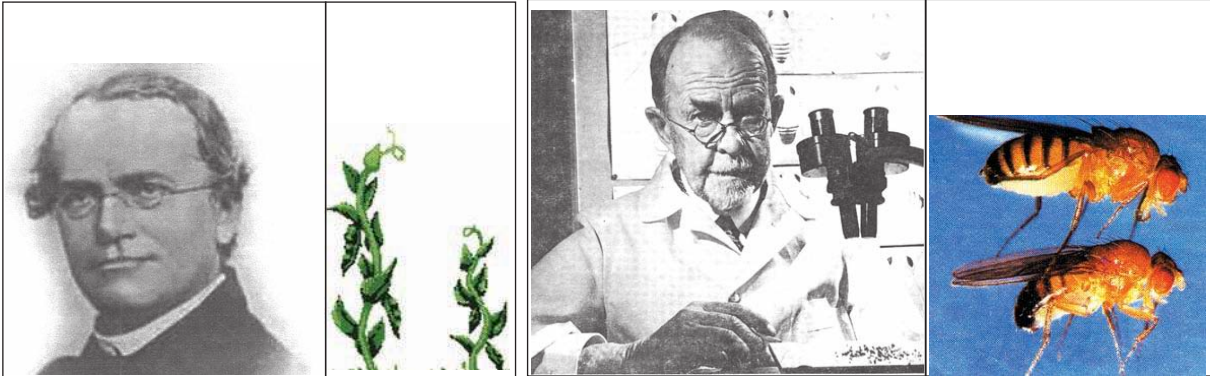


Chapitre 5 : L'INFORMATION GÉNÉTIQUE : SA TRANSMISSION



1. Le moine Grégor Mendel (1822 – 1884) est le fondateur de la génétique. Ses expériences sur le croisement du petit pois lui ont permis d'établir des lois : les lois de Mendel qui sont universelles et ce, avant même la découverte des chromosomes.

2. Thomas Morgan (prix Nobel de génétique) a établi en 1910, à partir d'expériences sur les croisements de la Drosophile, la théorie chromosomique de l'hérédité. Il a déterminé la position des gènes sur les chromosomes, chez la Drosophile.

Chaque être vivant, animal ou végétal présente des caractères d'origine paternelle et maternelle, mais parfois il présente des caractères de l'un des parents et parfois des caractères différents des caractères parentaux.

Au cours de la reproduction sexuée, deux parents, mâle et femelle, transmettent par leurs gamètes, à leurs descendants, un lot de **gènes paternels** et un lot de **gènes maternels**. Ces deux lots de gènes réunis dans l'œuf déterminent le sexe et les caractères de chaque descendant.

La **génétique dite formelle** (fondée par Mendel) qui a précédé historiquement la **génétique moléculaire** a établi des **lois** qui expliquent la **transmission des caractères à travers des générations**.

Cette science explique le comportement des gènes paternels et maternels lors de la méiose et à la fécondation. Elle explique les conditions de l'expression de ces gènes chez les descendants.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ **d'expliquer** la transmission des caractères héréditaires entre parents et descendants.
- ❖ **de raisonner** en utilisant des symboles et un vocabulaire génétique adéquats.
- ❖ **de résoudre** des problèmes de génétique, en appliquant des lois de Mendel.

SITUATION PROBLÈME



3. Cheval pur-sang arabe



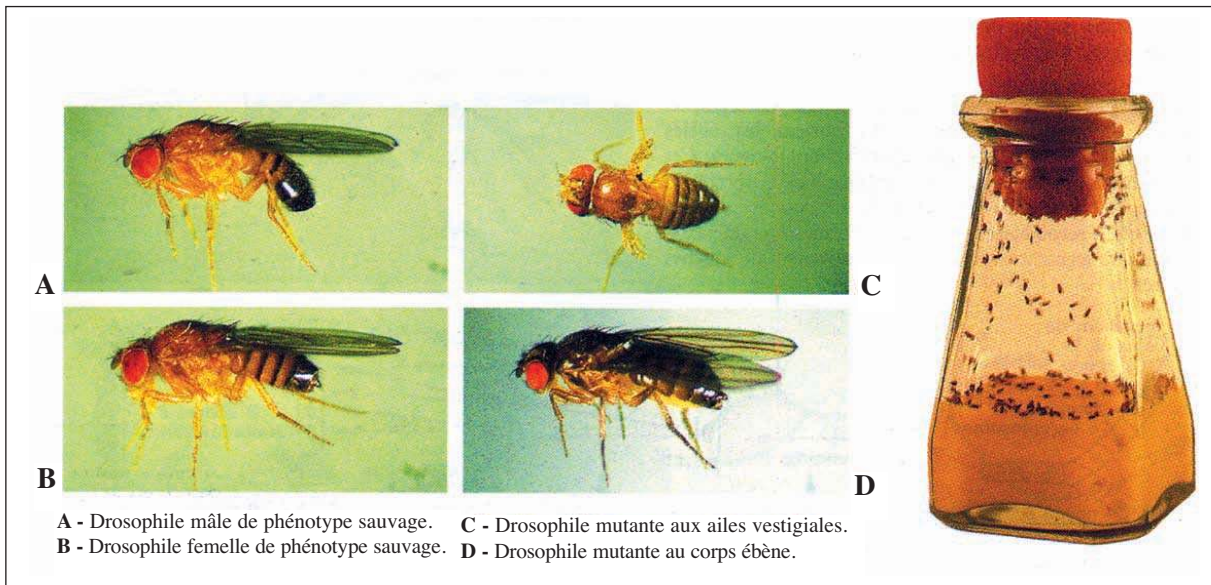
4. Cheval pur-sang anglais



5. Variété de blé hybride au milieu des 2 variétés parentales

- 1- Le pur-sang arabe et le pur-sang anglais sont deux **racés pures** de chevaux de grande valeur. La 1^{ère} race se caractérise par l'harmonie, la beauté du corps, et la grande rapidité dans les courses. La 2^{ème} race se distingue par la grande taille et l'endurance dans les courses (moins rapide mais peut courir plus longtemps). Les éleveurs cherchent à créer une autre race plus performante : l'anglo-arabe, à partir de croisements entre ces deux races.
- 2- Le blé tendre est une céréale d'importance capitale dans la nutrition de la population mondiale. Les agronomes cherchent, toujours et depuis longtemps, à **créer de nouvelles variétés** (lignées) pures plus rentables : taille plus grande de la tige, nombre de graines par épi plus grand, pourcentage en gluten dans les graines plus grand, résistance aux maladies. Chaque année des dizaines de nouvelles **lignées pures** sont commercialisées et cultivées pour augmenter le rendement. Mais la création d'une nouvelle lignée est le fruit d'une dizaine d'années d'expériences avec de nombreux croisements entre différentes lignées préexistantes. Il y a actuellement dans le monde plus de 30 000 lignées pures de blé.
- 3- L'agriculteur qui cultive une lignée pure peut, chaque année **stocker des semences pour les cultiver l'année suivante**. Mais depuis une 20^{aine} d'années de nombreuses semences de qualité, de blé, de tomate, de piment, de pastèque, de maïs... ne peuvent être cultivées qu'une seule fois et l'agriculteur doit les acheter chaque année, ce sont les **variétés hybrides** qui sont **supérieures aux variétés pures**.

- 1- Comment réaliser des croisements entre animaux et entre végétaux ?
- 2- Qu'est ce qu'une lignée pure ?
- 3- Qu'est ce qu'un hybride ?
- 4- Comment identifier des individus de lignée pure et des individus hybrides ?
- 5- Comment se comportent les gènes paternels et les gènes maternels dans les gamètes et chez les descendants.
- 6- Les lois de la génétique permettent-elles de prévoir le résultat d'un croisement ?



6. Quelques mutations chez la drosophile

- Les caractères héréditaires se transmettent de parents aux descendants, ce sont des caractères d'espèce, de lignée et individuels.
- Un caractère héréditaire présente un ou plusieurs phénotypes, chaque phénotype est l'expression d'un génotype bien déterminé (information génétique ou séquence d'ADN)
- Chaque gène occupe un emplacement bien déterminé sur un chromosome appelé locus.
- Les mutations modifient l'information génétique : les génotypes modifiés déterminent de nouveaux phénotypes.
Les mutations favorisent la diversité génétique.
- Les cellules somatiques sont diploïdes à $2n$ chromosomes.
Les gamètes sont des cellules haploïdes à n chromosomes.
La méiose réduit le nombre de chromosomes dans les gamètes : passage de $2n$ à n chromosomes.
La fécondation rétablit la diploïdie : $n + n = 2n$ chromosomes.
- Les chromosomes paternels contenus dans les gamètes ♂ portent un lot de gènes paternels.
Les chromosomes maternels contenus dans les gamètes ♀ portent un lot de gènes maternels.
Ces deux lots sont réunis dans l'œuf et dans les cellules qui en proviennent par mitose.

1 « Les cobayes » des généticiens

7. Petit pois (*Pisum sativum*)



C'est une légumineuse choisie par Mendel pour ses expériences. Cette espèce est facile à cultiver et son cycle de développement est assez court : quelques mois de la graine à la graine.

Il existe plusieurs variétés de petit pois : à tiges longues ou courtes, à graines vertes ou jaunes, à cotylédons jaunes ou verts, à graines lisses ou ridées, etc...

Cette plante se caractérise par une fleur bisexuée (pistil et étamines). La fleur est fermée et autoféconde.

C'est une espèce prolifique : une graine donne une plante qui produit, après fécondation, de nombreux fruits appelés gousses. Chaque gousse contient de nombreuses graines.

Un croisement entre deux plants peut donner une centaine de graines.

La méthode d'étude utilisée en génétique est fondée sur la réalisation de croisements expérimentaux. Le croisement est réalisé entre des individus ♀ et des individus ♂ (les parents) de même espèce mais appartenant à deux lignées différentes.

Les documents 7 – 8 – 9 et 10 présentent des espèces très utilisées par les généticiens dans leurs expériences.

Saisissez des informations pour argumenter le choix de ces espèces.

8. Drosophile (*Drosophila mélanogaster*)



C'est une petite mouche de 3 à 4 mm qui est fréquente au printemps et en été, sur des fruits très mûrs (raisins, banane...), en fermentation (d'où son appellation mouche de vinaigre). Elle se nourrit de levure.

La drosophile est un insecte qui se caractérise par :

- la facilité de son élevage.
- la facilité de l'identification des ♂ et des ♀ et donc de leur séparation pour contrôler les croisements.



Abdomen ♂



Abdomen ♀

- la brièveté de son cycle de développement : après 12 jours de leur éclosion, les larves deviennent des adultes et se reproduisent.
- la fécondité : Une femelle peut donner 200 à 300 descendants au cours de sa vie.
- l'existence d'un grand nombre de lignées mutantes présentant des caractères héréditaires très variés : couleur des yeux, couleur du corps, aspect des ailes.

9. La souris (*Mus musculus*)



C'est un petit mammifère omnivore facile à élever au laboratoire. Cette espèce comprend de nombreuses lignées différentes par la couleur du pelage et la longueur de la queue. En une année, la femelle peut s'accoupler plusieurs fois et donner plusieurs portées successives. Chaque portée comporte 8 à 12 souriceaux qui arrivent à maturité sexuelle après quelques mois.

10. Le Maïs (*Zéa mays*)



C'est une céréale cultivée par l'Homme depuis 7000 ans. Cette espèce comprend des centaines de variétés (> 300). Parmi les variétés connues, on cite le maïs rouge, le maïs blanc, le maïs noir, le maïs sucré, le maïs denté, le maïs corné, le maïs farineux... La plante issue de la germination d'une graine porte des fleurs ♂ et des fleurs ♀ séparées. Les fleurs ♀ fécondées donnent de grands épis. Les graines portées par un épi sont nombreuses et constituent une génération.

2

**Transmission d'un couple d'allèles chez les diploïdes :
Comment réaliser des croisements ?**

A - Chez les animaux

a) Choix des lignées : On choisit deux lignées d'une même espèce qui présentent une stabilité du caractère à étudier : les individus de chaque lignée transmettent le phénotype considéré sans modification, au cours de plusieurs générations. Ainsi une lignée de souris grise se reproduit en ne donnant que des souris grises à travers des générations successives, on parle de lignée pure.

b) Accouplement des parents : On réunit des mâles et des femelles des deux lignées pour favoriser leur accouplement. On isole les femelles en gestation jusqu'à la mise bas. Les descendants sont contrôlés dans un élevage isolé : C'est la 1^{ère} génération ou F1. A maturité sexuelle, les ♂ et les ♀ de la F1 sont accouplés à leur tour ; leurs descendants constituent la 2^{ème} génération ou F2. Ces deux types de croisements doivent être répétés afin d'obtenir des descendants suffisamment nombreux permettant une analyse statistique.

B - Chez les végétaux

a) Choix des lignées : Le choix des variétés se fait de la même façon que chez les animaux.

b) Autofécondation et fécondation croisée : Le croisement de deux plantes de deux lignées pures différentes donne des graines qui constituent la 1^{ère} génération (F₁).

Pour croiser deux plantes de deux lignées, on réalise une pollinisation artificielle qui entraîne une fécondation croisée : le pollen de l'une féconde les ovules de l'autre.

Fleur unisexuée : On pollinise artificiellement les fleurs femelles d'une plante de la première lignée (parent femelle) par le pollen prélevé sur les étamines des fleurs d'une plante de la 2^{ème} lignée (parent mâle).



11. Castration de la fleur du Blé

Fleur bisexuée : Chez la plante de la 1^{ère} lignée pure, on coupe manuellement les étamines avant leur maturation. On peut aussi les stériliser chimiquement. La fleur ainsi traitée est dite castrée, c'est une fleur femelle (parent femelle) qu'on peut polliniser artificiellement en déposant sur son pistil le pollen prélevé sur les étamines d'une plante de la 2^{ème} lignée pure (parent ♂).

Pour obtenir la 2^{ème} génération (F₂) on laisse les plants de la F1 s'autoféconder.

Lorsque la fleur est de type fermé (exemple du pois), l'autofécondation est assurée. Mais pour les fleurs ouvertes, il faut isoler la fleur si l'on veut éviter l'arrivée d'un pollen étranger.

Chez le Maïs les fleurs ♂ et les fleurs ♀ sont séparées. Dans ce cas il faut contrôler l'arrivée du pollen sur l'inflorescence ♀ de la même plante, si l'on veut assurer l'autofécondation.

	Pollinisation artificielle : Fécondation croisée	Pollinisation naturelle : Autofécondation
Petits pois	<p>HIBRIDATION</p> <p>étamines sectionnées avant maturités</p> <p>pollen</p> <p>pistil</p> <p>F₁</p>	<p>AUTOFECONDATION</p> <p>F₂</p>
Blé	<p>Épillet</p> <p>Pollén étranger</p> <p>Bâillement</p> <p>Lodicule</p> <p>Épi</p> <p>On peut couper les étamines ou les stériliser chimiquement, la fleur ainsi traitée s'ouvre (baille), ce qui permet la pollinisation artificielle.</p>	<p>Épillet</p> <p>Glumette</p> <p>Anthère</p> <p>Pollen</p> <p>Filet</p> <p>Étamine</p> <p>Ovaire</p> <p>Épi</p>
Maïs		

12.

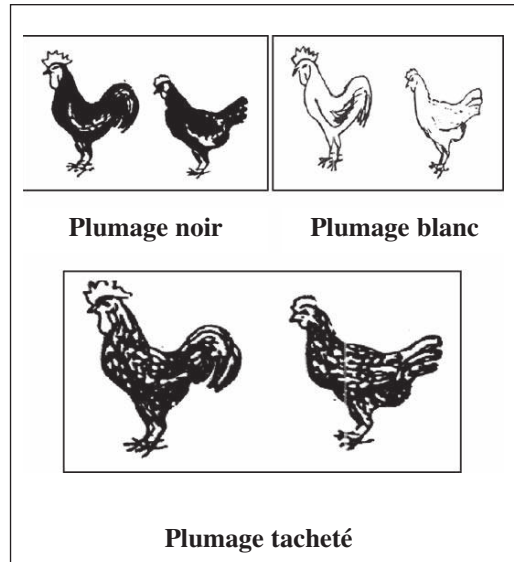
En vous aidant des informations saisies dans ces documents, décrivez les techniques de croisements entre 2 lignées pures différentes chez le petit pois et chez le Maïs permettant de donner des descendants de 1^{ère} et de la 2^{ème} génération.

3 Interpréter des croisements : croisements entre des volailles

A - Données du problème

Dans un élevage de volailles les coqs et les poules peuvent être à plumage noir, à plumage blanc ou à plumage tacheté (juxtaposition de points noirs et de points blancs) appelé aussi plumage «bleu». Pour étudier la transmission du caractère couleur du plumage, on réalise les croisements suivants :

- **premier croisement** : le croisement entre un coq et des poules noirs donne toujours des descendants noirs sur des générations successives.
- **deuxième croisement** : le croisement entre un coq blanc et des poules blanches donne toujours des descendants blancs sur plusieurs générations successives.
- **troisième croisement** : le croisement entre un coq et une poule, l'un à plumage blanc et l'autre à plumage noir donne des descendants à plumage tacheté.
- **quatrième croisement** : le croisement entre un coq et des poules tachetés donne une descendance hétérogène : des volailles noires, des volailles blanches et des volailles tachetées.



13. Volailles présentant les trois phénotypes étudiés

La composition numérique de cette descendance est indiquée dans le tableau du document 14.

Analysez et interprétez les résultats des différents croisements.

Couvée n°	Volailles blanches	Volailles noires	Volailles tachetées
1	5	5	9
2	4	6	11
3	4	6	11
4	6	5	10
5	6	4	9
6	5	5	12
Total	30	31	62

14. Résultats du 4^{ème} croisement

B - Analyse des résultats des croisements

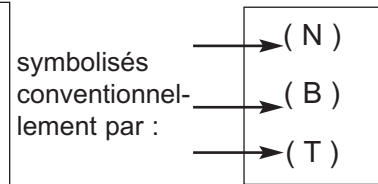
Analyser un croisement, c'est :

- Indiquer si les individus croisés sont de même lignée ou de lignées différentes.
- Identifier les différentes lignées croisées.
- Indiquer le nombre de caractères étudiés.
- Indiquer le nombre de phénotypes correspondant au caractère étudié.
- Proposer des symboles phénotypiques.
- Représenter les croisements en utilisant des symboles phénotypiques.
- Déterminer la composition statistique des descendants.
- Comparer les phénotypes des descendants à ceux des parents.

- Les individus croisés sont de même espèce.
- Ils appartiennent à 3 lignées : lignée noire, lignée blanche, lignée tachetée.
- Le caractère étudié est :

- Il se manifeste par 3 phénotypes :

.....
.....
.....



- Représentez les croisements par des symboles phénotypiques.
- Déterminer la répartition statistique des descendance.

Reproduisez et complétez le tableau suivant :

	1 ^{er} croisement	2 ^{ème} croisement	3 ^{ème} croisement	4 ^{ème} croisement
- Parents croisés - Phénotypes	$P_1 \text{ ♂ } \times P_2 \text{ ♀}$ $(N) \quad (N)$			
- 1 ^{ère} génération F ₁ - Phénotypes - %	$\text{♂ } (N) \quad \text{♀ } (N)$ <p>100%</p>			
- Croisement F ₁ x F ₁ - Phénotypes	$\text{♂ } F_1 \times \text{♀ } F_1$ $(N) \quad (N)$			
- 2 ^{ème} génération F ₂ - Phénotypes - %	$\text{♂ } (N) \quad \text{♀ } (N)$ <p>100%</p>			

Il y a une relation entre le 3^{ème} et le 4^{ème} croisement.

- 1- Indiquez ce que représentent les parents croisés dans le 4^{ème} croisement par rapport à ceux du 3^{ème} croisement.
- 2- Indiquez ce que représente la descendance du 4^{ème} croisement par rapport aux parents du 3^{ème} croisement.

C - Interprétation des résultats

a)

Interpréter un croisement, c'est :

- Identifier parmi les individus croisés ceux qui sont de lignée pure et ceux qui sont de lignée hybride (non pure).
- Formuler des hypothèses sur :
 - * Le nombre de gènes qui déterminent le caractère étudié.
 - * La relation entre le gène paternel et le gène maternel lorsqu'ils sont différents et se réunissent dans les descendants.
- Utiliser ces hypothèses pour expliquer les données du problème :
 - * Déterminer les génotypes des parents et des descendants.
 - * Montrer comment les gènes paternels et maternels se transmettent par les gamètes et se réunissent dans les œufs.
 - * Déterminer les répartitions statistiques réelles et théoriques de la descendance.
- Vérifier la validité des hypothèses : comparer les résultats théoriques et les données expérimentales.

Le document 14 ci-contre présente des définitions.

- 1- Nommez les lignées pures et les hybrides dans les croisements étudiés.
- 2- Précisez quel type d'hybridation correspond au croisements étudiés

Lignée pure ou race pure : des individus sont dits de même lignée pure lorsque croisés entre eux, ils donnent des descendants qui ont le même phénotype, à toutes les générations.

Hybridisme : croisement entre deux lignées différent par 1 ou plusieurs caractères.

Hybride : descendant issu du croisement de deux parents de même espèce et différent par un ou plusieurs caractères héréditaires.

Monohybridisme : Croisement entre 2 lignées différent par un seul caractère. **Dihybridisme** : Croisement entre 2 lignées différent par deux caractères.

Document 14.

b) Hypothèse :

Hypothèse 1 : On considère l'hypothèse la plus simple : un seul gène détermine le caractère étudié (couleur du plumage). Ce gène occupe une position bien déterminée : le locus sur une paire de chromosomes homologues. Au niveau de ce locus, une version du gène appelée allèle détermine le phénotype plumage noir. Une deuxième version du gène ou deuxième allèle détermine le phénotype plumage blanc (voir document ci-contre).

On symbolise chacun des deux allèles par une lettre :

A : est l'allèle qui détermine le phénotype noir.

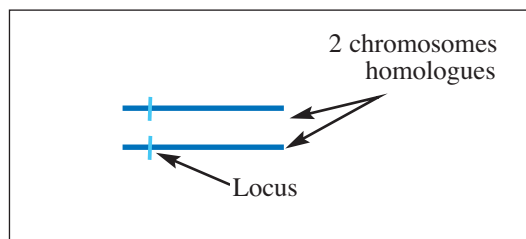
A → (N)

B : est l'allèle qui détermine le phénotype blanc.

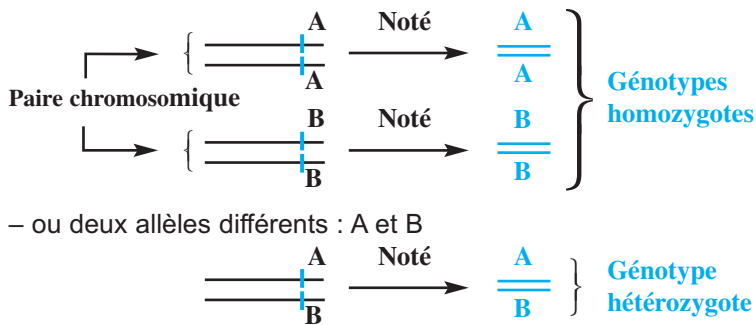
B → (B)

Hypothèse 2 : Un coq ou une poule est un individu diploïde à 2n chromosomes. Pour une paire de chromosomes donnée les 2 loci (pluriel de locus) peuvent être occupés soit par :

- la même version du gène, c'est à dire le même allèle.



Le locus est occupé par un gène qui détermine le caractère couleur du plumage. Au niveau d'une paire de chromosomes homologues, le gène comprend un couple d'allèles : chaque allèle occupe le même locus sur un des deux chromosomes homologues.



Génotype : le génotype est l'ensemble de gènes qui contrôlent un caractère.

Dans l'exemple étudié, le génotype correspond à un gène ou couple d'allèles.

