution progressive de la quantité d'ARNm dans le milieu de culture, et en même temps une augmentation progressive de la quantité d'acides aminés incorporés dans des protéines, c'est-à-dire la quantité de protéine synthétisée .....	1 pt
2	On déduit de cette expérience que les ARNm interviennent dans l'assemblage des acides aminés sous forme de protéines, puisqu'ils portent l'information génétique nécessaire à ce processus .....	1 pt

### Exercice 2 : (3 points)

1	Chez l'individu sain la présence de la protéine CFTR avec une séquence d'acides aminés déterminée permet aux cellules pancréatiques et pulmonaires de produire un mucus plus fluide  Au contraire, chez l'individu atteint de mucoviscidose, la présence de la protéine CFTR avec une séquence d'acides aminés différente conduit à la sécrétion de mucus moins fluide par les cellules pancréatiques et pulmonaires  Donc le phénotype peut être défini à l'échelle moléculaire (protéine), ou à l'échelle cellulaire (fonction des cellules pancréatiques et pulmonaires), ou à l'échelle macroscopique (individu sain ou malade) .....	2 pts
2	Relation protéine-caractère : En présence de la protéine CFTR normale, l'individu est sain, et en présence de la protéine CFTR anormale, l'individu est atteint par la mucoviscidose. Donc la protéine est responsable du caractère.	1 pt

### Exercice 3 : (4 points)

1	On suit la transmission d'un seul caractère « la couleur des yeux » chez la drosophile : c'est un cas de monohybridisme. Les individus de la première génération $F_1$ sont homogènes et portent tous des yeux rouges sombres, la première loi de Mendel a été réalisée et : - l'allèle responsable de la couleur « rouge sombre » est dominant : R - l'allèle responsable de la couleur « rouge vif » est récessif : r	1,5
2	Ce croisement est appelé Test-cross.	0,25
3	Il permet de tester : - Si l'individu qui porte l'allèle dominant est homozygote. - Si l'individu qui porte l'allèle dominant est hétérozygote.	0,5
4	Si le test-cross produit 100% d'individus qui portent l'allèle dominant, donc l'individu testé est homozygote : $R/R \times r/r \rightarrow 100\% R/r [R]$ - Si le test-cross produit 50% [R] et 50% [r], donc l'individu testé est hétérozygote : $R/r \times r/r \rightarrow 50\% R/r [R] \text{ et } 50\% r/r [r]$ Conclusion : Puisque le croisement entre une femelle $F_1$ et un mâle aux yeux rouge vif a donné 50% [R] et 50% [r], donc la femelle $F_1$ est hétérozygote	1,75

### Exercice 4 : (6 points)



1

Il s'agit d'un cas de dihybridisme.

A la première génération  $F_1$ , on a obtenu uniquement des individus à pelage lisse et queue longue, On déduit :  
- les parents sont de lignées pures, et les individus de la première génération  $F_1$  sont homogènes donc la première loi de Mendel a été réalisée. L'allèle responsable du pelage lisse est dominant : L

. L'allèle responsable du pelage crépu est récessif : c

. L'allèle responsable de la queue longue est dominant : T

. L'allèle responsable de la queue tronquée est récessif : t

A la deuxième génération  $F_2$  qui provient d'un test-cross entre des individus  $F_1$  et des individus à pelage crépu et queue tronquée on a obtenu 4 phénotypes : 2 types parentaux et deux types recombinés avec les proportions suivantes :

[L T] :  $71/200 \times 100 = 35.5\%$

[c t] :  $69/200 \times 100 = 34.5\%$

[L t] :  $71/200 \times 100 = 15.5\%$

[c T] :  $71/200 \times 100 = 14.5\%$  Le pourcentage des phénotypes parentaux (70%) est très supérieur au pourcentage des phénotypes recombinés (30%), donc les 2 gènes étudiés sont liés.

3 pts

2

Interprétation chromosomique :

Parents : [L T] X [c t]

Génotypes : LT//LT c t//c t

Gamètes : 100% LT/ 100% c t/

$F_1$  : 100% LT//c t [L T] ..... 1 pt

$F_2$  : [L T]  $F_1$  X [c t]

Génotypes : LT//c t X c t//c t

Gamètes : 35.5% LT/  
15.5% Lt/  
14.5% cT/  
34.5% c t/ ..... 1 pt

Echiquier de croisement :

Les résultats théoriques sont conformes aux résultats expérimentaux.