Génotype homozygote : c'est un couple d'allèles identiques ; soient :

$$\frac{\text{A}}{\text{A}} \text{ ou } \frac{\text{B}}{\text{B}}$$

Génotype hétérozygote : c'est un couple d'allèles différents ; soit :

$$\frac{\text{A}}{\text{B}}$$

Notre deuxième hypothèse précise la relation entre les deux allèles A et B au niveau d'un génotype hétérozygote.

Elle répond à la question : A quel phénotype correspond le génotype A/B ? 3 cas possibles se présentent :

1^{er} cas : le génotype A/B $\xrightarrow{\text{détermine}}$ (N) c'est à dire l'allèle A domine l'allèle B

2^{ème} cas : le génotype A/B \longrightarrow (B) c'est à dire l'allèle B domine l'allèle A

3^{ème} cas : le génotype A/B \longrightarrow (T) c'est à dire les deux allèles sont codominants.

Précisez laquelle de ces 3 hypothèses est la plus probable à adopter dans l'exemple étudié ?

c) Application des hypothèses :

* Détermination des génotypes des parents et des descendants.

Reproduisez et complétez le tableau suivant.

	1 ^{er} croisement	2 ^{ème} croisement	3 ^{ème} croisement
- Parents (2n)	P ₁ ♂ x P ₂ ♀		
- Phénotypes	(N) (N)		
- Génotypes	$\frac{\text{A}}{\text{A}}$ $\frac{\text{A}}{\text{A}}$		
- Gamètes (n)	↓ ↓		
- Génotypes	$\frac{\text{A}}{\text{A}}$ $\frac{\text{A}}{\text{A}}$		
- %	100% 100%		
- F ₁ (2n)	↙ ↘		
- Génotypes	$\frac{\text{A}}{\text{A}}$		
- Phénotypes	(A)		
- %	100%		

* **Déduire des conclusions** : complétez les phrases suivantes en choisissant les mots qui conviennent :

- Uniforme
 - Hétérogène
 - Homozygote
 - Hétérozygote
- Un individu de lignée pure a un génotype
 - Un individu hybride a un génotype
 - La F₁ issue du croisement de deux lignées pures est

Interprétation du 4^{ème} croisement :

La descendance du 4^{ème} croisement correspond à la F₂ du 3^{ème} croisement : elle résulte du croisement des hybrides de la F₁ issue du 3^{ème} croisement.

Reproduisez et complétez le tableau suivant.

Descendance du 4 ^{ème} croisement = F ₂ du 3 ^{ème} croisement			
Parents (2n)	♂ F_1 ()	x	♀ F_1 ()
- Phénotypes			
- Génotypes	$\frac{\cdot}{\text{=}}$		$\frac{\cdot}{\text{=}}$
Gamètes (n)	♂		♀
- Génotypes	$\frac{\cdot}{\text{—}}$ $\frac{\cdot}{\text{—}}$		$\frac{\cdot}{\text{—}}$ $\frac{\cdot}{\text{—}}$
- %	·		·
F₂ (2 n)	Gamètes ♂	$\frac{\cdot}{\text{—}}$	$\frac{\cdot}{\text{—}}$
	Gamètes ♀	$\frac{\cdot}{\text{=}}$ ()	$\frac{\cdot}{\text{=}}$ ()
	$\frac{\cdot}{\text{—}}$	$\frac{\cdot}{\text{=}}$ ()	$\frac{\cdot}{\text{=}}$ ()
Tableau de rencontre des gamètes ou échiquier			

* **Déduire des conclusions** : complétez les phrases suivantes par les mots convenables.

- identiques
 - différents
 - hétérogène
 - uniforme
- Un individu de génotype homozygote donne des gamètes
 - Un individu de génotype hétérozygote donne des gamètes
 - La descendance issue du croisement de deux individus hybrides est

d) Comparaison des résultats théoriques et des résultats réels :

- Pour le 1^{er}, le 2^{ème}, et le 3^{ème} croisement, le résultat théorique est identique au résultat réel.
- Pour le 4^{ème} croisement.

Résultats théoriques		Résultats réels
Génotypes	Phénotypes	Phénotypes
A // A 25 %	→ (N) 25 % soit $\frac{(30 + 31 + 62) \times 25}{100} = 30,2$	(N) = 31
B // B 25 %	→ (B) 25 % soit $\frac{(30 + 31 + 62) \times 25}{100} = 30,2$	(B) = 30
A // B 50 %	→ (T) 50 % soit $\frac{(30 + 31 + 62) \times 50}{100} = 61,5$	(T) = 62

La répartition statistique théorique et la répartition statistique réelle ne sont pas identiques, mais sont très proches. Les différences constatées sont dues au hasard.

D - Conclusions

- a)** L'hypothèse qu'un gène ou couple d'allèles détermine le caractère couleur du plumage étudié ainsi que l'hypothèse de la codominance entre les deux allèles A et B de ce gène nous ont permis :
- d'expliquer la transmission de ce caractère des parents à leurs descendants.
 - d'expliquer la répartition statistique des phénotypes obtenus dans les différentes descendance.
- Les deux hypothèses adoptées sont donc validées.

b) Les lois de Mendel :

En 1865 Mendel a établi deux lois, à partir de ses travaux en génétique sur des croisements de lignées de petit pois. Ces lois sont devenues universelles : valables pour tous les descendants.

1^{ère} loi de Mendel : loi de l'uniformité de la F₁
La F ₁ issue du croisement de deux lignées pures est uniforme : de même génotype et de même phénotype.
2^{ème} loi de Mendel : loi de la pureté des gamètes
Un individu hybride est de génotype hétérozygote (A // B par exemple) donne deux types de gamètes : chaque gamète ne contient qu'un seul allèle à la fois : l'allèle A ou l'allèle B on dit qu'il y a disjonction (séparation) des deux allèles à la gamétogenèse. L'allèle contenu dans le gamète garde son information génétique intacte. Le gamète est dit pur.

c) Une répartition caractéristique :

Toute descendance composée de 3 phénotypes, avec des proportions de 1/4, 1/4 et 1/2 .	→	est caractéristique d'une F ₂ de monohybridisme avec codominance.
---	---	--

4 Interprétation de croisements : croisement de deux variétés de blé

A - Données du problème

Le **Blé** est une espèce végétale diploïde à $2n = 42$ chromosomes. Il existe de nombreuses variétés pures de Blé qui se distinguent par divers caractères héréditaires : taille de la plante, taille de l'épi, nombre de graines par épi, pourcentage en gluten (protéine), résistance au froid, résistance à la sécheresse, résistance aux maladies, etc...

Lorsqu'on cultive une **variété pure**, l'agriculteur peut prélever, chaque saison, des semences pour la saison suivante. Mais les agriculteurs préfèrent, depuis des années, la culture des **Blés hybrides** qui présentent des avantages sur les deux variétés parentales pures. Or les semences obtenues à partir du Blé hybride ne sont pas bonnes à cultiver.

L'agriculteur doit donc acheter, chaque saison, de nouvelles semences. Pour expliquer les faits constatés on étudie la transmission d'un caractère héréditaire dans les croisements suivants :

Exemple : Variété pure de Blé à taille haute et variété pure de Blé à taille courte.

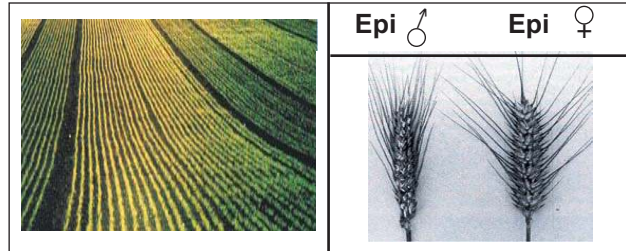
Premier croisement : L'autofécondation des plants d'une variété pure de Blé à taille haute donne des plants de la même variété, à n'importe quelle génération.

Deuxième croisement : L'autofécondation des plants d'une variété pure de Blé à taille courte donne des plants de la même variété, à toutes les générations.

Troisième croisement : Le croisement d'une variété à taille haute avec une variété à taille courte donne une F_1 uniforme à taille haute.

Quatrième croisement : Lorsqu'on laisse les plantes de la F_1 s'autoféconder, on obtient une F_2 hétérogène :

- 754 plants à tailles hautes.
- 246 plants à tailles courtes.



Qu'est ce que le Blé hybride ?

Le Blé hybride s'obtient par croisement de deux lignées pures :

- une lignée dont les épis sont à étamines coupées ou à pollen stérilisé chimiquement. C'est la **lignée mâle stérile** ou **parent femelle** qui sera le porte graine.
- l'autre lignée à épi fertile joue le rôle de pollinisateur de la première lignée c'est le **parent mâle**.

Comment réaliser la fécondation croisée entre deux lignées ?

Les deux lignées pures sont cultivées en bandes alternées. Avant la floraison, on pulvérise sur une lignée un produit chimique qui stérilise les étamines. Cette bande mâle stérile constitue le parent femelle. Cette dernière est pollinisée par le pollen de l'autre lignée non traitée.

Pourquoi préfère-t-on le Blé hybride ?

« ... En conditions identiques, il atteint toujours un rendement > 7 quintaux, voire bien davantage : plus l'année est sèche, plus l'écart est favorable au Blé hybride.

La rusticité de l'hybride permet quelques économies de traitements. Pas de souci avec les limaces, car elles ne l'aiment pas. Beaucoup moins sensible aux maladies, les doses (de pesticides) peuvent être réduites. Il résiste à la gelée et à l'humidité »

Propos d'un agriculteur.

- 1- Quelles conclusions pouvez-vous dégager de l'analyse de ces croisements ?
- 2- Interprétez les résultats obtenus.

B - Analyse

Reproduisez et complétez le tableau suivant :

Analyse	Conclusion
<ul style="list-style-type: none"> – Les deux variétés croisées appartiennent à la même espèce : Blé. – Les deux variétés croisées diffèrent par un caractère héréditaire : taille de la tige. – La F₁ est uniforme : toutes les plantes ont le phénotype taille haute. – La F₂ est hétérogène mais ne présente pas 3 phénotypes selon la répartition 1/4 , 1/2 , 1/4. 	

C - Interprétation des résultats

a) Hypothèses :

Proposer deux hypothèses sur :

- Le nombre de gènes impliqués.
- La dominance entre les allèles impliqués.

b) Détermination des phénotypes et des génotypes :

Le couple d'allèles (A/a) contrôle le

Caractère : taille de la tige.

L'allèle "A" détermine le phénotype taille haute (H).

L'allèle "a" détermine le phénotype taille courte (c).

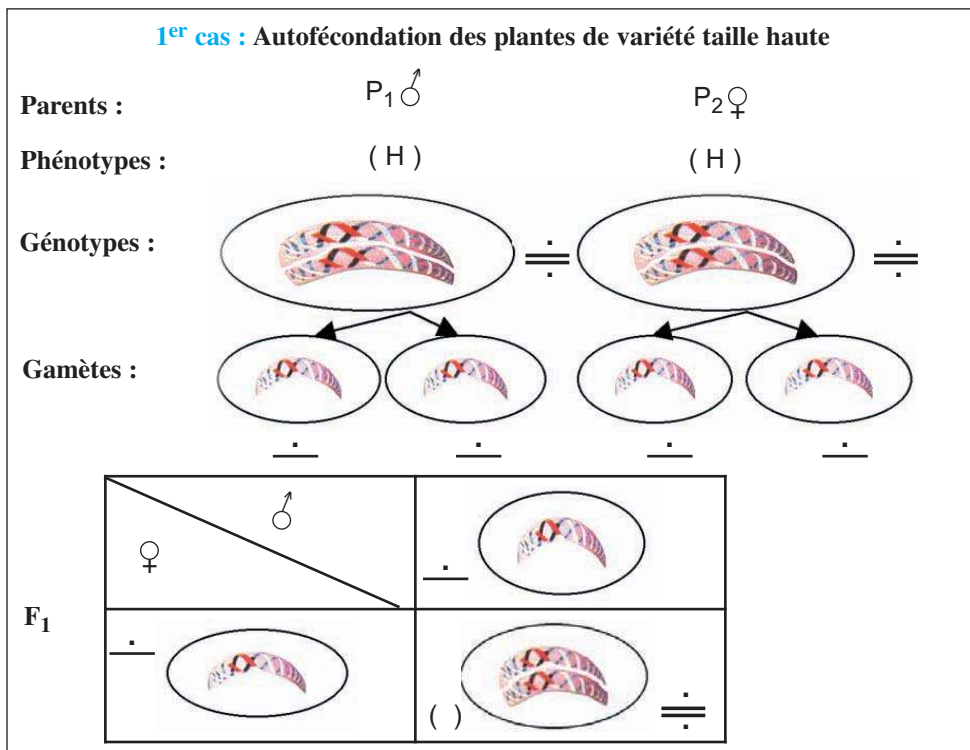
A → (H)

a → (c)

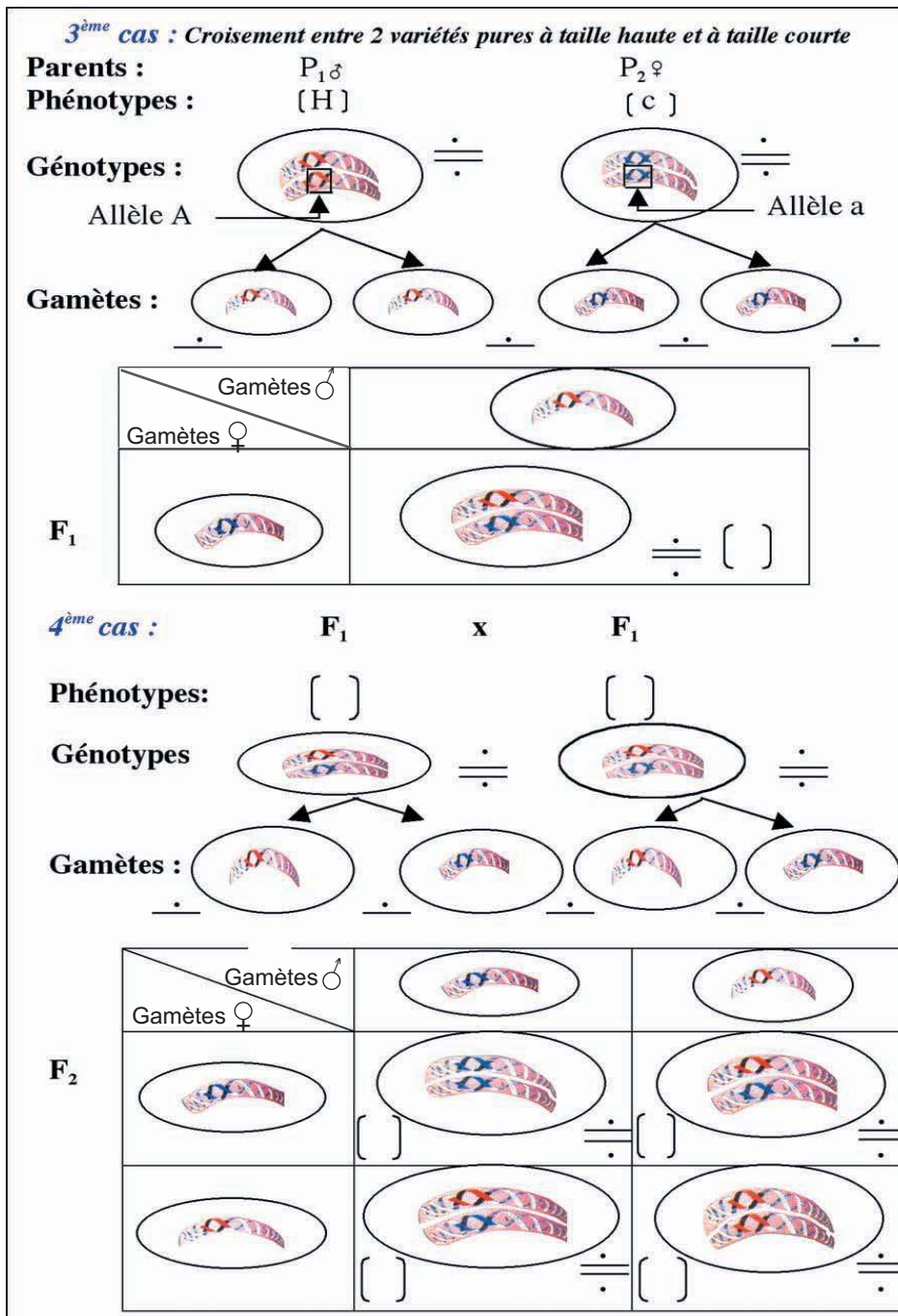
A : allèle dominant, (H) phénotype dominant.

a : allèle récessif, (c) phénotype récessif.

Le document 15 présente l'interprétation chromosomique du croisement entre les plantes de même phénotype : tiges hautes.



15. Résultats théoriques du premier croisement



16. Résultats théoriques du troisième et quatrième croisement

Le document 16 présente l'interprétation chromosomique d'un croisement entre deux lignées qui diffèrent par la longueur des tiges, et d'un croisement entre les individus F₁.

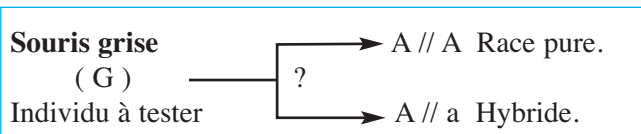
La F₁ est composée d'hybrides de phénotype parental dominant H .
En réalité les hybrides de la F₁ ont une taille supérieure à celle de la variété pure à taille haute. (Voir document 5).

- 1- Reproduisez et complétez les documents 15 et 16.
 - Ecrivez les génotypes des parents, des gamètes et des descendants.
 - Déterminez les % des différents types des gamètes ♂ et ♀.
 - Déterminez le % des descendants
- 2- Comparez les résultats théoriques et expérimentaux.
- 3- Déduisez des conclusions sur :
 - La validité des hypothèses.
 - La signification de la composition d'une descendance composée de deux phénotypes avec une répartition 3/4 et 1/4 .

5 Comment vérifier la pureté d'une lignée de phénotype dominant ?

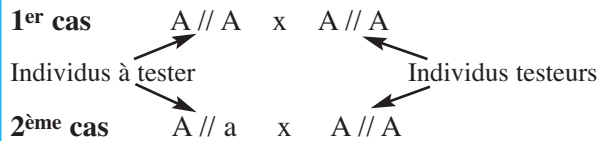
A - Exemples

Chez la souris, la couleur du pelage se manifeste par deux phénotypes : le phénotype gris dominant (G) et le phénotype blanc qui est récessif (b).



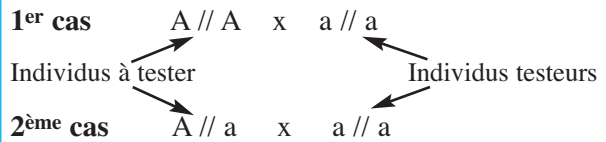
Comment vérifier si une souris grise est de race pure, de génotype homozygote A // A ou hybride de génotype hétérozygote A // a ?

Croisement avec une lignée pure (G) de phénotype dominant.



D'une façon générale, les individus de phénotype dominant peuvent être de génotype homozygote, donc de lignée pure ou de génotype hétérozygote donc des hybrides.

Croisement avec une lignée pure (b) de phénotype récessif.

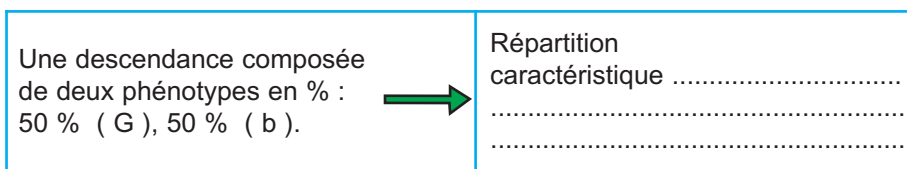


Comment peut-on, en pratique, distinguer ces deux cas ?

Le document ci-contre présente deux propositions de croisement avec deux types de testeurs.

Analysez les différents cas et déduire le croisement test (ou test-cross) qui permet de trouver la solution au problème posé.

B - Conclusion :



Complétez cette déduction.

6 *Hérédité liée au sexe*

A - Données du problème

En 1914 – 1915 Thomas Morgan et ses collaborateurs ont réalisé des expériences sur le croisement de deux lignées de Drosophiles :

- la lignée sauvage à yeux rouges.
- une lignée mutante à yeux blancs (mutation white).

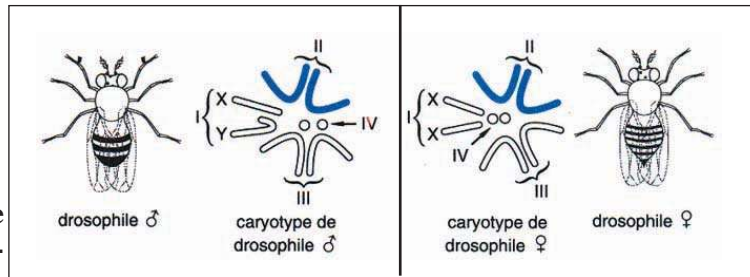
Les résultats obtenus sont donnés dans le document ci-dessous.

1 ^{er} croisement	2 ^{ème} croisement ou croisement réciproque
Le croisement d'une drosophile ♀ sauvage avec une drosophile ♂ mutante «white» donne une descendance composée de 50 % de ♂ et 50 % ♀ mais toute cette descendance présente le phénotype parental sauvage (yeux rouges).	Le croisement réciproque, entre une drosophile ♂ sauvage de lignée pure et une drosophile ♀ mutante «white» donne une descendance composée de 50 % de ♂ et 50 % de ♀ mais toutes les ♀ sont de phénotype sauvage (yeux rouges) et tous les ♂ sont de phénotype white.

**Quelles questions pose l'analyse des résultats de ces deux croisements ?
Quelles hypothèses peut-on avancer en réponse à ces questions ?**

B - Hérédité du sexe

a) Le document ci-contre présente les caryotypes ♂ et ♀ chez la Drosophile.



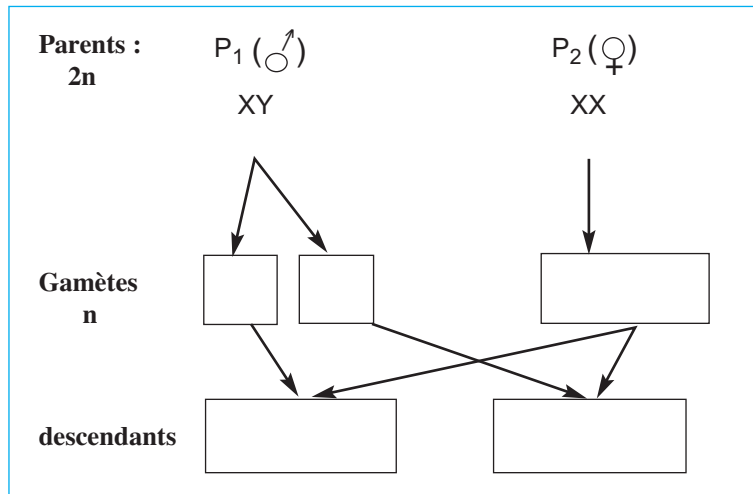
18. Caryotype de la Drosophile 2n = 8

Montrer, à partir de l'analyse de ces caryotypes, que la détermination du sexe est chromosomique chez la Drosophile (chez l'Homme aussi).

b) Les chromosomes sexuels sont :

- parfaitement homologues chez la ♀ ; ils sont notés X X .
- partiellement homologues chez le ♂ ; ils sont notés XY .

Montrez comment le croisement de deux drosophiles ♂ et ♀ donne dans la descendance autant de ♂ que de ♀, complétez le raisonnement présenté dans le document ci-contre.



C - Hérité lié au sexe

a) Analyse et conclusions :

Reproduisez et complétez le document ci-dessous par des conclusions convenables.

Analyses	Conclusions
– Les deux parents croisés sont de même espèce (drosophile) et appartiennent à deux lignées différentes par un seul caractère héréditaire : couleur des yeux.
– Le premier croisement entre deux lignées de phénotypes différents donne une descendance homogène.
– La F ₁ du premier croisement est uniforme et de phénotype parental sauvage.
– La composition du premier et du deuxième croisement montre que le changement du sexe des deux lignées parentales croisées entraîne un changement de la composition de la descendance.
– La descendance du deuxième croisement issue de parents de lignées pures est hétérogène : les ♂ sont de phénotype mutant et les ♀ sont de phénotype sauvage.

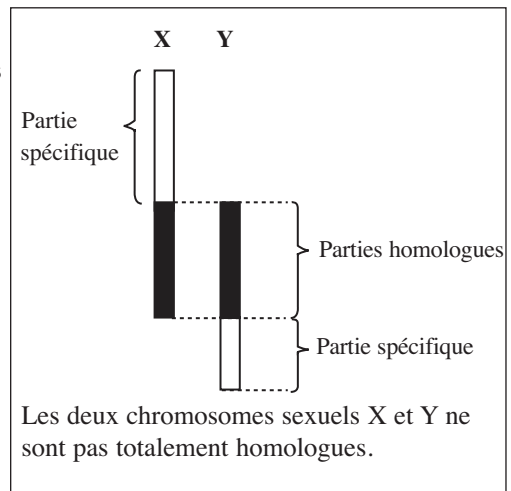
b) Hypothèse :

- Un gène ou couple d'allèles contrôle le caractère étudié.
- Il y a une relation de dominance entre les deux types d'allèles et les deux phénotypes correspondants.
- Le gène impliqué est porté par un chromosome sexuel.

Couple d'allèles $\left\{ \begin{array}{l} A \longrightarrow (S) \text{ Phénotype sauvage.} \\ a \longrightarrow (w) \text{ Phénotype mutant (white).} \end{array} \right.$

«A» domine «a»
(S) domine (w)

Le document ci-contre présente les deux chromosomes sexuels X et Y.



Déterminer, à l'aide d'un raisonnement rigoureux le locus (emplacement) du gène étudié (3 cas sont à discuter).

c) *Interprétation :*

Vérifions l'hypothèse d'un gène ou couple d'allèles qui serait localisé sur la partie spécifique du chromosome X, ainsi que l'hypothèse de dominance du phénotype sauvage sur le phénotype mutant.

Reproduisez et complétez le document ci-dessous :

1 ^{er} croisement	2 ^{ème} croisement
Parents : P ₁ ♀ P ₂ ♂ Phénotypes : (S) (w) Génotypes : X _A // X _A X _w // Y	Parents : P ₁ ♂ P ₂ ♀ Phénotypes : (S) (w)
Gamètes : Génotypes : %	
F₁ (2n) : Génotypes : Phénotypes : % <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> } Descendants ♂ </div> <div style="text-align: center;"> } Descendants ♀ </div> </div>	

Comparez les résultats théoriques donnés par le raisonnement avec les données expérimentales (réelles).

Que pouvez-vous en déduire ?

1 Transmission d'un couple d'allèles chez les diploïdes


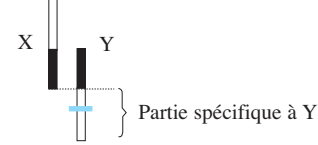
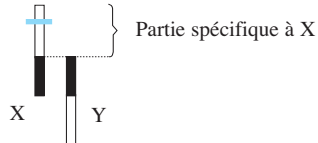
A - Hérité autosomale

C'est la transmission d'un caractère héréditaire contrôlé par un gène localisé sur un chromosome autosomal.

Type de monohybridisme	Couple d'allèles impliqués	Descendance		
		F ₁	F ₂	F ₂ de test cross ou back cross
Avec codominance	2 allèles codominants A = B	100% hybrides de phénotype non parental.	3 phénotypes : 25% phénotype parental + 25% phénotype parental + 50% phénotype non parental. (intermédiaire entre les phénotypes parentaux)	Le croisement d'un hybride avec une lignée récessive donne 50% phénotype de l'hybride et 50% phénotype parental.
Avec dominance	2 allèles : 1 allèle dominant «A» et 1 allèle récessif «a» A > a	100% hybrides de phénotype parental dominant.	2 phénotypes : 25% phénotype récessif et 75% phénotype dominant.	

2 Hérité liée au sexe

C'est la transmission d'un caractère héréditaire contrôlé par un gène localisé sur un chromosome sexuel X ou Y.

Locus du gène		Conséquences : mode de transmission
1 ^{er} cas : Gène situé sur la partie homologue des chromosomes X et Y.		Le caractère déterminé se manifeste chez les ♂ et les ♀ et se transmet comme un caractère autosomal.
2 ^{ème} cas : Gène situé sur la partie spécifique de Y.		Le caractère est spécifique aux individus ♂ il se transmet de parent ♂ à ses descendants ♂ exclusivement.
3 ^{ème} cas : Gène situé sur la partie spécifique de X.		Le caractère déterminé se transmet chez les deux sexes. La composition de la F ₁ dépend du sexe des parents croisés.

3 Lois de Mendel

1^{ère} loi : Loi de l'uniformité de la F₁ : La F₁ issue du croisement de deux lignées pures différentes par un caractère est uniforme : même phénotype et même génotype (ce sont des hybrides).

2^{ème} loi : Loi de la pureté des gamètes : Un gamète est haploïde et ne contient qu'un allèle à partir d'un couple d'allèles donné. Chaque allèle garde son expression intacte (non modifiée) au cours de sa transmission à travers les générations.

EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse(s) exacte(s). Repérez les affirmations correctes.

1- Un individu de lignée pure :

- a- a un génotype homozygote.
- b- ne donne que des gamètes identiques.
- c- présente un phénotype dominant.

2- Un individu de phénotype récessif :

- a- ne peut avoir qu'un génotype homozygote.
- b- ne donne que des gamètes génétiquement identiques.
- c- est aussi fréquent dans la nature, qu'un individu de phénotype dominant.

3- Le monohybridisme :

- a- est le croisement de deux espèces voisines.
- b- est le croisement de deux lignées de même espèce différentes par un seul caractère héréditaire.
- c- ne donne que des hybrides à toutes les générations.

4- Un hybride :

- a- a un génotype homozygote.
- b- a un génotype hétérozygote.
- c- peut avoir un phénotype non parental.

5- Un hybride :

- a- ne donne que des gamètes génétiquement identiques.
- b- ne donne que des gamètes génétiquement différents.
- c- est plus vigoureux que ses parents.

6- L'hérédité liée au sexe correspond à la transmission :

- a- de caractères spécifiquement ♂.
- b- de caractères spécifiquement ♀.
- c- de caractères communs aux ♂ et aux ♀.

EXERCICE 2

Le document ci-dessous présente quelques résultats de croisements réalisés par Mendel sur le Pois :

Croisements de lignées pures		Nombre de fécondation	F ₁	F ₂ = F ₁ × F ₁		
P ₁	x P ₂			Total	Répartition	%
P ₁ Grains lisses	x P ₂ Grains ridés	60	100% à graines lisses	7324	5474 lisses 1850 ridés	
P ₁ Téguments gris	x P ₂ Téguments blancs	35	100% à téguments gris	929	705 gris 224 blancs	
P ₁ Tiges longues	x P ₂ Tiges courtes	37	100% à tiges longues	1064	787 longues 277 courtes	

- 1- Justifiez la réalisation d'un grand nombre de croisements par Mendel.
- 2 - Calculez les différentes proportions des phénotypes de la F₂.
- 3 - Déduisez des conclusions à partir de l'analyse des résultats.
- 4 - Interprétez les 3 croisements.

EXERCICE 3

La Belle de nuit (*Mirabilis Jalapa*) est une plante d'ornementation commune dans les jardins. Ses fleurs sont fermées le jour et ouvertes la nuit d'où son appellation Belle de nuit.

On connaît chez cette espèce de nombreuses variétés : à fleurs blanches, à fleurs rouges, à fleurs roses, à fleurs jaunes, à fleurs panachées (pétale jaune avec des plages rouges).

- 1- Quelle hypothèse avancez-vous en ce qui concerne les relations de dominance entre certains de ces phénotypes ?
- 2- Pour comprendre le mode de transmission du caractère couleur de la fleur chez cette espèce, on a réalisé les croisements suivants :
 - **Premier croisement** : Le croisement d'une plante à fleur rose avec une plante à fleur rouge donne des plantes à fleurs rouges et des plantes à fleurs roses dans les mêmes proportions.
 - **Deuxième croisement** : L'autofécondation des plantes à fleurs panachées donne des plantes à fleurs jaunes, des plantes à fleurs rouges et des plantes à fleurs panachées.
 - **Troisième croisement** : L'autofécondation des plantes à fleurs blanches donne des plantes de même phénotype.

a-Déterminez à partir de l'analyse des croisements les génotypes correspondants aux différents phénotypes observés.

b- Calculez les % des différents descendants issus du deuxième croisement.

EXERCICE 4

Chez la drosophile, on connaît une lignée mutante de couleur sable différente de la lignée sauvage de couleur grise.

- 1- Le croisement d'une ♀ de phénotype sauvage avec un ♂ mutant donne une descendance de phénotype sauvage.

Quelles conclusions pouvez-vous déduire de l'analyse de ce résultat ?.

- 2- Le croisement d'un ♂ de phénotype sauvage (lignée pure) avec une ♀ mutante donne une descendance composée de ♂ tous de phénotype mutant et de ♀ toutes de phénotype sauvage. Interprétez ce croisement.

1 Biodiversité en Tunisie

Certaines espèces animales et végétales à intérêt agricole présentent une grande biodiversité à travers le nombre de lignées qu'elles comportent.

Réalisez une affiche, un dépliant, un dossier, un CD sur une espèce animale ou végétale en montrant la diversité des lignées correspondantes et leurs caractéristiques.

Espèces végétales : Olivier, Palmier dattier, Amandier, Oranger, Blé, Pastèque, Tomate, Piment...

Espèces animales : Lapin, Cheval de course, Poule, Vache...

Tomate hybride : «Ferline»

C'est une variété hybride de Tomate qui présente de nombreux avantages :

– très vigoureuse et très productive tout au long de l'été.

– une grande résistance aux maladies (en particulier le mildiou).

– fruits très gros, charnus, d'une belle couleur rouge et d'une saveur extra.

Actuellement, on compte de l'ordre de 500 variétés pures et de 1000 variétés hybrides de Tomates dans le monde.



2 Les variétés hybrides : un agent économique

Les variétés végétales hybrides sont, depuis quelques années de plus en plus nombreuses pour diverses espèces : Blé, Tomate, Pastèque, Maïs, Piment... Elles sont préférées par les agriculteurs aux variétés pures car elles apportent plus de productivité, plus de qualité et plus de rusticité qui sont les 3 axes de la rentabilité : P, Q, R.

Réalisez une affiche, un dépliant, un CD... en cherchant des informations sur des exemples d'hybrides et en montrant leurs avantages par rapport aux variétés pures.

3 Pour une sauvegarde du patrimoine génétique

L'introduction de lignées plus productives dans l'élevage et les cultures se fait au dépens des lignées locales qui sont de plus en plus délaissées.

Comment sauvegarder nos lignées locales qui sont les plus adaptées à notre environnement ?

Réalisez une affiche, un dépliant, un CD sur une lignée tunisienne « menacée ». Proposez un projet permettant sa protection.

Cherchez des informations auprès de l'I.N.R.A.T, des agriculteurs et sur Internet.

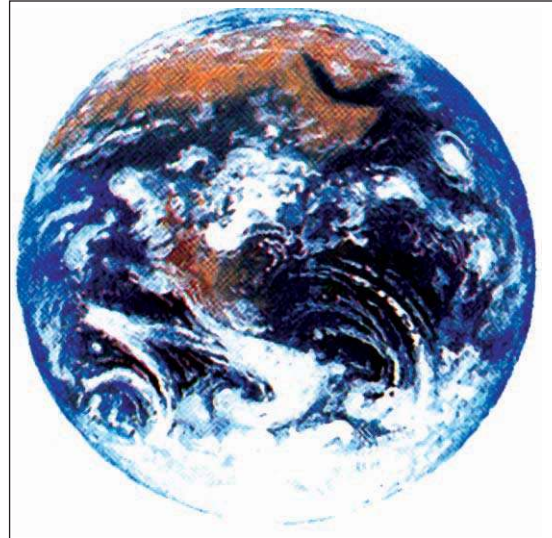
ADN hybride	Combinaison de deux types d'ADN provenant de deux individus différents.
Anticodon	Triplet de bases azotées d'un ARNt complémentaire à un codon de l'ARNm.
Clone	Ensemble d'individus génétiquement identiques issus d'un même individu.
Codon	Triplet de nucléotides de l'ARNm correspondant à un acide aminé.
Codon initiateur	Triplet de l'ARNm qui indique le début de la traduction, ce codon peut être : AUG qui correspond à la méthionine.
Codon stop	Triplet de bases de l'ARNm qui indique la fin de la traduction, ce codon peut être : UAA, UAG, UGA.
Désoxyribonucléotide	Nucléotide constitué de trois molécules : une base azotée (A, G, C et T), un sucre en C ₅ (désoxyribose) et un acide phosphorique (H ₃ PO ₄).
Duplication chromosomique	Dédoubllement des chromosomes pendant l'interphase : chaque chromosome à une chromatide devient formé de deux chromatides liées par le centromère.
Enzyme de restriction	Protéine isolée à partir de bactéries assurant la coupure de la molécule d'ADN au niveau de sites bien déterminés.
Enzyme ligase	Enzyme qui assure la liaison entre deux fragments d'ADN.
Espèce	Population dont les individus sont semblables et capables de se croiser entre eux en donnant des descendants fertiles.
Génome	Ensemble des gènes de l'individu.
Génotype	Combinaison allélique d'un ou de plusieurs gènes présents dans le génome d'un individu.
Hétérozygote	Génotypes dont les deux allèles du génotypes sont différents.
Homozygote	Génotypes dont les deux allèles du génotype sont identiques.
Hybride	Individu issu de croisement entre deux individus de races pures différentes.
Lignée	Groupe d'individus appartenant à une même espèce et ayant en commun des caractères distinctifs.
Locus	Emplacement d'un gène sur le chromosome.
Mutation	Changement brusque de l'information génétique par substitution (remplacement d'une base par une autre), délétion (suppression d'un ou plusieurs nucléotides) ou addition (ajout un ou plusieurs nucléotides).
Mutation génique	Modification qui touche le gène.
Mutation chromosomique	Modification qui touche le nombre et la structure des chromosomes
Phénotype	C'est une forme d'expression d'un caractère héréditaire. Il correspond à l'expression d'un génotype.
Plasmide	Petite molécule d'ADN circulaire, localisée dans le ctyplasma d'une bactérie.
Ribonucléotide	Nucléotide constitué de trois molécules : une base azotée (A, U, G et C), un sucre en C ₅ (Ribose) et un acide phosphorique (H ₃ PO ₄).
Sonde moléculaire	Séquence de nucléotides radioactifs capables de s'hybrider avec le gène recherché.
Traduction	La synthèse d'une chaîne polypeptidique à partir d'un ARNm.
Transcription	La synthèse d'un ARN (ARNm) à partir d'une séquence d'un brin d'ADN selon le principe de complémentarité des bases en utilisant un complexe enzymatique.
Vecteur	Molécule d'ADN (généralement un plasmide) capable de transférer le gène vers l'intérieur d'une bactérie.

Dynamique du globe terrestre et évolution



Le système solaire

1. Mercure ; 2. Vénus ; 3. Terre ; 4. Mars ; 5. Jupiter
6. Saturne et ses anneaux ; 7. Uranus ; 8. Neptune



La Terre, planète bleue !

La Terre est une planète du système solaire. Elle a une forme générale sphérique ; on l'appelle globe terrestre.

Le globe terrestre mesure 12756 Km de diamètre équatorial. Sa masse est estimée à 6.10^{21} tonnes (600 milliards de milliards de tonnes).

Notre planète se distingue des autres planètes, par la présence, de l'eau liquide, de l'oxygène libre et de formes de vie très variées.

Grâce aux sciences de la Terre (géophysique, géochimie, paléontologie, sismologie, télédétection...) nous connaissons la structure et la composition du globe terrestre aussi bien sa partie externe appelée croûte que ses parties profondes non accessibles à l'observation directe.

Les sciences de la Terre se préoccupent également, de l'histoire et de l'évolution du globe terrestre.

Ainsi depuis sa formation, il y a 4,6 milliards d'années, la Terre n'est pas restée une planète stable et figée ; elle est au contraire en état dynamique, le siège d'une évolution géologique et d'une évolution biologique permanente.

L'activité tectonique intense (séismes, volcanisme, failles, plissement) au temps actuel et dans le passé ainsi que la disparition de groupes d'êtres vivants et l'apparition de nouveaux groupes, au cours des temps géologiques, représentent les témoins de cette évolution.

- § Quelles sont la structure et la composition du globe terrestre ?
- § Comment expliquer l'état dynamique du globe terrestre ?
- § Comment a évolué la vie sur notre planète ?
- § Y-a-t-il une relation entre l'évolution géologique et l'évolution biologique ?

Eres	Sys-tème	Série	Ma		Ere	Sys-tème	Série	Ma	
IV ^{re}		HOLOCÈNE	0,01					295	
		PLÉISTOCÈNE	1,65						
III ^{re}	NÉOGÈNE	POLICÈNE	5,3		I ^{re}	CARBONIFÈRE	SILÉSISIEN	325	
		MIOCÈNE	23,5				DINANTIEN	360	
		OLIGOCÈNE	34						
	PALEOGÈNE	ÉOCÈNE	53				DÉVONIEN	SUPÉRIEUR	375
		PALÉOCÈNE	65					MOYEN	385
							INFÉRIEUR	410	
II ^{re}	CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR	96	SILURIEN	PRODOLI	415			
		INFÉRIEUR	135		LUDLOW	425			
					WENLOCK	430			
					LLANDOVERY	435			
	JURASSIQUE	SUPÉRIEUR (MALM)	154	ORDOVICIEN	ASHGILL	445			
		MOYEN (DOGGER)	180		CARADOC	455			
		INFÉRIEUR (LILAS)	205		LLANDEILO	470			
					LLANVIRN	485			
					ARÉNIG	500			
					TREMADOG	540			
TRIAS	SUPÉRIEUR	230	CAMBRIEN	SUPÉRIEUR					
	MOYEN	240		MOYEN					
	INFÉRIEUR	245		INFÉRIEUR					
I ^{re}	PERMIEN	SUPÉRIEUR	258	Précambrien					
		INFÉRIEUR					2500		

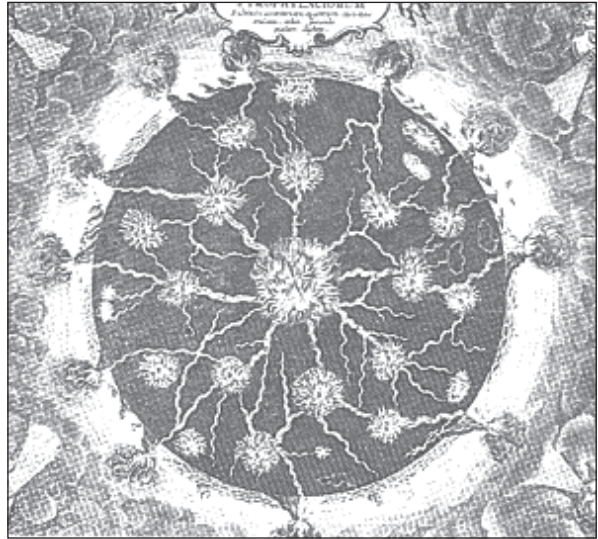
Le calendrier géologique

L'étude du thème de la géologie comporte les chapitres suivants :

CHAPITRE 1 :	La structure et la composition du globe terrestre.....	277
CHAPITRE 2 :	La tectonique des plaque.....	296
CHAPITRE 3 :	L'évolution biologique.....	326

Chapitre 1 : **STRUCTURE ET COMPOSITION DU GLOBE TERRESTRE**

1. Le globe terrestre



2. Représentation de la structure de la terre en 1678 (un feu central et des poches de magma par Athanasius Kircher

La **Terre** est une planète du système solaire ayant un rayon de 6370 Km et une surface totale de 510.000.000 Km² dont 149.000.000 Km² de continents (30%) et 361.000.000 Km² d'océans (70%).

Actuellement, on connaît la structure et la composition de la terre grâce à l'étude de certaines manifestations externes comme les **séismes** et les **volcans**.

On s'est imaginé que l'intérieur du globe était un solide percé de cavités ; les unes étaient vides ou partiellement remplies d'eau (véritables mers intérieures), les autres étaient remplies de laves volcaniques chaudes.

A ce modèle de **globe poreux**, se superposait la croyance en l'existence d'un **feu central** : l'intérieur du globe semblait contenir une **source thermique**. Cette idée était appuyée par diverses théories comme celle de Descartes qui postulait que la terre était une étoile avortée. Selon Descartes, la terre se serait refroidie et aurait laissé se constituer une pellicule superficielle solide, la croûte terrestre mais l'intérieur du globe serait resté chaud.

Donc de 1600 à la fin du XVII^{ème} siècle, notre vision ne changea guère : **une boule de feu centrale, entourée d'une enveloppe solide lardée de cavités.**

Extrait de : de la pierre à l'étoile de Claude Allègre.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ **de dégager** à partir de l'étude des séismes et des volcans, des informations sur la structure et la composition du globe terrestre.
- ❖ **d'établir** un modèle structural du globe terrestre.

SITUATION PROBLÈME



3. Un volcan en éruption



4. Dégâts provoqués par un séisme

« Explorer l'intérieur du globe c'est d'abord se confronter à un problème d'échelle. Les forages les plus importants (12Km), sont de minuscules égratignures à la surface d'une sphère de 6370Km de rayon. »

L'étude de la sismicité et du volcanisme a été d'un apport considérable pour comprendre la structure et la composition du globe terrestre. Les séismes et les volcans, sont deux manifestations remarquables de l'activité du globe terrestre qui s'accompagnent d'un dégagement d'une quantité considérable d'énergie.



- 1- Comment l'analyse des séismes et l'étude des matériaux provenant des éruptions volcaniques peuvent fournir des renseignements sur la structure et la composition du globe terrestre?
- 2- Quel modèle structural du globe terrestre peut-on construire à partir de ces renseignements?
- 3- Quelle est l'origine de l'énergie dissipée lors de la production des séismes et des volcans ?

La température augmente avec la profondeur dans le globe terrestre. Cette élévation thermique est de 1° C tous les 30m.

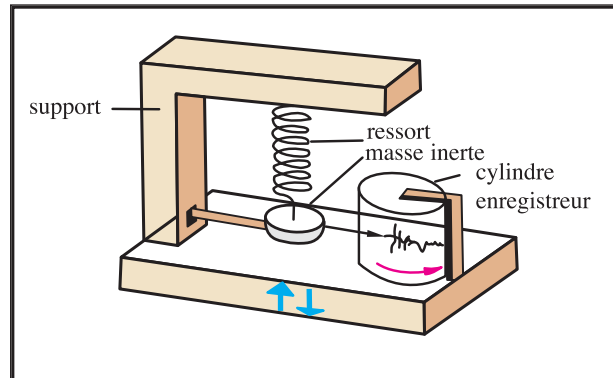
1 La sismologie, un outil d'investigation

A - Qu'est-ce qu'un séisme ?

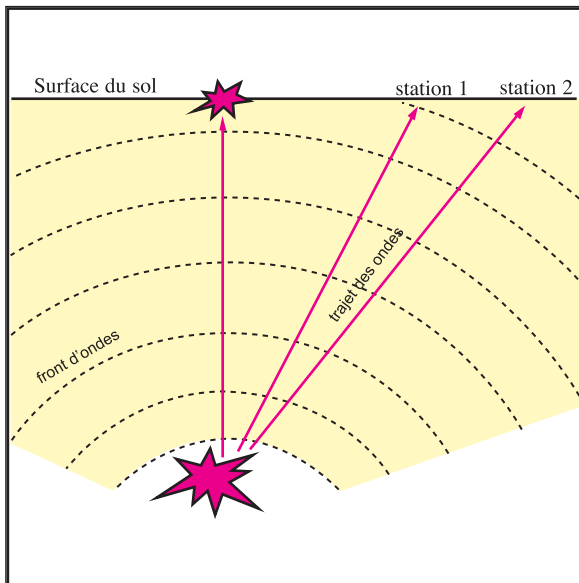
Un séisme ou tremblement de terre est un ensemble de secousses touchant un endroit du globe terrestre.