	♂	LT/ 35.5%	Lt/ 15.5%	cT/ 14.5%	ct/ 34.5%
		[L T] LT//c t 35.5%	[L t] Lt//c t 15.5%	[c T] cT//c t 14.5%	[c t] ct//c t 34.5%
♀	ct/ 100%	[L T] LT//c t 35.5%	[L t] Lt//c t 15.5%	[c T] cT//c t 14.5%	[c t] ct//c t 34.5%

3 pts

## CORRECTION CONTROLE N° : 3

### → Partie I : Restitution des connaissances (5 pts)

n°	Eléments de réponse	Barème
I	- Effet de serre : phénomène naturel qui aboutit au réchauffement de la terre. - Eutrophisation : phénomène négatif lié à la prolifération excessive des algues à la surface des eaux suite à leur enrichissement en substances minérales et organiques	0,5 pt 0,5 pt
II	1- Diagnostic des maladies : domaine médical. - Production de l'énergie : station nucléaire. - Stérilisation des aliments. 2- Incinération - Production du biogaz - Compostage. (deux propositions)	0,5 Pt 2 pts
III	QCU : (1,d) ; (2,b) ; (3,b) ; (4,a)	1 pt
IV	Vrai ou faux : 1-vrai 2-faux 3- vrai 4-faux	1 pt



## → Partie II : raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 pts)

### Exercice 1 : (7 points)

1	- De 1992 à 1994, on observe une forte augmentation de la productivité annuelle des Anguilles, elle passe de 40 t à environ 83 t. - De 1994 à 1997 on enregistre une forte diminution de la productivité annuelle des Anguilles, elle atteint 20 t. - A partir de 1997, on observe une stabilité relative de la productivité annuelle des anguilles dans une valeur de 20 t à 30 t.	0,5 pt 0,5 Pt 0,5 Pt
2.a	Comparaison : Par rapport aux concentrations normales de l'OMS, on observe une augmentation de la concentration des trois métaux lourds au niveau des organes de l'anguille. Explication : On explique l'augmentation des concentrations des métaux lourds par rapport aux concentrations normales définies par l'OMS par le fait que ce poisson vit dans des eaux contaminées par des polluants résultants d'activités industrielles.	1 Pt 1pt
2.b	L'hypothèse vérifiée est la deuxième hypothèse. Justification : la diminution de la productivité annuelle des Anguilles pendant la période d'étude est due à la pollution des eaux de Sebou par des polluants industriels.	0,5 Pt 1pt
3	Proposition de deux procédures telle que : - Traitement des eaux usées générées par les activités industrielles avant de les déverser dans le fleuve de Sebou. - Construction des unités industrielles loin de le fleuve de Sebou	1 Pt 1 Pt

### Exercice 2 : (8 points)

1	les concentrations des métaux lourds (Hg – Pb – Cd) dans le sol de la décharge de Dandora sont très supérieures aux concentrations enregistrées dans le sol du bidonville. De leur part les concentrations dans le sol du bidonville sont supérieures à celles des de la banlieue ..... - On déduit que les concentrations des métaux lourds dans le sol diminuent progressivement en s'éloignant de la décharge .....	1 Pt 1 Pt
2	les concentrations des métaux lourds (Hg – Pb – Cd) dans le sol de la décharge de Dandora et dans le sol du bidonville sont très supérieures aux normes internationales. Alors que dans la banlieue ces concentrations sont inférieures à ces normes ..... Conclusion : la pollution du sol par ces métaux lourds est due à la présence de la décharge de Dandora .....	1 pt 0,5 Pt
3	- <b>Exploitation du document 2 :</b> les métaux lourds ont plusieurs origines (déchets industriels, incinération non contrôlée, déchets pharmaceutiques et médicaux, déchets électroniques, les piles électriques ...). Ces métaux ne doivent pas dépasser des concentrations limitées dans le sang (10 µg/dL pour le plomb et le mercure, et 1 µg/dL pour le cadmium). Car on dépassant cette concentration ils causent plusieurs maladies qui affectent les systèmes digestif, circulatoire, urinaire, nerveux... et qui peuvent conduire, dans le cas du cadmium, à des cancers ..... - <b>Exploitation du document 3 :</b> le pourcentage des enfants atteints par des maladies, due à la pollution par les métaux lourds, varie de 8% pour des troubles de la vision à 41% pour les troubles respiratoires ..... <b>Explication :</b> la diversité des sources des polluants, sources des métaux lourds, présents dans la décharge conduit à l'augmentation de la concentration de ces métaux dans les milieux naturels (sol, eau de surface et sous-terrain). Ces polluants remontent jusqu'à l'homme par le biais de l'alimentation et à travers la chaîne alimentaire, ce qui explique les taux élevés de ces métaux dans le sang chez les enfants de l'échantillon étudié .....	1,5 pt 1 pt 1 pt
4	Parmi les mesures possibles pour préserver les enfants de ces maladies : - Le tri et le traitement et réutilisation des ordures ménagères (compostage, méthanisation,...) ; ..... - L'installation d'une station d'épuration du lixiviat qui permet l'élimination des métaux lourds avant leur passage dans le sol et dans la nappe phréatique qui alimente la rivière .....	0,5 pt 0,5 pt