L'enregistrement graphique des séismes ou **séismogramme** se fait à l'aide d'un **séismographe** ou sismomètre.

Un séisme prend naissance au niveau d'un point origine appelé **foyer** ou **hypocentre** situé en profondeur. La projection de l'hypocentre à la surface de la terre constitue l'**épicerne** (document 6)



5. Un sismographe vertical



6. Origine des séismes



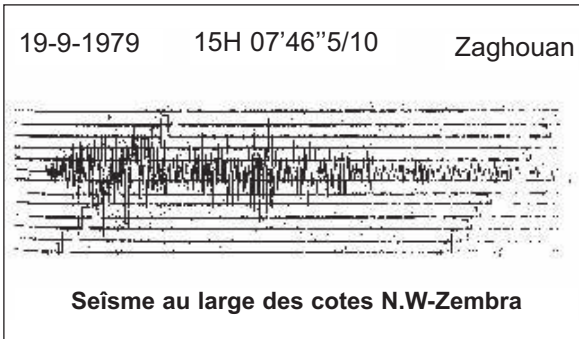
7. Sismomètre lié à un ordinateur

- 1- Localisez sur le document 6, l'épicentre et l'hypocentre.
- 2- Précisez le lieu où l'intensité du séisme est la plus forte.
- 3- Indiquez que représentent les sphères concentriques visibles sur le document 6 ?

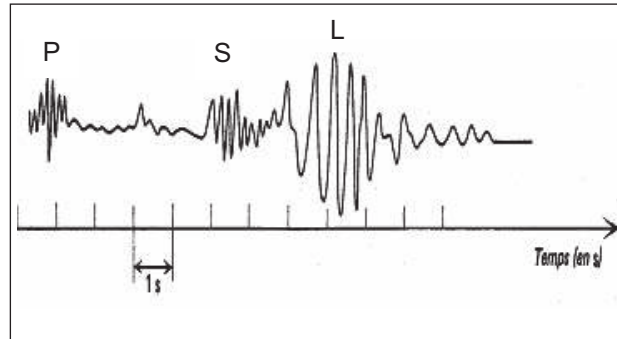
Charles F RICHTER a conçu en 1935 une échelle : l'échelle de RICHTER qui permet de mesurer la magnitude (l'ampleur) d'un séisme. Cette échelle ne permet pas d'apprécier l'intensité des dégâts.

MERCALLI, sismologue italien, a proposé une échelle d'intensité comportant douze degrés d'intensité (voir glossaire).

B - Un séisme produit des ondes sismiques



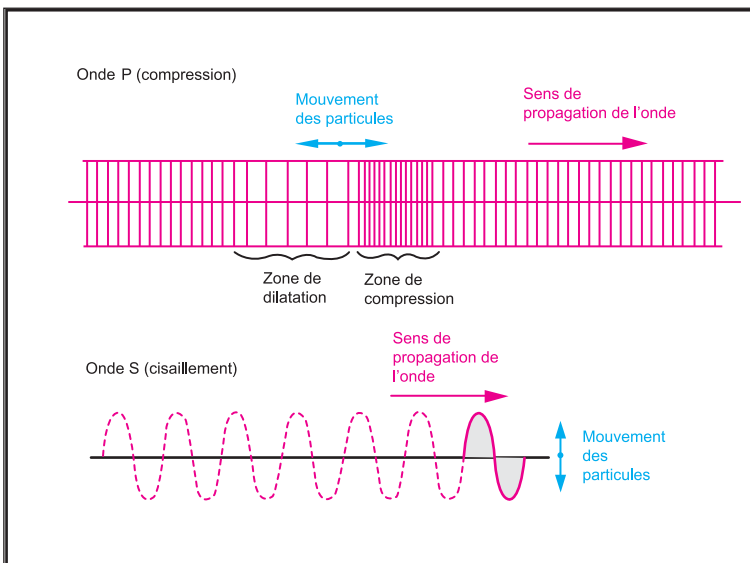
8. Un séismogramme réel



9. Un séismogramme : interprétation

Lors d'un tremblement de terre, les séismogrammes montrent trois types d'ondes : P, S et L.

- Les ondes P ou ondes primaires : ce sont des ondes de compression. Elles sont longitudinales se produisant parallèlement au sens de propagation (on peut les comparer aux ondes produites par un ressort comprimé puis lâché). Elles sont les plus rapides c'est la raison pour laquelle elles sont enregistrées les premières. Elles se propagent dans les solides et les liquides.
- Les ondes S ou ondes secondaires : ce sont des ondes de cisaillement. Ce sont des ondes perpendiculaires au sens de propagation (on peut les comparer aux ondes produites par une corde agitée). Elles sont plus lentes que les ondes P. Elles traversent les solides et pas les liquides.
- Les ondes L ou ondes lentes : Ce sont des ondes de surface.



10. Quelques caractéristiques des ondes P et S

Qu'est ce qu'une onde sismique ?

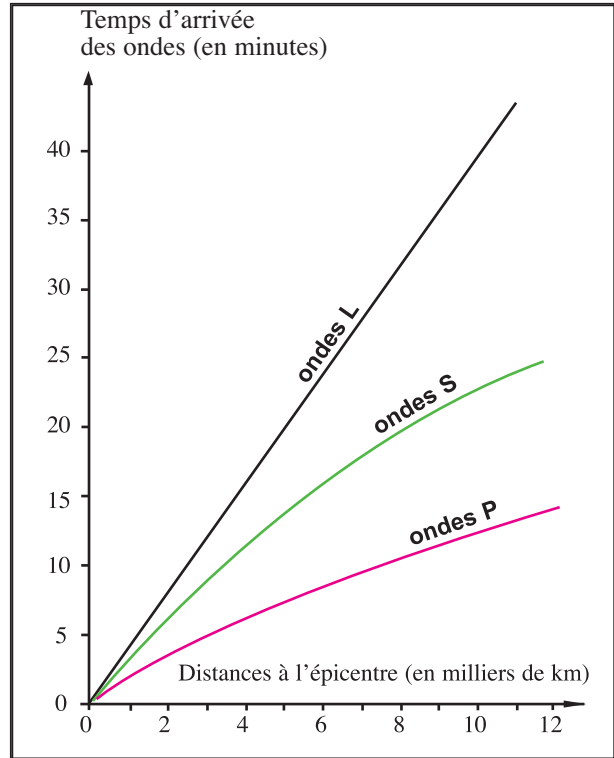
Les ondes sismiques sont des ondes sonores produites lors d'un tremblement de terre. Ces ondes permettent de dissiper une partie de l'énergie libérée par le séisme.

- 1- Comparez les ondes P, S et L.
- 2- Proposez une hypothèse expliquant la naissance de ces ondes.

C - Les ondes sismiques se propagent-elles à la même vitesse ?

Les courbes du document 11 ci-contre, traduisent la variation de la vitesse des ondes en fonction de la distance séparant l'épicentre de la station de réception.

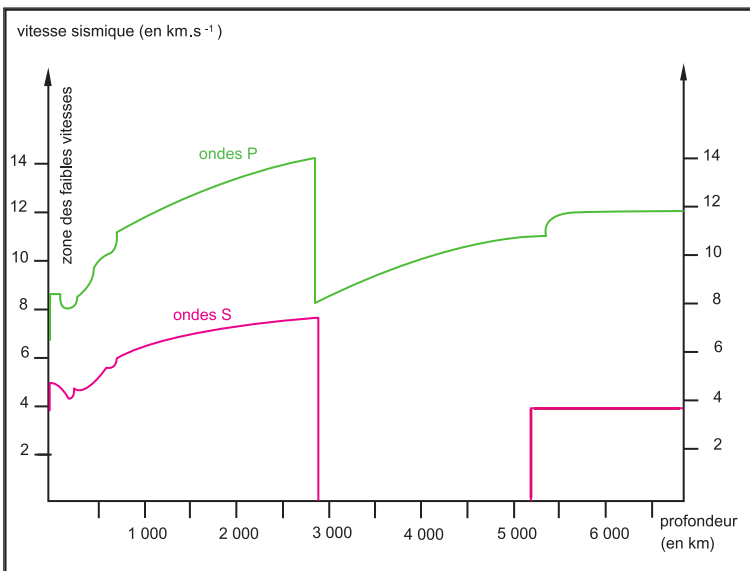
- 1- Calculez à partir du graphe 11, la valeur de la vitesse des ondes L.
- 2- Calculez les vitesses des ondes P et S correspondant aux distances $d_1 = 4.10^3$ Km et $d_2 = 8.10^3$ Km. Que pouvez-vous en déduire ?



11. Variation de la vitesse des ondes en fonction de la distance

2 Détermination de la structure du globe terrestre

A - Etude de la variation de la vitesse des ondes en fonction de la profondeur



12. Variation de la vitesse des ondes en fonction de la profondeur

- 1- Analysez les courbes du document 12.
- 2- Relevez à partir du document 12 les profondeurs correspondant aux variations brusques des ondes P et S.
- 3- Proposez une hypothèse permettant d'expliquer ces variations brusques.

B - La vitesse des ondes varie en fonction des matériaux traversés

Le document 13 ci- dessous donne la variation de la vitesse des ondes en fonction de certaines caractéristiques des milieux traversés.

Milieux traversés	Vitesse des ondes P et S	Vitesse moyenne de propagation des ondes S dans différentes roches en Km/s	
solides	propagation des ondes P et S	Argile	2,2
liquides et gazeux	propagation de P pas de propagation de S	granite	2,4 à 3,2
soumis à une forte pression	variation importante	Basalte	3,5 à 4
denses	variation importante	Péridotite	4,5 à 7,8
température élevée	variation faible	Matériaux liquides	Les ondes S ne s'y propagent pas

13. Variation de la vitesse des ondes en fonction des propriétés physico-chimiques du milieu

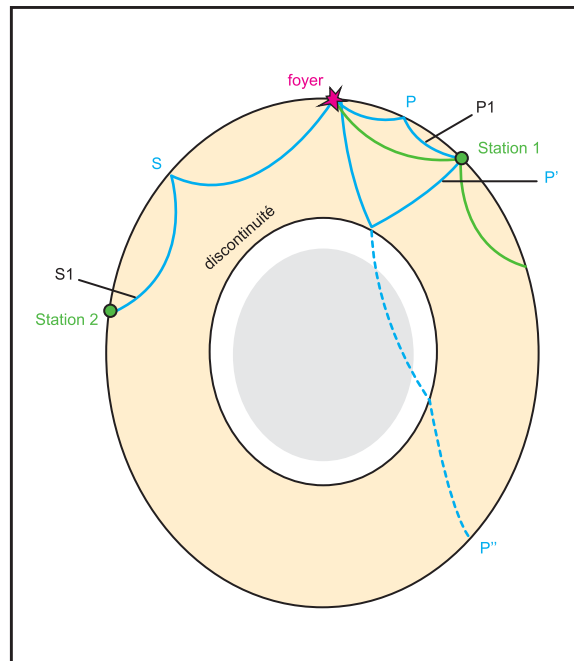
- 1- Indiquez à partir du document 13, les facteurs intervenant dans la variation de la vitesse des ondes P et S.**
- 2- Sachant que la densité moyenne de la terre est de 5,517 et que celle des roches de surface est de 2,5 à 2,3, comparez la densité des matériaux des profondeurs par rapport à celle des roches superficielles.**
- 3- Exploitez les informations dégagées pour évaluer et au besoin rectifier l'hypothèse formulée en A.**

C - Des discontinuités dans la structure du globe

Problème : André Mohorovicic, géophysicien yougoslave, observe le 8 octobre 1909 des sismogrammes à partir de son observatoire à Zagreb : «voici les ondes P puis les ondes S puis... de nouveau des ondes P et de nouveau des S !

Les ondes se sont dédoublées».

Hypothèse : André Mohorovicic, arpente son bureau de long en large, il veut comprendre. Une idée lui vient : les deux trains d'ondes sont partis en même temps du lieu du séisme ; s'ils sont arrivés avec un décalage c'est qu'ils ont emprunté deux chemins différents. Connaissant exactement la distance qui sépare ses sismographes de l'épicentre du séisme, ainsi que l'heure précise de la secousse, il calcule que le premier groupe d'ondes P et S a circulé par le chemin le plus direct entre le foyer et l'observatoire, à la vitesse prévue celle qui correspond à la densité de l'écorce terrestre. En revanche, le deuxième groupe d'ondes P a dû rencontrer un milieu de densité différente qui l'a dévié et a modifié sa vitesse. Telles des ondes lumineuses, les 'P' et 'S' ont dû subir des réflexions et des réfractions, ce qui prouve qu'elles ont atteint la surface de séparation de deux milieux de propriétés différentes. Les ondes ont été réfléchies, telles des rayons de lumière renvoyés par un miroir, et réfractés comme l'image du bâton qui semble brisé quand on le plonge dans l'eau.



S₁ et **P₁** sont des ondes réfléchies à la surface. **P'** est une onde réfléchie au niveau d'une discontinuité.

P'' est une onde réfractée au niveau d'une 2^{ème} discontinuité.

15. Trajet des ondes sismiques

Conclusion : Il existe en profondeur une couche qui n'a pas la même densité ni les mêmes propriétés physiques que l'écorce terrestre et qui réfléchit et réfracte les ondes sismiques. Selon les termes de Mohorovicic, une « discontinuité » sépare la croûte terrestre de ce qu'il y'a en dessous. Cette limite appelée, en son honneur, la « discontinuité de Mohorovicic ou MOHO », se situe à une profondeur de 40km en moyenne.

Extrait de **Maurice Kraft** : la Terre une planète vivante

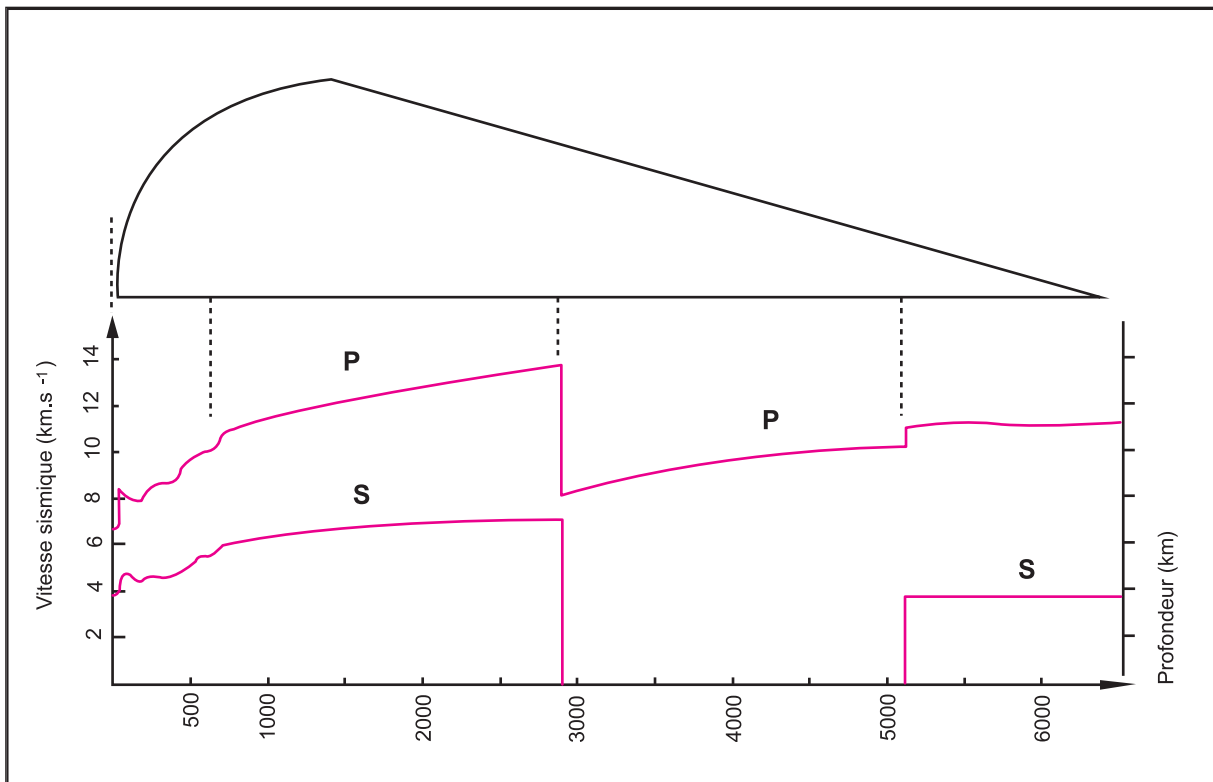
14. Texte de Mohorovicic

- 1- Analysez le texte ci-dessus. Quelle(s) question(s) s'est posé Mohorovicic suite à l'observation des sismogrammes ?
- 2- En s'aidant du document 15, comparez la réflexion à la réfraction des ondes.
- 3- Expliquez, à partir des données du document 15, l'origine du dédoublement des ondes.
- 4- Précisez la signification de la discontinuité de Mohorovicic.

D - Autres discontinuités

En 1913, [Gutenberg](#), sismologue allemand a mis en évidence une discontinuité : la discontinuité de Gutenberg à 2900 Km de profondeur. En 1936, [Inge Lehmann](#) un autre sismologue découvre la discontinuité de Lehmann à 5200 Km de profondeur.

- 1- Montrez comment les informations correspondantes aux activités B, C et D sont en accord avec celles tirées de l'analyse du document 12.
- 2- Exploitez les informations tirées pour compléter le schéma de la portion du globe terrestre présenté dans le document 16.
- 3- Formulez des conclusions sur la structure du globe terrestre.
- 4- Formulez des questions sur le modèle structural du globe terrestre élaboré.

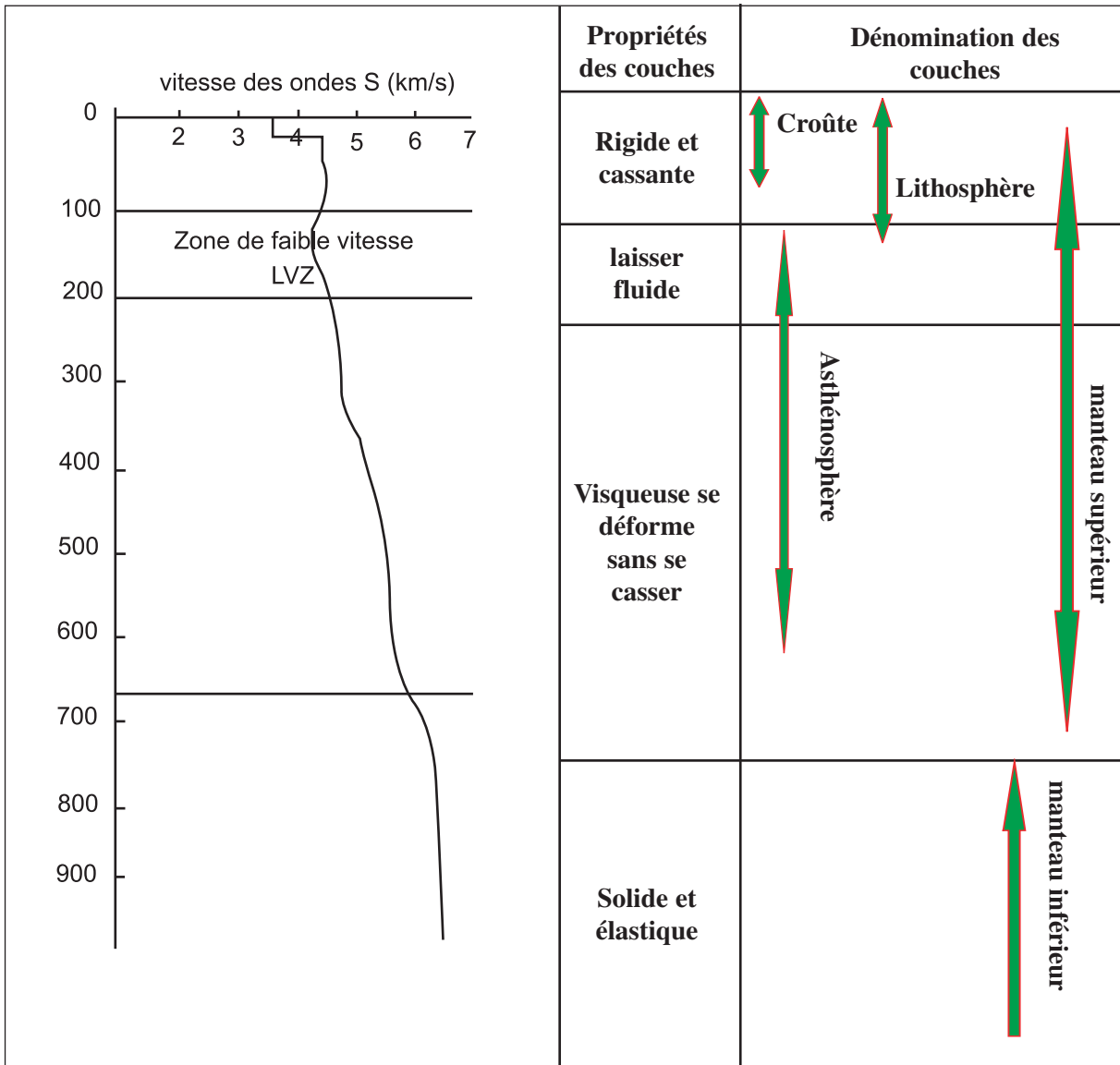


16. La variation de la vitesse des ondes et la structure du globe

E - Modèle structural du globe terrestre

L'étude de la sismicité a permis d'établir un modèle constitué d'enveloppes concentriques : la croûte terrestre, le manteau et le noyau.

a) La croûte et le manteau

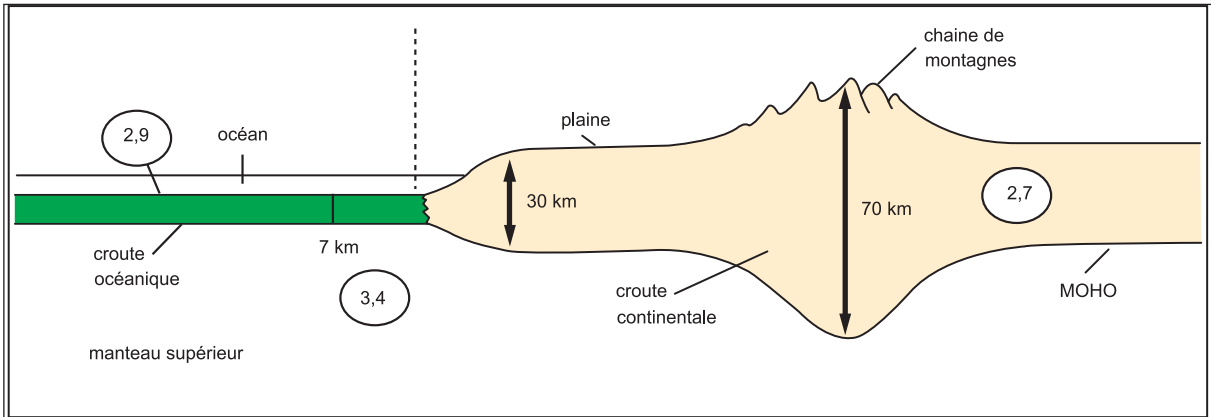


17. Croûte et manteau

- 1- Nommez à partir du document 17 les différentes parties du manteau.
- 2- Définissez la lithosphère et précisez sa nature.
- 3- Reprenez le document 16, et compléter le par les informations nouvellement acquises.

b) La croûte continentale et la croûte océanique

Le document ci-dessous montre : – la variation de l'épaisseur de la croûte
– la variation de la densité au niveau de la lithosphère.



18. Croûte continentale et croûte océanique (les valeurs encadrées indiquent la densité du milieu)

Analyser le document 18 ci-dessus.

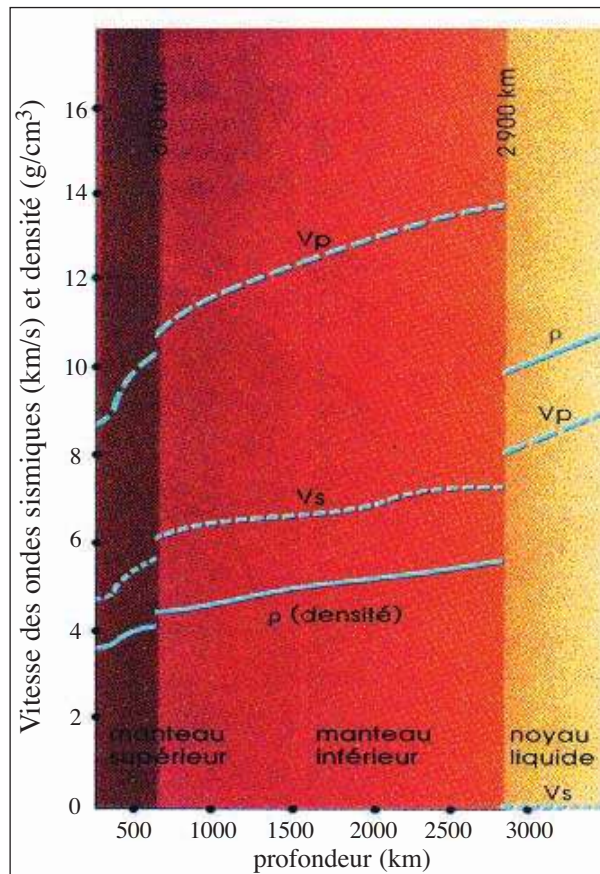
c) Le noyau

Le document 12 montre que :
– les ondes sismiques S disparaissent à la profondeur de 2900 Km et réapparaissent, parfois, à partir des ondes P, à 5100 Km de profondeur.
– la vitesse des ondes P augmente brusquement à la profondeur de 5100 Km.

Ces résultats permettent de déduire :

- l'existence d'un milieu liquide entre 2900 Km et 5100 Km de profondeur qui correspond à la disparition des ondes S et la variation de la vitesse des ondes P. Ce milieu est appelé **noyau externe** du globe terrestre.
- l'existence d'un milieu solide entre 5100 Km et le centre du globe terrestre qui correspond à la réapparition des ondes S et la variation de la vitesse des ondes P. Ce milieu est **la graine** ou **noyau interne** du globe terrestre.

Montrez comment les conclusions tirées de l'analyse des documents 19a et 19b sont en accord avec ces déductions.



19a. Variation de la vitesse des ondes P et de la densité en fonction de la profondeur

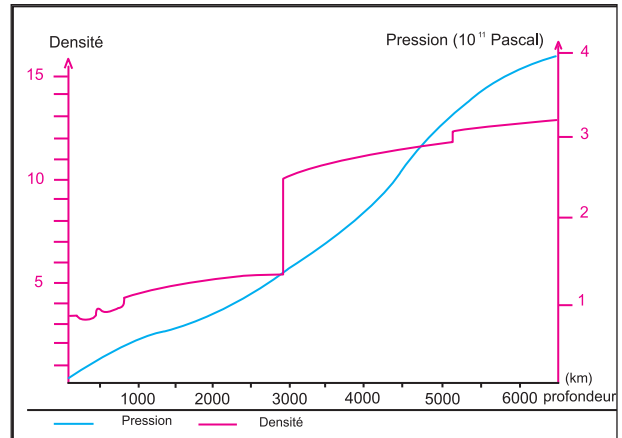
Les documents 19a, 19b, 19c et 19d présentent des caractéristiques physiques des différents milieux du globe terrestre : croûte, manteau et noyau.

A partir de l'analyse de ces documents, saisissez des informations et remplir le tableau suivant (qui est à reproduire).

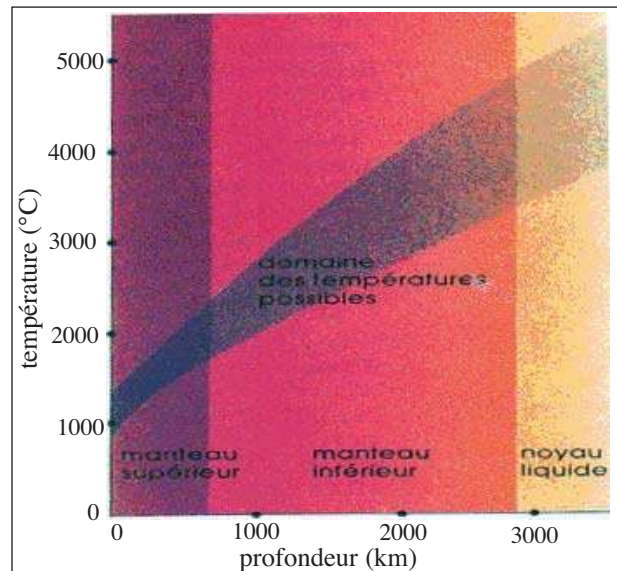
	Croûte	Manteau	Noyau
Température			
Pression			
Densité			

L'état solide ou liquide des roches qui constituent les milieux du globe terrestre dépend de la température et de la pression.

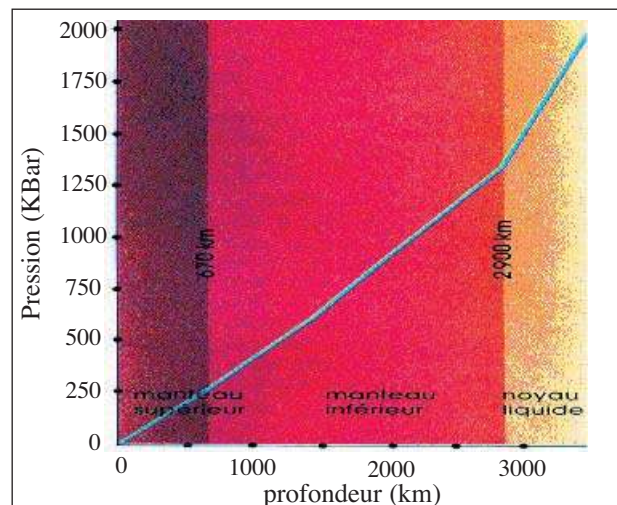
- Précisez l'effet spécifique de la température et de la pression sur l'état physique de la matière.
- Comment pouvez-vous expliquer que parmi tous les milieux du globe terrestre, seul le noyau externe est à l'état liquide.



19b. Variation de la densité et de la pression en fonction de la profondeur



19c. Variation de la température en fonction de la profondeur



19d. Variation de la pression en fonction de la profondeur

3 Quelle est la composition du globe terrestre ?

Pour connaître la nature des matériaux qui constituent les différentes couches du globe, on se base sur l'étude des rejets volcaniques, sur des expériences réalisées au laboratoire ainsi que sur l'analyse des météorites.

A - Renseignements fournis par le volcanisme

Le volcanisme est une manifestation au cours de laquelle les matériaux des profondeurs de la terre sont projetés à la surface. C'est l'éruption volcanique.



22. Un volcan actif

Le **Stromboli** est un volcan situé à l'ouest de l'Italie. Il est caractérisé par ses projections de lambeaux de lave qui retombent sous forme de **scories**. Mais le Stromboli présente aussi des éruptions violentes. Ainsi en 1930, un épais nuage de cendres s'échappa du **cratère** du volcan et tomba en pluie sur le **cône**. Au bout de 10mn, tout était redevenu calme ; mais moins de 2h après, deux fortes explosions se produisent.

- une colonne de gaz et de **fumées**, se dressa à plus de 2,5 km de hauteur.
- des **blocs** pesant 30 tonnes, provenant du bouchon qui obturait le cratère, retombèrent sur un village au pied du Stromboli.
- puis une pluie de **scories incandescentes** et de **cendres** tomba sur la partie supérieure du volcan. Pendant les 12h qui suivirent, plusieurs coulées de lave descendirent le long du flanc du volcan et atteignirent la mer. Au bout de 15h l'éruption était terminée.

20. Un volcan : le Stromboli

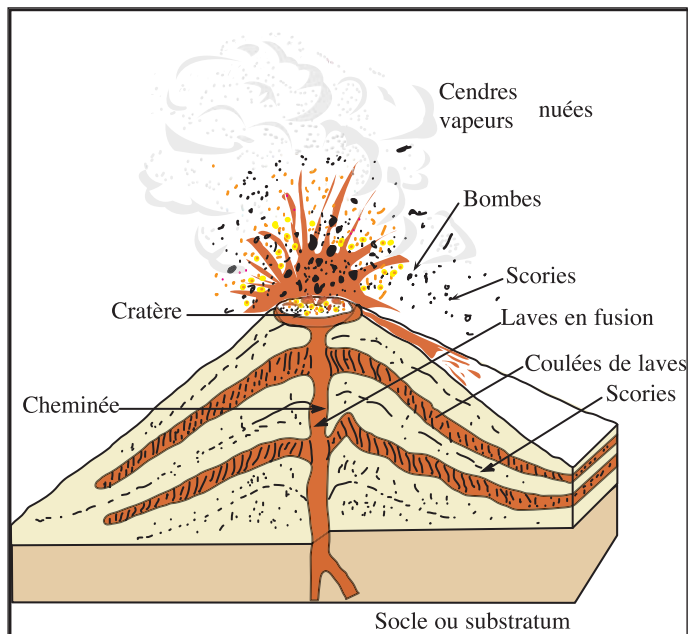


Une bombe



Des scories

21. Des produits volcaniques solides



23. Schéma d'un volcan

Produits dégagés	Nature
Les gaz	Vapeur d'eau (H ₂ O), dioxyde de carbone (CO ₂), sulfure d'hydrogène (H ₂ S), oxyde de carbone (CO)
Les produits liquides ou laves	On distingue deux types de laves : <ul style="list-style-type: none"> – des laves basaltiques : <ul style="list-style-type: none"> • très fluides (t = 1200°) • pauvres en silice – des laves rhyolitiques : proviennent d'un magma acide <ul style="list-style-type: none"> • très visqueuses (t = 800°) • riches en silice.



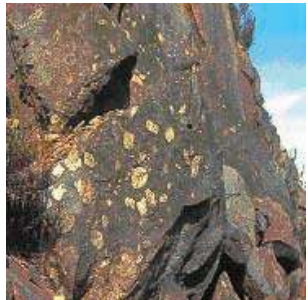
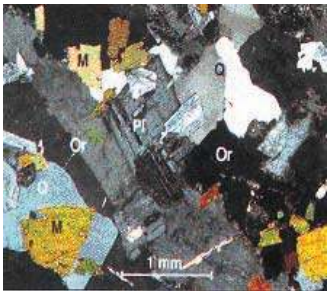
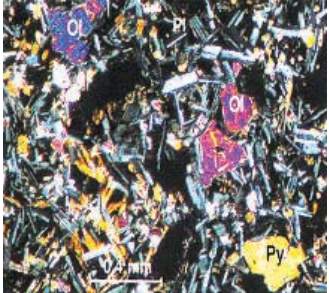
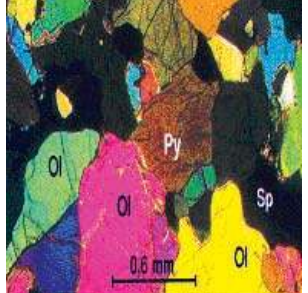
- 1- Donnez la définition d'un volcan et celle d'une éruption volcanique.
- 2- Les documents 20 et 23 montrent qu'au cours d'une éruption volcanique, différents produits sont dégagés
 - relevez à partir du texte les noms de ces produits
 - chercher dans le glossaire la signification de chacun d'eux.
- 3- Précisez l'origine des rejets volcaniques.
- 4- La température de sortie des basaltes est de 1200°C, quelle serait l'origine de cette température élevée ?

B - Composition du globe terrestre

a) La croûte continentale : Elle est accessible à l'observation et on peut disposer d'échantillons de roches de sa partie supérieure qui peut **affleurer**, après érosion (qui transporte les dépôts sédimentaires). La croûte continentale qui représente 45 % de la surface du globe terrestre est constituée essentiellement d'une roche appelée le **granite**.

b) La croûte océanique : L'exploration des fonds des océans permet d'observer et de prélever des échantillons des roches qui constituent la croûte océanique. La croûte océanique qui représente 55 % de la surface du globe terrestre est constituée essentiellement, **de basalte**.

c) Le manteau : Est constitué de roches solides appelées **péridotites**. Les péridotites fondent et remontent dans les volcans pour donner du magma basaltique. Ce sont des roches constituées de minéraux ferromagnésiens (Fe, Mg).

<p>Observation à l'œil nu</p>	 <p>a. le granite</p>	 <p>b. le basalte</p>	 <p>c. la péridotite</p>
<p>Observation microscopique (Lumière polarisée)</p>	 <p>1 mm</p>	 <p>1 mm</p>	 <p>0,6 mm</p>

24. Des roches endogènes

Ol : olivine ; Py : pyroxène ; Pl : feldspath plagioclase ; Sp : spinelle ; Or : orthose ; M : mica (ou biotite) ; Q : quartz

Le document suivant, (25) résume certaines caractéristiques des minéraux essentiels des roches magmatiques étudiées.

Minéraux	Formule chimique	Aspect en lumière polarisée
Quartz	(SiO ₂)	Gris à blanc
Feldspath potassique	(Si ₃ AlO ₃ K)	Blanc gris ou noir (macle simple)
Mica noir ou biotite	(Si ₃ AlO ₁₆)	Teintes vives : bleu, vert, jaune, rouge
Mica blanc muscovite	Si ₃ AlO ₁₀ Al(MgFe)K(OH) ₂	Teintes très vives : bleu, jaune, vert
Pyroxène	(SiAl ₂ O ₃) ₂ Ca ₅ MgFeAl	Teintes vives :jaune, orange, rouge
Olivine	SiO ₄ (MgFe) ₂	Teintes très vives : bleu, vert, jaune, rouge

25. Caractéristiques des minéraux des roches magmatiques

	Granite	Basalte	Péridotite
Minéraux constitutifs			
Éléments chimiques des minéraux			

- 1- Observez à l'œil nu et décrivez des échantillons de ces roches (couleur, aspect, ...)
- 2- Exploitez les différents documents pour compléter le tableau ci-dessus. (qui est à reproduire)
- 3- Comparez la composition minéralogique des croûtes à celle du manteau. Que pouvez-vous conclure ?

d) Le noyau

Pour déterminer la composition du noyau, on procède selon deux méthodes :

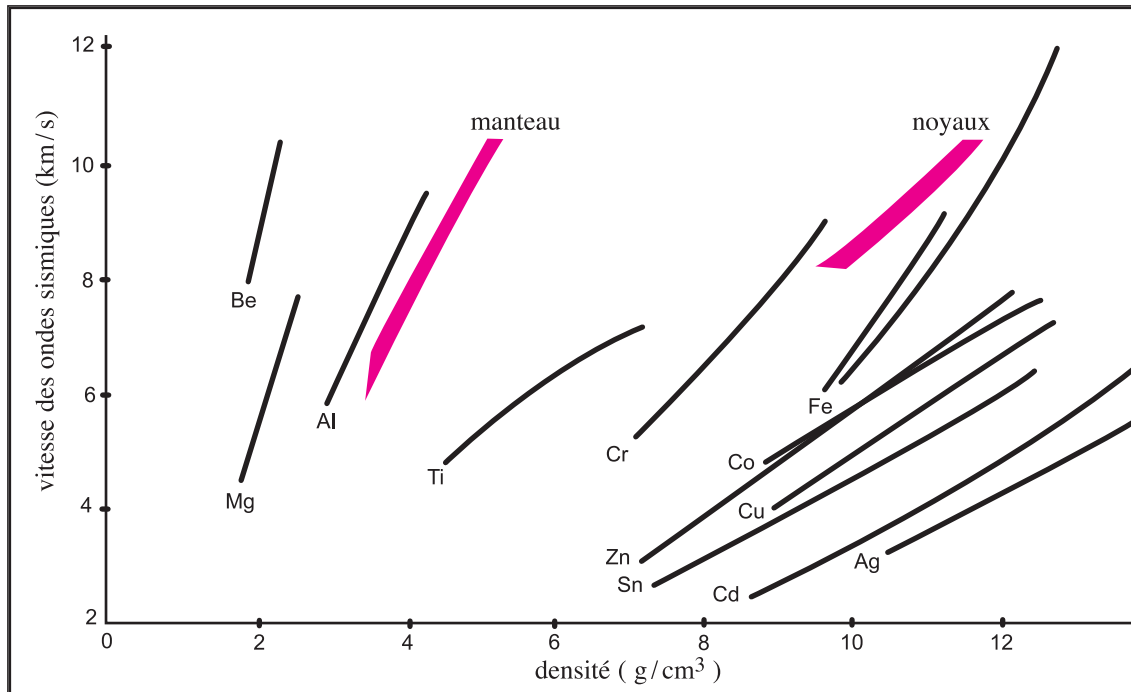
Première méthode : on compare la densité du noyau (déterminée par la gravimétrie) à la densité de certains éléments chimiques (déterminée au laboratoire).

Éléments chimiques	Masse volumique
Cr	1 à 9,5
Na	1 à 2
Cu	8,5 à 12,5
Al	3 à 4,5
Fe	9,5 à 11,2

Sachant que la densité du noyau est égale à 10, proposez une hypothèse quant à la composition du noyau.

Deuxième méthode : Le professeur Francis Birch (de l'université d'Harvard) mesure la variation de la vitesse des ondes en fonction de la densité. Il réalise au laboratoire, des mesures de vitesse des ondes de compression (ondes de choc) sur des matériaux différents soumis à des températures et des pressions différentes (ce qui fait varier la densité). Il compare ces vitesses à celles des ondes traversant le globe terrestre et obtenues grâce à la sismologie.

Les résultats de ces expériences sont représentés dans le document ci-dessous (26).



26. Vitesse des ondes dans le noyau, dans le manteau et dans différents matériaux

Indiquez à partir de l'analyse du document 26, la composition chimique du manteau et celle du noyau.

Le document 27 présente des mesures de température et de pression au niveau du globe terrestre. Le document 28 présente le résultat d'expériences sur un métal le fer.

Profondeur (Km)	Température (°K)	Pression (Million Bar)
2900	4500	1,3
5200	5000	3,2
6000	5500	4

27. Des mesures de température au niveau du globe terrestre

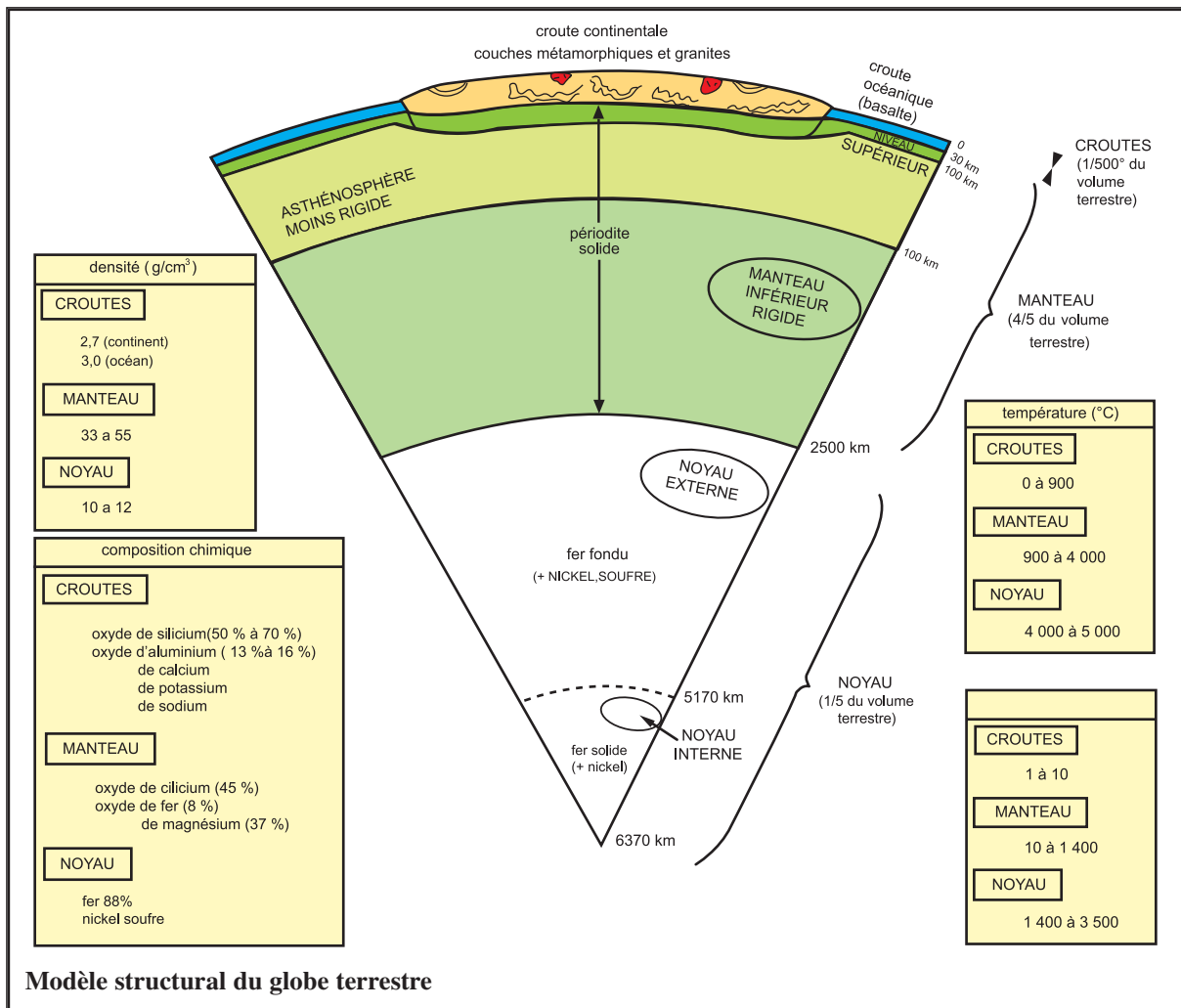
Température (°K)	Pression (Million Bar)	Etat de fer
4500	1,3	Liquide
5000	3,2	Solide
5500	4	Solide

28. Résultat d'expériences sur le Fer

Quelles conclusions pouvez-vous dégager de l'analyse de ces documents ?

Structure et composition du globe terrestre

L'étude de la sismicité et du volcanisme a permis d'élucider la structure et la composition du globe terrestre.



1 Discontinuité et couches du globe terrestre

A - Les discontinuités

Une sorte d'échographie de l'intérieur de la Terre a été établie à partir du comportement des ondes sismiques. Les ondes sismiques P et S produites par les tremblements de terre se propagent et parviennent en surface. L'étude de ces ondes apporte des informations sur les régions profondes et inaccessibles qu'elles traversent. En effet la vitesse de ces ondes varie selon la nature du milieu traversé (elle varie avec la densité et la rigidité du milieu). La vitesse des ondes sismiques P et S augmente avec la profondeur donc avec la densité des roches traversées.

Une variation brutale de la vitesse des ondes sismiques P et S permet de mettre en évidence l'existence de deux milieux de nature différente et par conséquent d'une discontinuité.