# CORRECTION CONTROLE N° : 4

## → Partie I : Restitution des connaissances (5 pts)

n°	Eléments de réponse					Barème	
I	<b>Métamorphisme</b> : un phénomène géologique correspondant aux transformations minéralogiques et structurales d'une roche préexistante à l'état solide, sous l'effet de variations de température et de pression ..... <b>Minéral indicateur</b> : minéral indiquant les conditions de pression et de température subit par la roche métamorphique qui contient ce minéral au cours de sa genèse.					0,5Pt  0,5 pt	
II	Deux caractéristiques tel que : 1- chaîne de subduction : existence de fosse océanique ; volcanisme andésitique ; répartition oblique des foyers sismiques ; séquence métamorphique de schiste vert - schiste bleu - élogite. 2- granite d'anatexie : occupe une grande surface ; se forme en grande profondeur ; ses limites avec les roches métamorphiques ne sont pas claires ; lié au métamorphisme régional					  0,5 pt  0,5 Pt	
III	QCU : (1,c) ; (2,b) ; (3,d) ; (4,b)					2 pts	
IV	L'appariement : ( )	Numéro d'élément du groupe 1	1	2	3	4	2 pts
		La lettre correspondante du groupe 2	c	b	a	d	

## → Partie II : raisonnement scientifique et communication écrite et graphique (15 pts)

### Exercice 1 : (9 points)

1	Indices en faveur de la fermeture d'un ancien océan, et de l'affrontement de la plaque africaine et de la plaque européenne : - présence d'ophiolite entre la marge africaine et celle de l'Europe. - présence des déformations tectoniques: plis, failles inverses et chevauchements. - Affrontement de la marge continentale africaine avec la marge continentale européenne	0,5 pt 0,5 Pt 0,5 Pt												
2	Comparaison de la composition minéralogique des échantillons rocheux : a- E1 et E2 contiennent le pyroxène et le plagioclase, en plus E2 contient l'épidote et ne renferme pas la hornblende..... b- E3 et E4 sont constitués du plagioclase et du glaucophane, alors que E4 est dépourvu du pyroxène et de l'épidote, mais il renferme le grenat et la jadéite ..... c- E4 et E5 renferment le plagioclase, alors que E5 contient l'épidote et la hornblende, et il est dépourvu du glaucophane, du grenat, et de la jadéite .....	1 pt 1 pt 1 pt												
3.a	<b>Conditions de P et de T de la formation du gabbro, de E3 et E4 :</b> <table border="1"> <tr> <td>Echantillon</td><td>P(en Kar)</td><td>T(nec)</td></tr> <tr> <td>gabbro</td><td>3</td><td>1000</td></tr> <tr> <td>E3</td><td>9</td><td>350</td></tr> <tr> <td>E4</td><td>11.2</td><td>670</td></tr> </table> <p>Les valeurs très proches de celles indiquées dans le tableau doivent être acceptées (<math>T \rightarrow \pm 20^\circ\text{C}</math>, <math>P \rightarrow \pm 0.2\text{Kbar}</math>).</p> <p>• <b>Conclusion :</b> - E3 <math>\rightarrow</math> métamorphisme dynamique, car la pression est élevée alors que la température est faible. - E4 <math>\rightarrow</math> métamorphisme régional (thermodynamique), car la pression et la température sont élevées.</p>	Echantillon	P(en Kar)	T(nec)	gabbro	3	1000	E3	9	350	E4	11.2	670	1pt 0,5 Pt 0,5 Pt
Echantillon	P(en Kar)	T(nec)												
gabbro	3	1000												
E3	9	350												
E4	11.2	670												
3.b	Phénomènes géologiques à l'origine de la formation de E3 et E4 : - E3 $\rightarrow$ subduction (enfouissement du gabbro) ..... - E4 $\rightarrow$ collision de deux compartiments continentaux .....	0,5 Pt 0,5 Pt												
4	- Déplacement du continent africain vers le continent européen avec subduction de la lithosphère océanique sous la lithosphère continentale en rapport avec les forces compressives ..... - fermeture d'un ancien océan avec conservation d'une structure ophiolitique en rapport avec le phénomène d'obduction ..... - Collision des deux marges continentales et apparition de structures tectoniques (plis, failles inverses, et chevauchements) .....	0,5 Pt 0,5 Pt 0,5 Pt												



## Exercice 2 : (6 points)

exercice 2 : (6 points)