On a pu distinguer ainsi **trois discontinuités** entre les enveloppes du globe terrestre:

– **La discontinuité de Mohorovicic :**

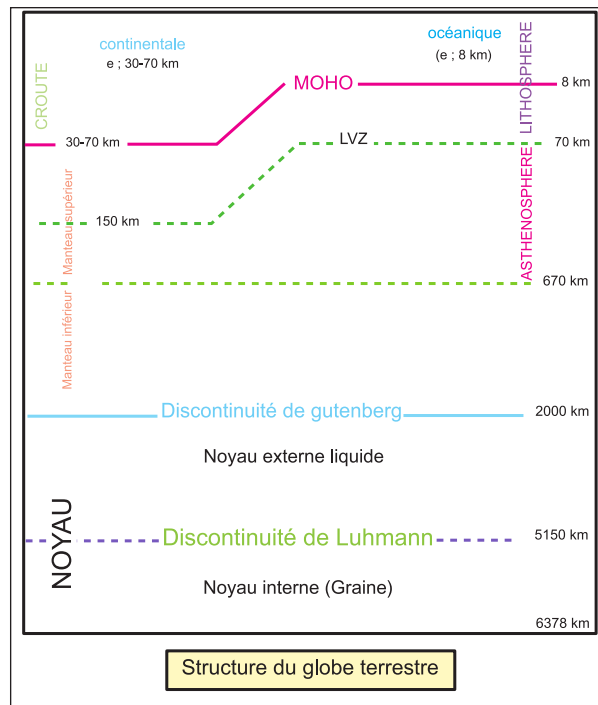
située à une profondeur moyenne de 30Km, elle sépare la croûte du manteau. Elle est mise en évidence par l'accélération des ondes sismiques lors de leur passage croûte- manteau.

– **La discontinuité de Gutenberg :**

elle est située à 2900Km de profondeur. A son niveau les ondes P diminuent de vitesse et les ondes S disparaissent, car le milieu devient liquide.

– **La discontinuité de Lehmann :**

est située à 5100Km et sépare le noyau externe plutôt liquide de la graine solide.



B - Les couches du globe terrestre

La découverte des discontinuités montre que l'intérieur de la terre est formé d'une série de **calottes sphériques** emboîtées comme le sont les écailles d'un bulbe d'oignon. Ces couches de composition et d'épaisseurs variées sont séparées par des discontinuités. On dit que le globe terrestre a **une structure différenciée**.

§ On distingue :

– **la croûte** terrestre avec une épaisseur de 35Km environ sous les continents (croûte continentale) et une épaisseur de 5Km sous les océans (croûte océanique). La croûte constitue 2% du volume terrestre.

– **le manteau** qui s'étend depuis la base de la croûte jusqu'à 2900Km. Le manteau constitue le gros du volume de la terre (81%). Il se divise en manteau supérieur et en manteau inférieur.

Au niveau du manteau on rencontre une zone à faible vitesse : la ZFV ou LVZ. Tous les niveaux situés au dessus de cette zone forment **la lithosphère**.

– **le noyau** qui occupe le centre du globe terrestre, forme 17% du volume terrestre. Il se divise en noyau interne ou graine et en **noyau externe**.

Le noyau est responsable du champ magnétique terrestre.

Le champ magnétique de la terre protège les êtres vivants du rayonnement électromagnétique émis par le soleil.

Le noyau joue ainsi un rôle important dans la protection de la biosphère.

§ Une autre subdivision de la structure du globe terrestre :

Lithosphère et asthénosphère

Une couche d'une centaine de kilomètres d'épaisseur, froide et rigide englobant la croûte continentale et / ou océanique et une partie du manteau supérieur **constituent la lithosphère** qui flotte sur **l'asthénosphère** de plasticité et de température supérieure et dont l'épaisseur est de 600Km (550 à 620Km).

2 La composition du globe terrestre

Les éruptions volcaniques ramènent en surface des matériaux qui témoignent de la composition profonde de la Terre. Leur étude permet de mieux comprendre les 200 premiers kilomètres.

A - Composition de la croûte : on peut étudier directement des échantillons de la partie supérieure de la croûte continentale et océanique. La croûte continentale est constituée de **granites**. La croûte océanique est constituée de **basalte**.

B - Composition du manteau :
 – le manteau supérieur est formé de **basalte** et de **péridotite**, roches riches en olivine (minéral vert).
 – Le manteau inférieur est constitué de péridotite.

C - Composition du noyau
 L'étude expérimentale a montré que le noyau est particulièrement riche en fer. Le noyau externe liquide est constitué de fer, du nickel et du soufre. Le noyau interne solide est fait de fer et de nickel.

Couches terrestres	Subdivisions des couches	Nature des roches et/ou des minéraux	
CROUTE	continentale	Roches granitiques (Si+ Al)	
	océanique	Roches basaltiques (Si+ Mg)	
DISCONTINUITÉ de MOHOROVICIC			
MANTEAU	supérieur	Couche rigide	basalte et péridotite
		Couche plastique	
	inférieur	péridotite	
DISCONTINUITÉ de GUTENBERG			
NOYAU	externe	Liquide : Fe + Ni	
	DISCONTINUITÉ de LEHMANN		
	interne	Solide : Fe + Ni	

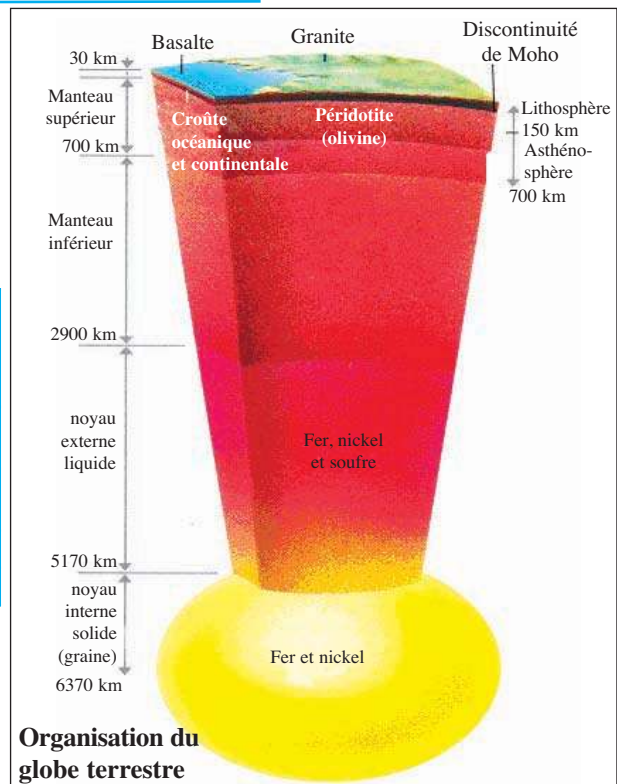
3 Le globe terrestre source d'énergie thermique

La température de sortie du basalte est de 1200° C, celle du noyau est 4000 à 5000° C. Une partie de cette chaleur interne provient de la désintégration des éléments radioactifs (Uranium...) qui se trouvent dans les couches du globe. (L'étude des manifestations du globe terrestre montre que de l'énergie libérée par les volcans et en particulier par les séismes est de 3.10^{11} .Joules).

Données	Volume Dégagée (Km ³)	Energie Dégagées en (J/S/Km ³)	Teneur en Uranium (tonne/Km ³)
Croûte continentale	4,510 ⁹	1700	1800
Croûte océanique	4,010 ⁹	340	300
manteau	92010 ⁹	30	30
noyau	18010 ⁹	?	?

De par son volume, le manteau produit l'essentiel de l'énergie libérée par le globe terrestre. Cette énergie provient des réactions exothermiques (désintégrations) qui se déroulent dans le manteau. La majeure partie de cette énergie est diffusée sous forme de chaleur.

Les basaltes arrivent en surface sous forme de magma, produit par la fusion des péridotites qui sont le constituant de base du manteau. Cette fusion qui a lieu pour l'essentiel dans les 200 premiers Km, résulte de la montée rapide des péridotites vers la surface. En effet la forte pression des roches chute plus rapidement que la température, ce qui permet leur fusion et la formation d'un magma.



EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse (s) exacte (s). Repérez les affirmations correctes.

1- Les ondes sismiques :

- a- se propagent uniquement dans les milieux solides.
- b- sont émises au niveau de l'épicentre dans une seule direction.
- c- sont émises à partir de l'hypocentre dans toutes les directions.

2- La vitesse des ondes sismiques :

- a- augmente avec la densité du milieu traversé.
- b- augmente avec la profondeur.
- c- est constante dans le manteau.

3- Une surface de discontinuité :

- a- sépare deux milieux de nature différente.
- b- engendre la modification de la trajectoire des ondes sismiques à son niveau.
- c- est caractérisée par une variation brusque de la vitesse des ondes sismiques.

4- Au niveau du noyau externe de la terre, les ondes S disparaissent car

- a- le milieu est solide.
- b- le milieu est liquide.
- c- le milieu est profond.

5- La lave émise par les volcans provient

- a- de la lithosphère.
- b- du manteau inférieur.
- c- de l'asthénosphère.

EXERCICE 2

Le séisme d'Arette (France) du 13-8-1967 a été enregistré par des dizaines de stations situées à la surface du globe.

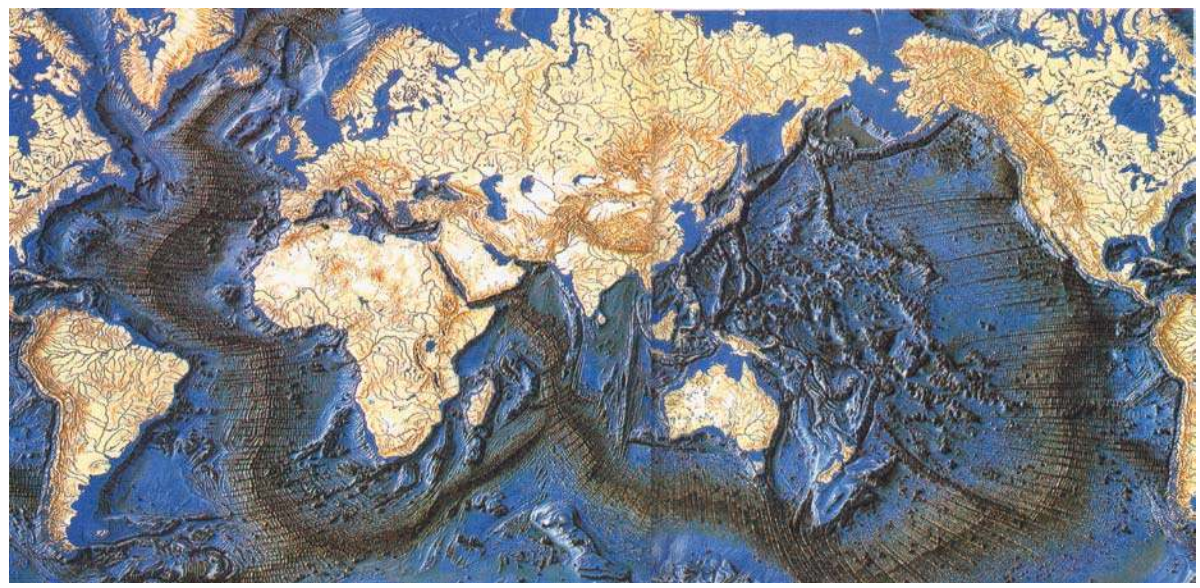
Les résultats sont portés sur le tableau suivant.

Stations	Distances à l'épicentre en km	Temps mis par les ondes en minutes		
		L	P	S
A	1000	4mn24s	2mns	4mn
B	2000	8mn48s	3mn50s	7mn20
C	3000	13mn12s	5mn30s	10mn10
D	4000	17mn36s	7mn05s	12mn30
E	5000	22mn	8mn15s	14mn50
F	6000	26mn24s	9mn20s	16mn50
G	7000	30mn48s	10mn30s	19mn
H	8000	35mn12s	11mn20s	20mn50

1- Représentez graphiquement la propagation des ondes P, S, et L..

2- Calculez la vitesse de chacune des ondes P, S et L en Km/s.

Chapitre 2 : LA TECTONIQUE DES PLAQUES



1. Dorsales médio-océaniques

Avant 1968, la quasi-totalité des chercheurs en Sciences de la Terre, travaillait sur les continents (30% de la surface du globe terrestre) car ces derniers sont plus facilement accessibles que les mers et les océans (qui occupent pourtant 70 % de la surface du globe terrestre). L'exploration des reliefs sous-marins et de la croûte océanique a commencé à la fin des années 40, grâce au développement de nouvelles technologies.

Cette étude a révélé que le fond des océans n'est pas comme les scientifiques l'imaginaient, une surface plane ; il est au contraire, riche en reliefs contrastés, en particulier des fosses profondes et des chaînes de montagnes qui parcourent tous les océans : des dorsales médio-océaniques longues de 60000 Km (document 1).

L'étude des fosses et des dorsales médio-océaniques a permis en 1968 l'élaboration par un groupe de scientifiques d'une théorie : la tectonique des plaques.

Cette théorie représente un modèle explicatif planétaire : elle explique les mécanismes en rapport avec les séismes, les volcans, la formation des chaînes de montagnes.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ **d'analyser** le fonctionnement des fosses et des dorsales médio-océaniques
- ❖ **de saisir** la signification de la théorie de la tectonique des plaques.
- ❖ **de pratiquer** le raisonnement hypothético-déductif.
- ❖ **d'Exploiter** la théorie de la tectonique des plaques pour expliquer les phénomènes géologiques majeurs : volcanismes, séismes et formation des chaînes de montagnes.

SITUATION PROBLÈME



2. Carte de la répartition des volcans



3. Carte de la répartition des séismes

1er problème

La Terre est une planète active. Son activité se manifeste par des phénomènes géologiques : sismicité, volcanisme, plissement et failles.

Ces phénomènes s'accompagnent de l'émission d'énergie en quantité considérable et souvent destructrice ; mais, ils ne sont pas répartis de façon homogène, partout sur le globe terrestre. Leur répartition particulière (documents 2 et 3) montre que la lithosphère est particulièrement «fragile» dans certaines régions du globe.

Comment expliquer la répartition des séismes, des volcans et des chaînes de montagnes ?

C'est-à-dire comment expliquer l'existence de régions de la lithosphère particulièrement actives se distinguant du reste des régions passives du globe terrestre ?



4. Dorsale médio-océanique atlantique

2ème problème

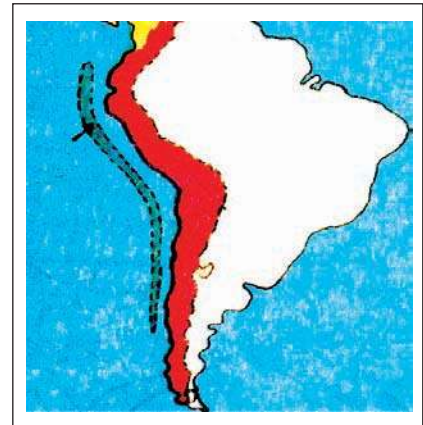
L'exploration des fonds océaniques dans les années 50 a permis de découvrir les dorsales **médio-océaniques** : des chaînes de montagnes de 60000 Km qui parcourent tous les océans (atlantique, pacifique, indien).

De part et d'autre des dorsales, se trouvent les plaines abyssales constituées de **croûte basaltique**.

A la frontière de certains océans et continents (exemple pacifique-Amérique du sud), on a découvert l'existence de **fosses océaniques** de 5 à 11 Km de profondeur. Ces fosses font 3200 Km de longueur totale.

On a remarqué aussi que l'âge de la croûte océanique ne dépasse jamais (dans tous les océans) 180 millions d'années alors que la croûte continentale a été datée, dans certaines régions de 3,9 milliards d'années (Âge de la Terre = 4,5 milliards d'années).

- 1- Comment fonctionnent les fosses et les dorsales médio-océaniques ?
- 2- Comment expliquer la «jeunesse» de la croûte océanique ?
- 3- Y-a-t-il une relation entre l'activité des fosses, des dorsales et la répartition des séismes, des volcans et des chaînes des montagnes ?



5. Cordillère des Andes

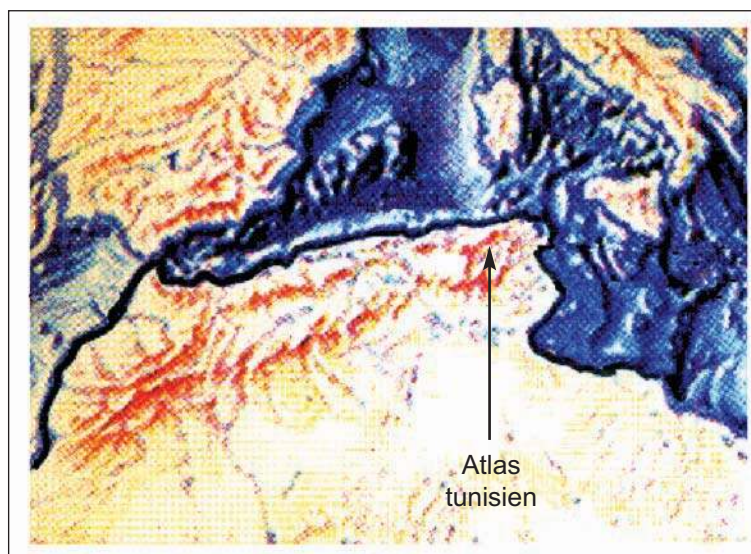
3ème problème

La théorie de la tectonique des plaques, élaborée en 1968 apporte des réponses à toutes les questions posées.

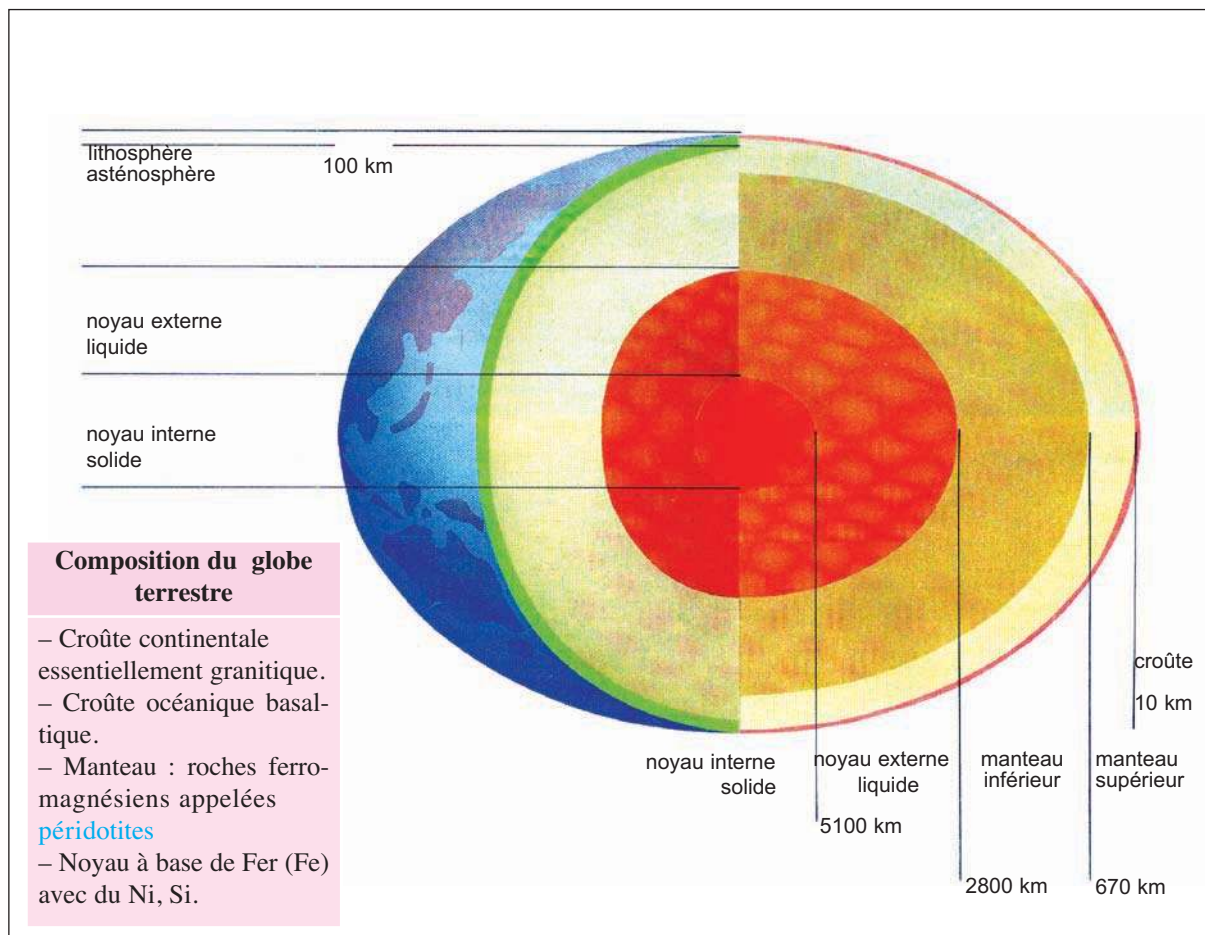
- 1- Comment est née cette théorie ?
- 2- Que signifie-t-elle ?
- 3- Comment cette théorie explique-t-elle les phénomènes géologiques majeurs : sismicité, volcanisme et plissement.
Par exemple, comment peut-on expliquer la genèse de la chaîne montagneuse de l'Atlas tunisien ?
- 4- Peut-on exploiter la théorie de la tectonique des plaques pour prédire l'évolution géologique de certaines régions du globe ?



6a. Montagnes de l'Atlas tunisien (Gafsa)



6b. Localisation de l'Atlas tunisien



7. Le globe terrestre a une structure différenciée

1- La Terre est une masse minérale animée d'une activité intense : sismicité, volcanisme, plissement qui permettent l'évacuation, par le globe terrestre, de quantités considérables d'énergies mécanique et thermique.

2- Dès la première moitié du 20^{ème} siècle, l'étude de la propagation des ondes sismiques (ondes P et S) a permis de déterminer la structure interne du globe terrestre. Cette structure est différenciée ; elle peut être comparée à celle d'un œuf avec ses 3 grandes unités concentriques :

- une fine coquille externe : **la croûte continentale** ou océanique de quelques Km d'épaisseur.
- le " blanc " plus ou moins rigide : **le manteau** qui s'étend jusqu'à 2900 Km de profondeur.
- le " jaune " : **le noyau** de 3500 Km d'épaisseur.

L'étude de la sismicité montre également que seule la partie externe du noyau est liquide alors que les autres parties sont solides ou plus ou moins fluides.

3- Une autre subdivision du globe terrestre permet de distinguer la structure suivante :

- **La lithosphère** : couche externe de 100 Km d'épaisseur constituée de la croûte et du manteau supérieur.
- **L'Asthénosphère** où le manteau devient plus visqueux sur plusieurs centaines de Km d'épaisseur.
- **Le noyau** : des mouvements de la graine sont responsables de la formation du champ magnétique terrestre.

I- WEGENER ET LA DÉRIVE DES CONTINENTS

1 Théorie de la dérive des continents

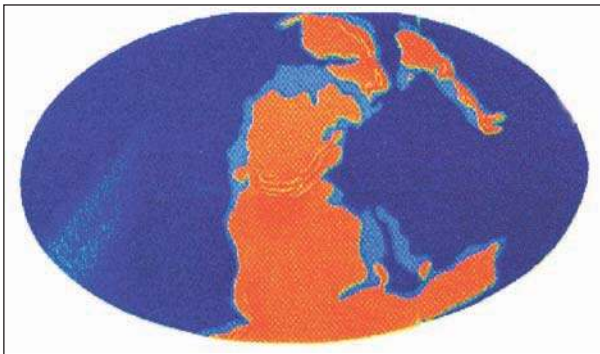
Alfred Wegener s'est interrogé sur la position des continents les uns par rapport aux autres. En 1912 il a conçu la théorie de la dérive des continents en réponse à cette interrogation. Cette théorie peut être résumée par cette situation :

« A l'origine se trouvait un seul super-continent, la **Pangée** qui s'est fragmentée pour donner les continents actuels ».

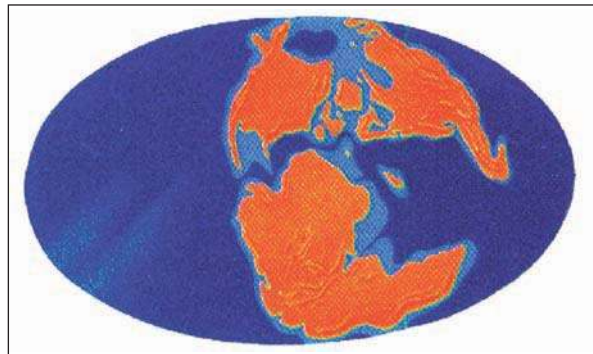
Les documents ci-dessous (9, 10, 11 et 12) présentent les étapes de cette évolution des continents.



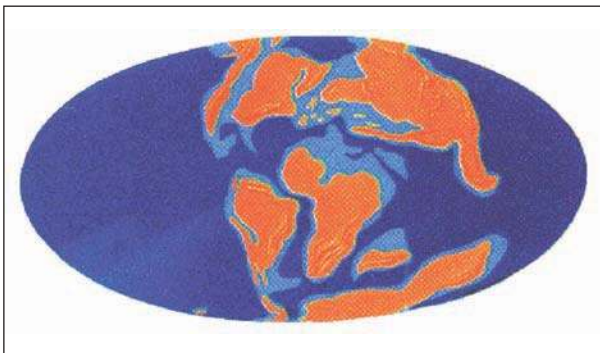
8. Alfred Wegener (1880-1930) est géophysicien et météorologiste allemand. Il a conçu la théorie de la dérive des continents au cours de ses expéditions aux Groelands



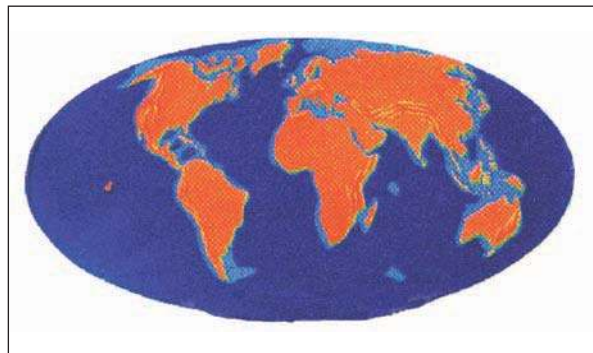
9. - 200 millions d'années : il y a un seul continent la Pangée



10. 180 millions d'années : séparation de l'Antarctique du Gondwana au sud



11. - 120 million d'années : ouverture de l'Atlantique sud et morcellement du Gondwana



12. Actuel

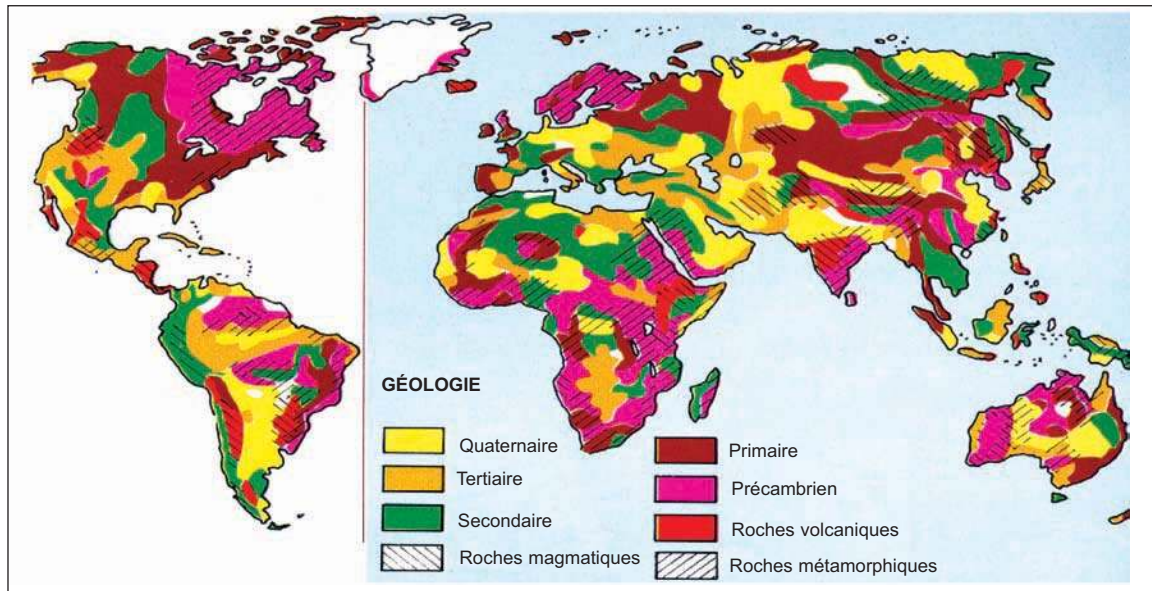
- 1- A partir de l'analyse des documents 9, 10, 11 et 12 :
 - indiquez la composition du Gondwana.
 - décrivez l'évolution de l'Amérique, de l'Afrique, de l'Inde et de l'Australie.
- 2- Quelles preuves géographiques peut-on chercher pour valider cette théorie ?

2 Preuves de la «*dérive des continents*»

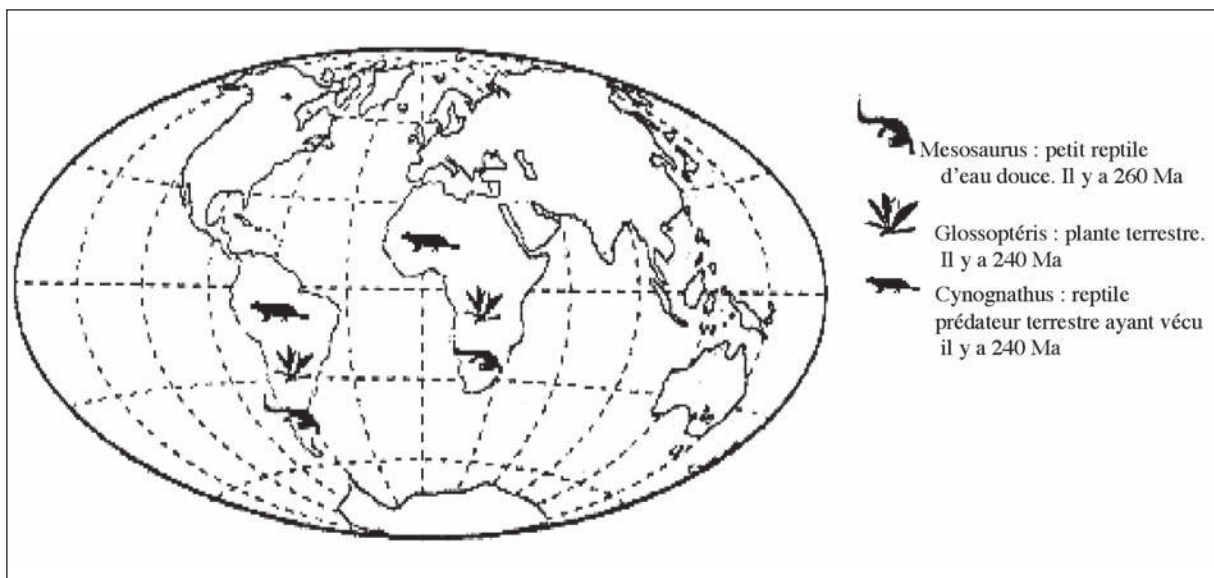
- 1- Comparez la forme de la bordure Est de l'Amérique du sud et celle de la bordure ouest de l'Afrique.
- 2- Analysez les documents ci-dessous (14 et 15).
- 3- Déduisez des preuves en faveur de la théorie de la dérive des continents.

13. Des chaînes de montagnes séparées par des océans mais de même composition et de même âge

Les Appalaches (Est de l'Amérique du nord), les Mauritanides (Nord-Ouest de l'Afrique) et les Calédonides (Iles Britanniques et Scandinavie) sont trois chaînes de montagnes présentant les mêmes structures géologiques et se sont formées en même temps entre 470 et 350 millions d'années.



14. Cartes géologiques



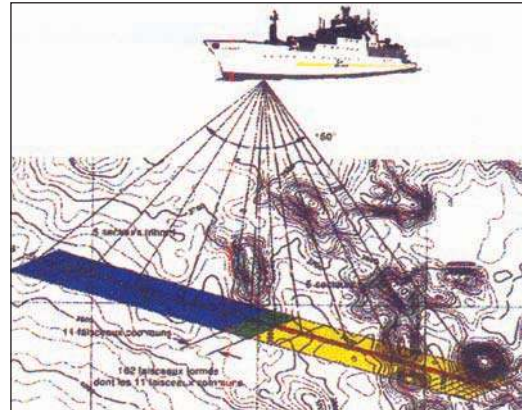
15. Répartition de certains fossiles en Afrique et en Amérique du sud

II- LA THÉORIE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES

1

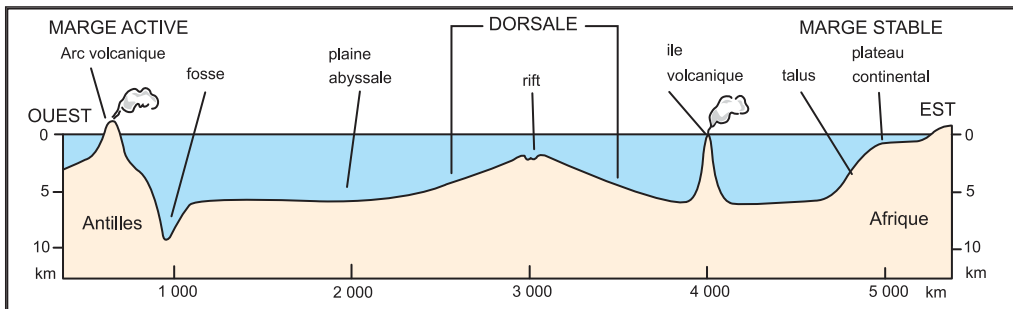
La dorsale médio-atlantique et l'expansion de l'océan atlantique

En 1925 – 27, l'expédition du Navire Meteor a permis aux géologues de découvrir une chaîne montagneuse au milieu de l'océan Atlantique, de direction Nord-Sud. En 1950, des chercheurs des Sciences de la Terre ont pu établir la carte globale des fonds océaniques : les dorsales médio-océaniques existent dans tous les océans Atlantique, Pacifique et Indien sur ≈ 60 000 Km de longueur (document 1)



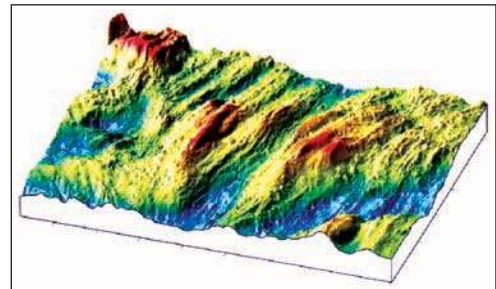
16. Technique pour photographier les reliefs sous-marins (utilisation des ondes acoustiques)

A - Structure de la dorsale médio-atlantique



17. Topographie de l'océan atlantique

La dorsale médio-atlantique (documents 18) est une chaîne de montagnes de 2 à 3 Km d'altitude et de 2000 à 3000 Km de large. Elle présente une vallée axiale profonde de 1 à 3 Km, large de 20 à 50 Km, fracturée par de multiples failles et présentant un volcanisme intense. Cette vallée axiale est appelée : Rift.



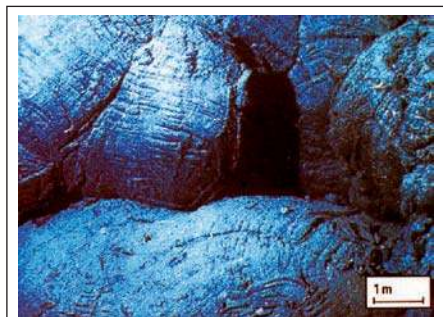
18. Reconstitution numérique de la dorsale médio-atlantique

B-Comment fonctionne la dorsale médio-atlantique ?

Au niveau du rift, il y a remontée à partir de l'asthénosphère de magma basaltique qui s'épanche de part et d'autre de la dorsale. Ce magma se refroidit par l'eau de mer, se solidifie et se transforme en croûte océanique.

Ce phénomène de création de croûte océanique à partir de roches de l'asthénosphère est appelé : **accrétion océanique**.

L'observation de la croûte océanique permet de remarquer que les basaltes ont la forme de « coussins » : ce sont les « **Pillow Lavas** ».



19. Lave basaltique en « coussins » : «Pillow Lavas»

Les roches de l'asthénosphère ne sont pas liquides, mais fluides, de viscosité 10^{18} fois plus élevée que celle du magma volcanique.

Au cours de sa montée au niveau du Rift, la pression chute plus rapidement que la température. La persistance de la température élevée provoque la fusion des roches en magma basaltique.

Par l'accrétion, la surface de la croûte s'agrandit au niveau du rift, par apport de matériaux magmatiques à partir de l'asthénosphère.

Par l'accrétion océanique, il se forme, continuellement une nouvelle croûte océanique qui pousse la croûte préexistante plus ancienne.

- 1- Préciser la nature et l'origine de la croûte océanique.**
- 2- L'observation du phénomène d'accrétion océanique a permis aux chercheurs (Harry Hess) en sciences de la terre de déduire que l'accrétion océanique entraîne l'élargissement de l'océan atlantique appelé expansion océanique.**
 - a- Montrer la relation entre ces deux phénomènes.**
 - b- Indiquez à quel niveau a lieu l'expansion océanique.**
- 3- Quelle relation pouvez-vous faire entre l'expansion océanique et la dérive des continents ?**

C - La croûte de l'océan Atlantique a-t-elle partout le même âge ?

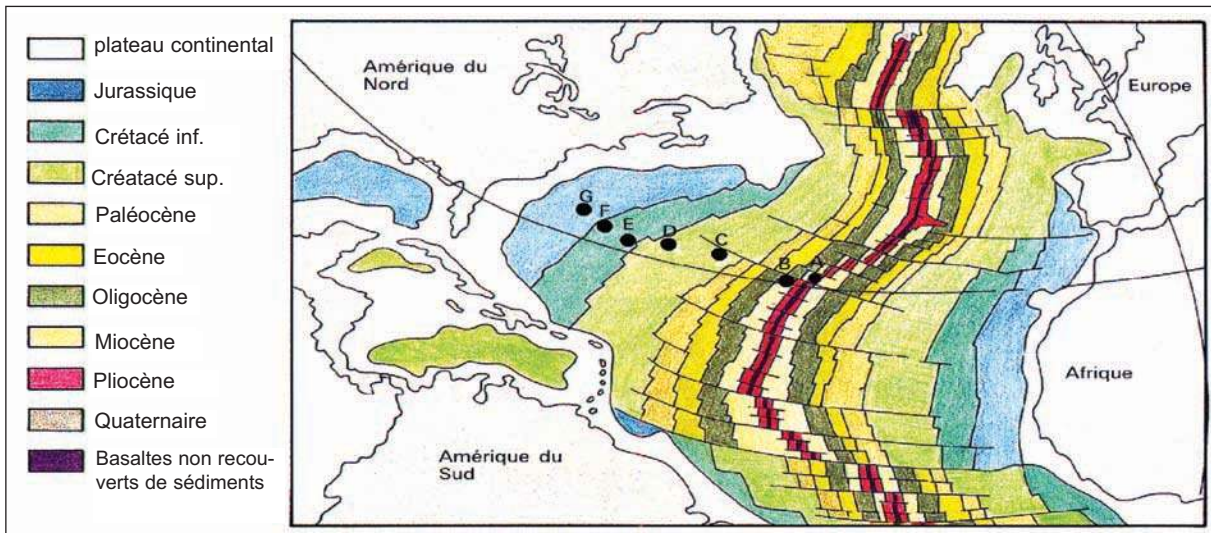
L'accrétion océanique observée au niveau des rifts des dorsales océaniques a permis de formuler l'hypothèse de l'expansion océanique, cette hypothèse permet de déduire :

- que l'âge de la croûte océanique augmente au fur et à mesure qu'on se déplace du rift vers la marge continentale.
- que cette variation de l'âge de la croûte est symétrique par rapport au rift.

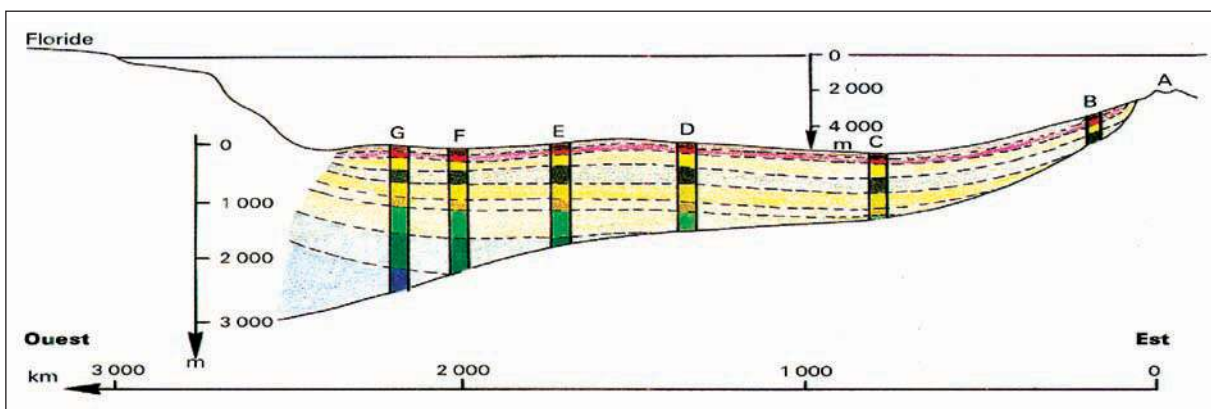
Les documents 20 et 21 présentent la variation de l'âge et de la profondeur du plancher de l'océan atlantique.

- 1- Analysez le document 20.
- 2- Reproduisez et complétez le tableau ci dessous, en exploitant les données présentées par les documents 20 et 21.
- 3- Expliquez comment les informations saisies de l'analyse des documents 20 et 21 sont en accord avec l'hypothèse de l'expansion océanique.
- 4- Montrez comment on peut calculer la vitesse de l'expansion océanique, en exploitant les données des documents (20, 21).

Plancher océanique au niveau du site :							
	A	B	C	D	E	F	G
Epaisseur des sédiments							
Age du plancher basaltique							

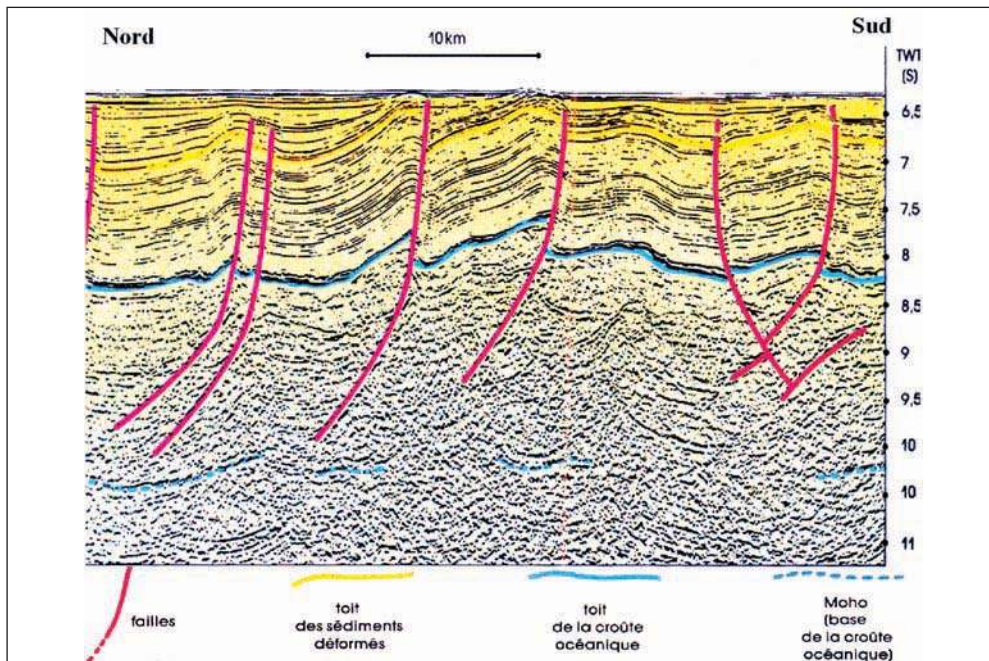


20. Carte de la variation de l'âge du fond océanique



21. Coupe du fond atlantique entre le rift et l'Amérique

Le document (22) ci-dessous montre une portion de croûte océanique surmontée de couches sédimentaires plissées et fracturées par de nombreuses failles.



22. Reconstruction à partir de la sismicité d'une coupe de la croûte et du manteau au niveau de l'océan Indien. L'échelle verticale donnée en secondes, mesure le temps mis par les ondes sismiques pour faire le trajet aller-retour.

En exploitant les documents 21 et 22,

- préciser l'origine des sédiments.
- décrivez l'évolution de la croûte océanique du rift à la marge continentale : âge, épaisseur et pesanteur.

D - Une autre preuve de l'expansion océanique : le paléomagnétisme

Le globe terrestre présente un pôle nord et un pôle sud géographiques constants. L'utilisation d'une boussole permet de repérer le **nord magnétique**, actuellement décalé par rapport au nord géographique.

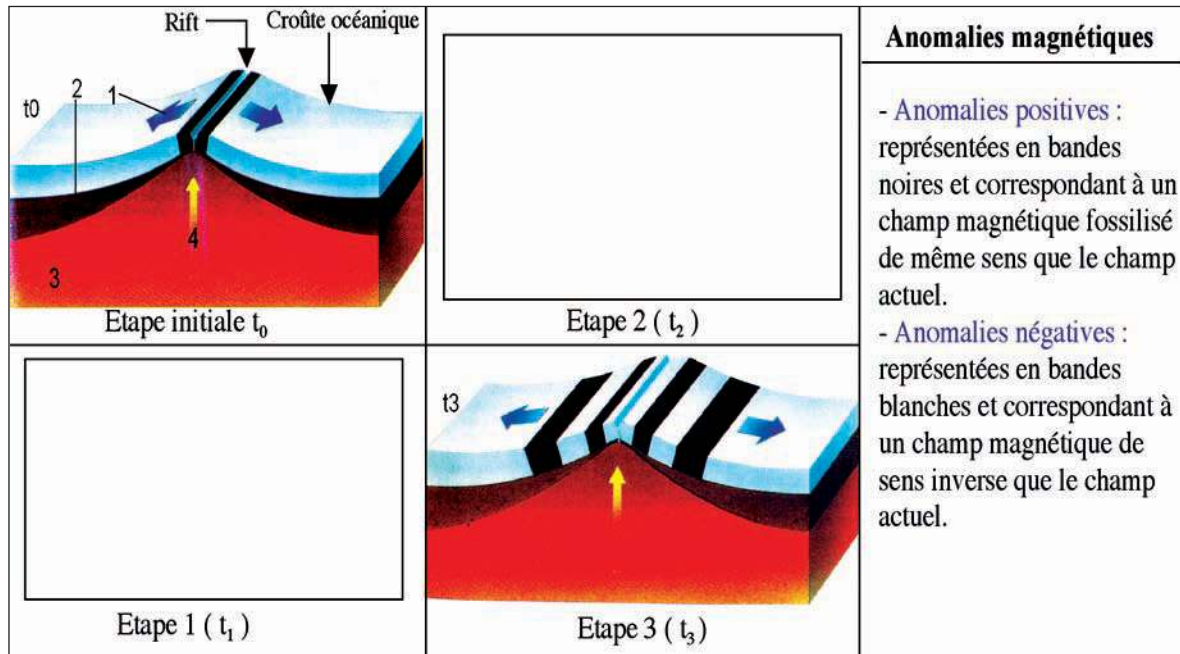
On peut déterminer la direction et le sens du nord magnétique dans les basaltes de la croûte océanique dont l'âge est de plus en plus ancien en allant, du rift vers la marge continentale.