1	-Les arguments qui témoignent que la région a subi des forces compressives : la présence de chevauchements, de nappes de charriages (citer au moins un argument) ..... - Les arguments qui témoignent de la disparition d'un domaine océanique sont : la présence de sédiments océaniques, d'ophiolites (citer au moins un argument) .....	0,5 Pt 0,5 Pt												
2	<b>a- Les modifications minéralogiques que subissent les roches :</b> en passant de R1 à R2, on observe : la disparition du plagioclase et l'apparition de la jadéite et du grenat ..... <b>les conditions de formation des deux roches R1 et R2 :</b> <table><tr><td>Les roches</td><td>R1</td><td>R2</td></tr><tr><td>Pression (GPa)</td><td>0.45 à 1.1</td><td>0.8 à 1.9</td></tr><tr><td>Température (°C)</td><td>80 à 480</td><td>250 à 540</td></tr><tr><td>E4</td><td>11.2</td><td>670</td></tr></table> <b>b-Explication des modifications minéralogiques:</b> Lorsqu'on se déplace du champs A au champs C, les roches subissent une augmentation importante de la pression en comparaison avec la faible augmentation de la température, ce qui est à l'origine de réactions chimiques permettant la disparition du plagioclase et l'apparition de la jadéite et du grenat Remarque :on accepte toute réponse correcte ..... <b>Le type de métamorphisme qu'a subi la région :</b> un dynamo-métamorphisme ou métamorphisme d'enfouissement (métamorphisme de subduction) .....	Les roches	R1	R2	Pression (GPa)	0.45 à 1.1	0.8 à 1.9	Température (°C)	80 à 480	250 à 540	E4	11.2	670	0,5 Pt 0,5x2   <
Les roches	R1	R2												
Pression (GPa)	0.45 à 1.1	0.8 à 1.9												
Température (°C)	80 à 480	250 à 540												
E4	11.2	670												



## Exercice 2 : (6 points)

1	-Les arguments qui témoignent que la région a subi des forces compressives : la présence de chevauchements, de nappes de charriages (citer au moins un argument) .....	0,5 Pt												
	- Les arguments qui témoignent de la disparition d'un domaine océanique sont : la présence de sédiments océaniques, d'ophiolites (citer au moins un argument) .....	0,5 Pt												
2	<p><b>a- Les modifications minéralogiques que subissent les roches :</b>  en passant de R1 à R2, on observe : la disparition du plagioclase et l'apparition de la jadéite et du grenat .....</p> <p><b>les conditions de formation des deux roches R1 et R2 :</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Les roches</th><th>R1</th><th>R2</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pression (GPa)</td><td>0.45 à 1.1</td><td>0.8 à 1.9</td></tr> <tr> <td>Température (°C)</td><td>80 à 480</td><td>250 à 540</td></tr> <tr> <td>E4</td><td>11.2</td><td>670</td></tr> </tbody> </table> <p><b>b-Explication des modifications minéralogiques:</b>  Lorsqu'on se déplace du champs A au champs C, les roches subissent une augmentation importante de la pression en comparaison avec la faible augmentation de la température, ce qui est à l'origine de réactions chimiques permettant la disparition du plagioclase et l'apparition de la jadéite et du grenat  Remarque :on accepte toute réponse correcte .....</p> <p><b>Le type de métamorphisme qu'a subi la région :</b>  un dynamo-métamorphisme ou métamorphisme d'enfouissement (métamorphisme de subduction) .....</p>	Les roches	R1	R2	Pression (GPa)	0.45 à 1.1	0.8 à 1.9	Température (°C)	80 à 480	250 à 540	E4	11.2	670	<p>0,5 Pt</p> <p>0,5x2</p> <p>1 pt</p> <p>1 pt</p>
Les roches	R1	R2												
Pression (GPa)	0.45 à 1.1	0.8 à 1.9												
Température (°C)	80 à 480	250 à 540												
E4	11.2	670												
3	<p>Les étapes de formation de la chaîne alpine :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-subduction d'une lithosphère océanique sous une lithosphère continentale suite à des forces compressives (dynamo-métamorphisme) ;</li> <li>- disparition d'un domaine océanique ;</li> <li>-confrontation des deux marges continentales africaine et européenne avec déformation des roches (chevauchements, nappes de charriages) et genèse de la chaîne alpine.</li> </ul>	0,5x3												





**LIBRAIRIE ES-SALAM AL-JADIDA**

31/34 Place My Youssef - Habouss - Casablanca  
 Tel.: 05-22-30-40-16 / 05-22-30-37-11  
 Fax: 05-22-44-10-47  
 E-mail: lib.essalam@menara.ma  
 lib.essalam@hotmail.fr - lib.essalam@gmail.com  
 www.librairieessalam.com

**Prix de vente public:**  
**120,00Dh**

ISBN 978-9954-682-31-9



9 789954 682319

profsalmi.blogspot.com