Les laves basaltiques riches en éléments ferrigineux émises par le rift s'aimantent selon le **champ magnétique** ambiant de l'époque. Lorsque la roche refroidit elle conserve l'orientation du **champ magnétique ancien** : il y a en quelque sorte **fossilisation du champ magnétique** de l'époque.

L'étude du **paléomagnétisme** de la croûte océanique du rift vers la marge continentale révèle :

– que le nord magnétique n'est pas **stable** au cours des temps géologiques. Il subit même des **inversions** passant du nord au sud et du sud au nord pendant quelques millions d'années. Ces **inversions** sont appelées **anomalies magnétiques**.

– que les anomalies magnétiques sont réparties de façon identique de part et d'autre de la dorsale océanique : les roches de même âge ont la même polarité magnétique.



23. Schéma montrant la succession des anomalies magnétiques à partir du rift

Le document ci-dessus (23) montre les inversions magnétiques au cours de 4 périodes géologiques t_0 , t_1 , t_2 et t_3 , successives à l'accrétion océanique.

- 1- Complétez la légende de la figure au temps t_0 .
- 2- Complétez le document par des schémas au temps t_1 et t_2 .
- 3- Montrez comment l'alternance dans la croûte océanique de basalte de polarité magnétique opposée :
 - constitue une preuve de la théorie de l'expansion océanique.
 - permet de calculer la vitesse de l'expansion océanique.

E - Synthèse des activités

Rédigez un résumé sur l'expansion océanique (mécanisme et preuves) proposée 40 du 20^{ème} siècle par la théorie de Harry Hess (dans les années 40).

2 Les fosses océaniques et le renouvellement de la croûte océanique

A - Données du problème

Les dorsales océaniques parcourent tous les océans sur une longueur totale de 60 000 Km. Elles sont toutes le siège d'une expansion océanique. Mais cette expansion varie selon les dorsales :

- 1 cm/an au niveau de l'océan Indien.
- 3 cm/an au niveau de l'océan Atlantique.
- 6 à 20 cm/an au niveau de l'océan Pacifique.

En moyenne l'accrétion produit une expansion océanique estimée chaque année à $\approx 3,5 \text{ Km}^2$ de nouvelle lithosphère océanique. A ce rythme, la surface totale des fonds océaniques (toute la croûte océanique) serait formée en 100 millions d'années.

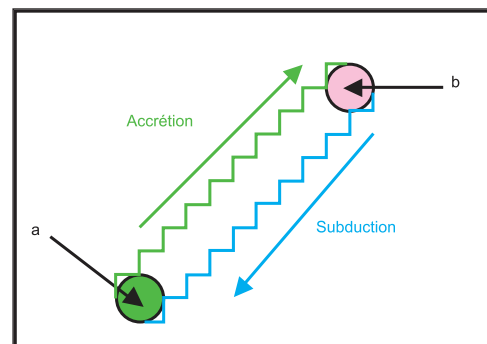
- Or : – la surface totale du globe terrestre est constante.
 - l'âge de la terre est de 4,6 milliards d'années et l'âge de certaines parties de la croûte continentale a été estimé à $\approx 3,5$ milliards d'années, mais la croûte océanique est plus jeune et l'âge de la croûte la plus ancienne ne dépasse pas 175 millions d'années.
- Alors comment expliquer : – la constance de la surface du globe terrestre malgré l'expansion océanique permanente ?
 - la jeunesse relative de la croûte océanique par rapport à la croûte continentale et à l'âge de la terre ?

B - Hypothèse

En 1960, Harry Hess formula l'hypothèse du **renouvellement océanique** : autant de lithosphère océanique disparaît que de lithosphère océanique formée par accrétion.

Hess compare la lithosphère océanique à un trottoir roulant (ou tapis roulant des grandes surfaces commerciales) :

- la zone d'accrétion correspond à la région de remontée du tapis («a» document 24 ci-contre).
- la zone de disparition appelée **subduction** correspond à la région de descente du tapis («b» document 24 ci-contre).

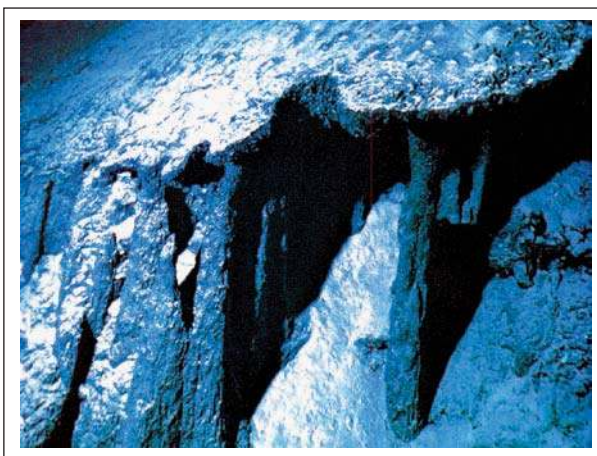


24. Modèle d'un trottoir roulant

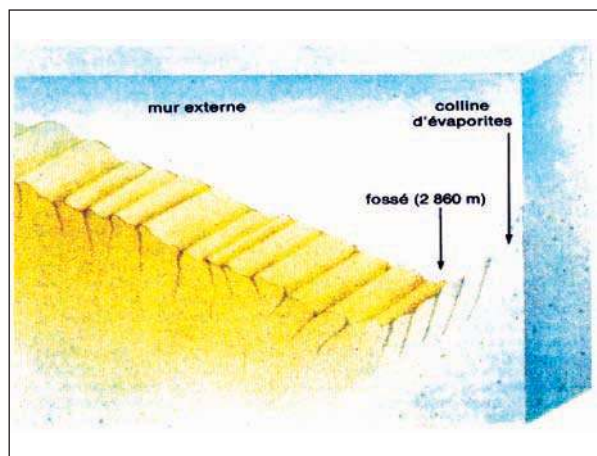
Montrez comment cette hypothèse permet-elle de répondre au problème posé ci-dessus ?

Mais où se trouvent ces zones de subduction et comment fonctionnent-elles ?

C - Les fosses océaniques siège de la subduction



25. Fosse «ionienne» au Nord Est de la méditerranée (sous l'Italie)



26. Fosse hellénique, phénomène de compression et de sédimentation au niveau d'une fosse méditerranéenne

a) Les fosses océaniques, une marge active

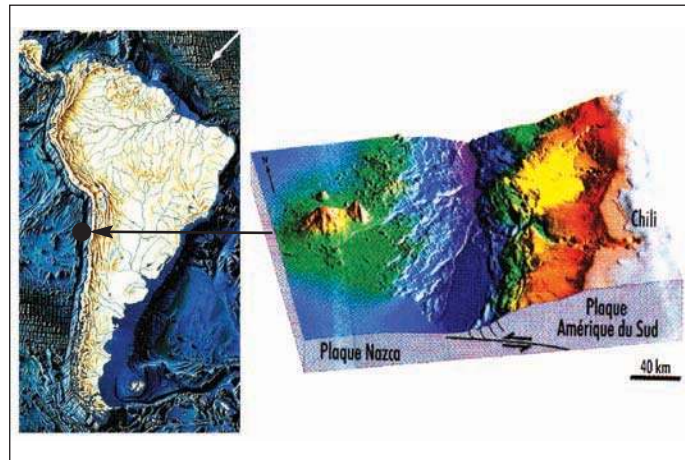
Le globe terrestre présente des fosses océaniques profondes situées principalement autour de l'océan Pacifique. La fosse la plus profonde est la fosse des Mariannes, profonde de 10915 m. certaines bordent le nord de la méditerranée Est comme la fosse ionienne (sud d'Italie)

Les fosses océaniques représentent 32 000 Km de marges actives caractérisées par des séismes fréquents et profonds (hypocentre situé à plusieurs centaines de Km).

b) Les fosses océaniques, une juxtaposition de 2 structures sédimentaires différentes

Au large de Guatemala, des forages dans l'axe de la fosse océanique montrent :

- l'existence de sédiments planctoniques qui recouvrent la croûte océanique. Ces sédiments âgés d'une vingtaine de millions d'années proviennent de la région de la dorsale du Pacifique.
- les sédiments de la bordure continentale voisine sont d'origine continentale et présentent un âge beaucoup plus ancien.



27. Fosses de la cordillère des Andes

Montrer que les données (a et b) sont en accord avec l'hypothèse de la subduction.

c) Les fosses océaniques, une sismicité particulière !

Relation entre la température des roches et la production de séisme

«Un séisme se produit au sein d'une couche rigide mais capable de se déformer élastiquement sous l'action de forces internes du globe terrestre. Lorsque le seuil d'élasticité est dépassé, il y a rupture le long d'un plan de faille et rebondissement de chacune des portions de part et d'autre de la faille. On peut utiliser l'analogie du morceau de caoutchouc qu'en étire jusqu'à la rupture. C'est le phénomène de séisme : le rebondissement est à l'origine des ondes sismiques qui se propagent à partir de la zone de rupture.

Si la température de la roche dépasse 450 à 600°C la roche devient élastique et le seuil de rupture n'est jamais atteint : dans ce cas il ne se produit pas de séismes.

Les séismes ne peuvent normalement se produire que dans la zone, dont la température ne dépasse pas 600°C donc dans les 40 Km supérieurs de la lithosphère».

Les séismes profonds, une anomalie, significative !

Dans les fosses océaniques, des séismes ont lieu jusqu'à une profondeur de 700 Km. A cette profondeur il y a donc des roches dont la température est inférieure à 600°C. c'est de la lithosphère de la croûte océanique qui s'enfonce dans l'asthénosphère dont la température est supérieure à 1300°C. Ce phénomène est appelé **subduction**.

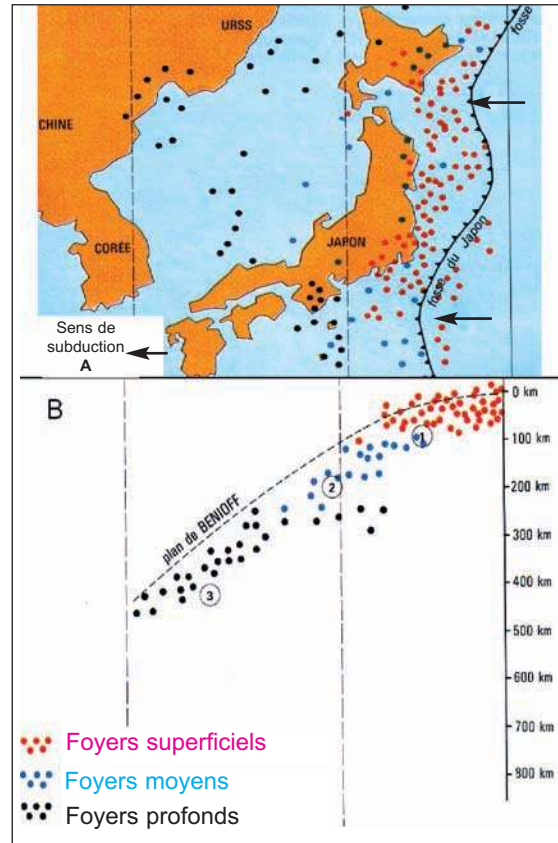
- 1- Indiquez pourquoi les séismes profonds sont considérés comme des faits exceptionnels.
- 2- Montrez comment les séismes profonds dans les fosses constituent une preuve de la subduction : disparition de la lithosphère océanique dans le manteau.

d) Plan d'inclinaison de la subduction !

Le document 28 ci-contre présente :

- A : la répartition des séismes par rapport à la fosse de subduction au niveau du Japon.
- B : le plan de subduction appelé plan de BENIOFF.

Montrez comment les données présentées dans le document 28A permettent d'établir le modèle du document 28B.

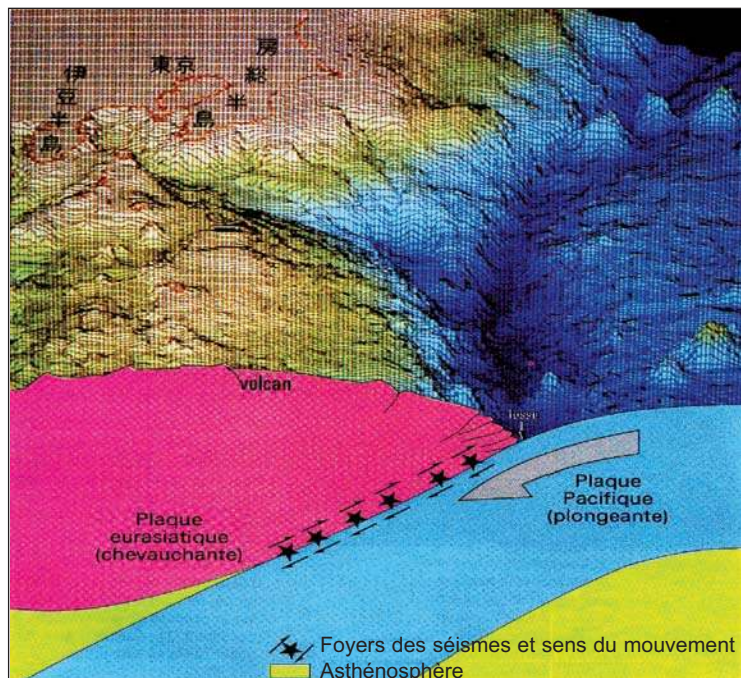


28. La répartition des foyers selon le plan de BENIOFF

e) La subduction : quand la lithosphère s'enfonce dans l'asthénosphère !

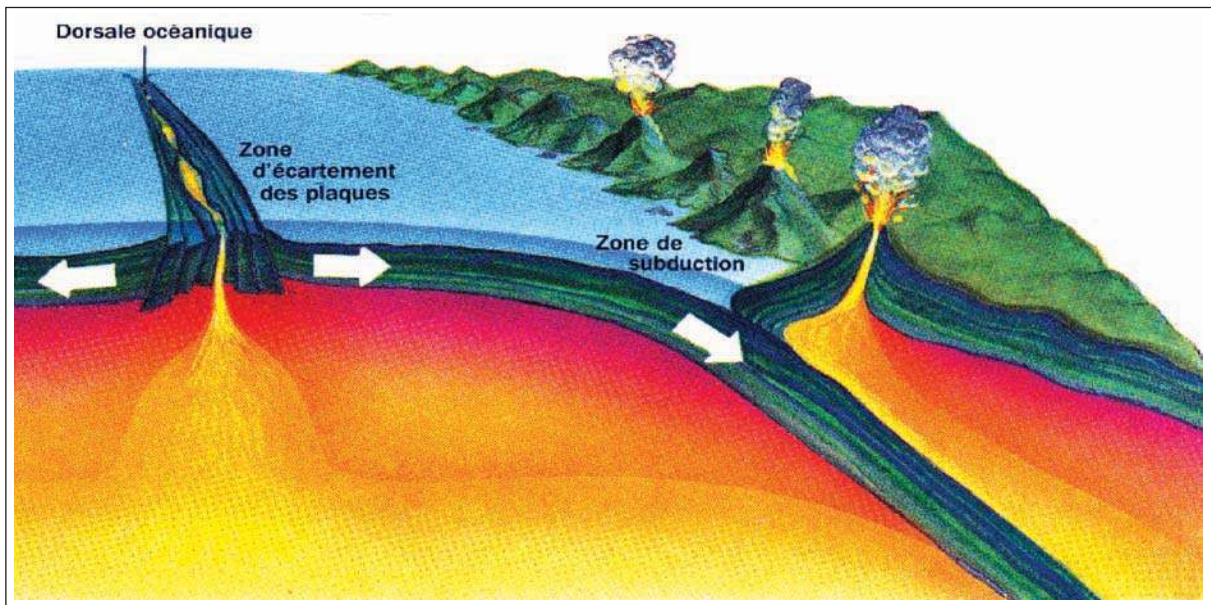
Au niveau des fosses océaniques, il y a disparition de la lithosphère océanique qui plonge en profondeur pour rejoindre l'asthénosphère. C'est le phénomène de subduction (document 29 ci-contre). La vitesse de la subduction est estimée à 9 cm / an. En 10 à 20 millions d'années, 900 à 1800 Km de lithosphère sont disparus par subduction dans l'asthénosphère.

- 1- A partir de l'analyse du document 29 expliquez pourquoi la subduction est source de séismes et de volcans.
- 2- Comparez les mécanismes et les conséquences de l'accrétion océanique à ceux de la subduction.



29. Schéma de la subduction

3 Le couple «Accrétion - Subduction»



30. Représentation schématique de l'accrétion et de la subduction

- Au niveau **des rifts** des dorsales océaniques, **l'accrétion** :
 - * produit de la lithosphère à partir du magma provenant de l'asthénosphère.
 - * entraîne l'expansion océanique.
 - * provoque une activité tectonique intense : séismes et volcanismes (basaltique).
- Au niveau des **fosses océaniques** situées en bordure des autres océans (Pacifique, Indien, Méditerranéen), **la subduction** :
 - * fait disparaître de la lithosphère océanique qui s'enfonce pour rejoindre l'asthénosphère.
 - * compense l'expansion océanique.
 - * provoque une activité tectonique intense : **séismes et volcanismes** (à andésite).

* Au cours de son plongement, la lithosphère est soumise à des déformations importantes à l'origine de séismes.

* Au cours de la subduction, la lithosphère plongeante s'échauffe et fondent entre 150 et 200 Km de profondeur. Ces roches fondues remontent à l'état de magma pour donner des volcans.

- **Du rift d'accrétion aux fosses de subduction** :
 - * la croûte océanique formée se déplace en vieillissant.
 - * la croûte océanique formée s'épaissit en vieillissant.
 - * la croûte océanique formée s'alourdit en s'épaississant.
 - * la croûte océanique alourdie finit par disparaître, par subduction.

Montrez comment l'accrétion et la subduction permettent d'expliquer :

- 1- pourquoi l'âge de la croûte océanique est plus jeune que la croûte continentale : l'âge de la première ne dépasse pas 180 millions d'années alors que l'âge de la deuxième peut atteindre 3,7 milliards d'années.
- 2- pourquoi l'âge de la croûte océanique ne dépasse jamais 180 millions d'années.
- 3- pourquoi la surface du globe terrestre est constante malgré l'expansion océanique permanente.
- 4- pourquoi les séismes et les volcans ont une répartition bien déterminée sur le globe terrestre.

4

L'expansion océanique et la subduction prouvent l'existence de plaques lithosphériques mobiles

A - La théorie de la tectonique des plaques

<p> Frontières divergentes Frontières coulissantes Frontières convergentes Vecteurs mouvements absolus des plaques </p>	<p>Qu'est-ce qu'une théorie ?</p> <p>C'est un ensemble de lois systématiquement organisées servant de base à une Science et qui donnent l'explication du plus grand nombre de faits possibles.</p>
	<p>Pères de la théorie de la tectonique des plaques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jason Morgan (Américain) - Dane Mc Kinzie (Britannique) - Robert Parker (Britannique) - Xavier Le Pichon (français)

31. Représentation des plaques lithosphériques

La découverte des dorsales et des fosses océaniques et la connaissance de leur fonctionnement : accréation au niveau des dorsales et subduction au niveau des fosses a permis à des chercheurs des sciences de la Terre d'élaborer en 1968 une **théorie révolutionnaire : la tectonique des plaques**.

L'**accréation** et la **subduction** délimitent une portion de lithosphère épaisse d'une centaine de Km, constituée de la croûte terrestre (océanique ou / et continentale) et d'une partie du manteau supérieur et appelée **plaque lithosphérique**.

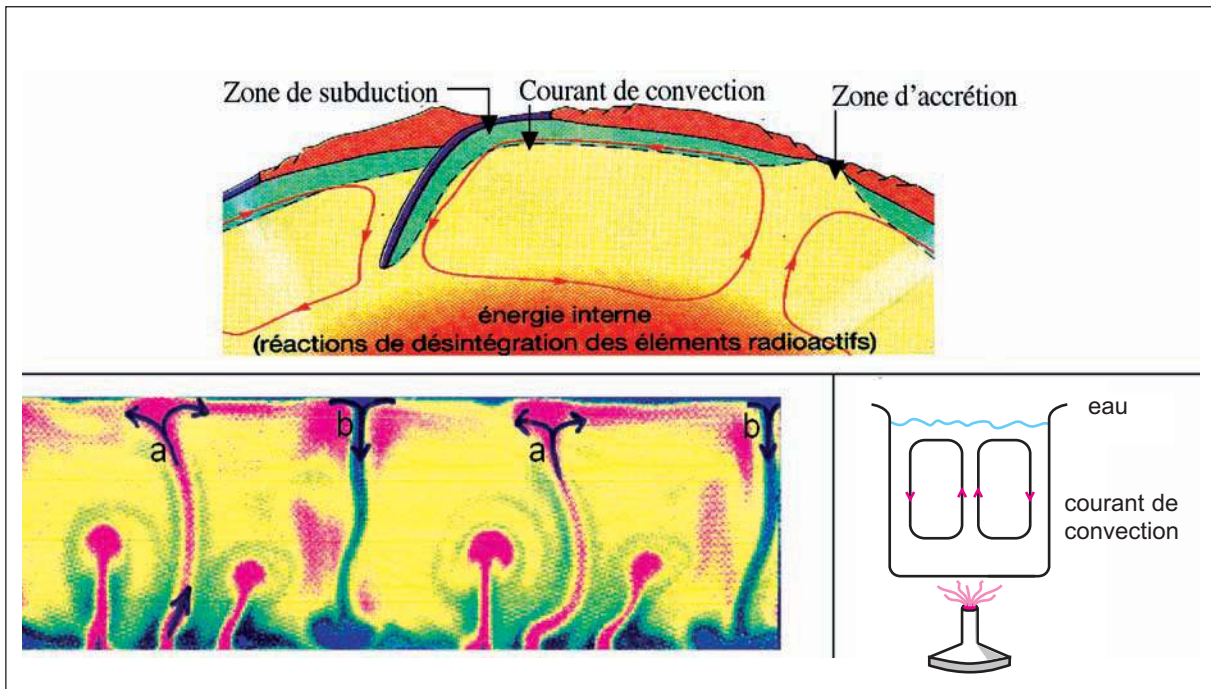
Selon la théorie de la tectonique des plaques, l'enveloppe externe (croûte + manteau supérieur) du globe terrestre est découpée en une mosaïque de plaques lithosphériques qui se déplacent les unes par rapport aux autres au-dessus d'un milieu plus chaud, solide et visqueux : **l'asthénosphère**.



32. Xavier Le Pichon

- 1- Analyser le document 31.
- 2- Décrivez la plaque africaine : sa superficie, ses frontières et son déplacement.
- 3- Nommez et comparez les autres plaques.

B - Moteur de la tectonique des plaques : Qu'est ce qui fait déplacer les plaques ?



33. Représentation des courants de convection (a : courant chaud ; b : courant froid)

L'asthénosphère est un milieu caractérisé par une matière chaude et peu dense. Elle est surmontée par un milieu (lithosphère) où la matière est moins chaude et plus dense. Le contact entre ces deux sources thermiques : chaude en profondeur et froide en surface entraîne l'établissement de courants d'échange de matière appelés **courants de convection**. Les courants de convection entraînent la matière chaude vers la surface au niveau des rifts des dorsales océaniques et ramènent la matière froide plus dense vers l'asthénosphère, au niveau des zones de subduction.

Les **courants de convection** représentent donc un **moteur thermique** complexe comparable au bouillonnement d'une soupe dans une marmite. Ils sont responsables des déplacements des plaques lithosphériques qui glissent sur l'asthénosphère.

Rappelez sous quelle forme l'énergie interne de la terre est-elle dissipée.

5

La théorie de la tectonique des plaques explique les phénomènes géologiques majeurs

Les **plaques lithosphériques dérivent** les unes par rapport autres entraînées par les **mouvements de convection dans l'asthénosphère**. Leurs **frontières** sont le siège d'**activités tectoniques variées** : sismicité, volcanisme et orogénèse (formation de chaînes de montagnes).

A - La théorie de la tectonique des plaques explique la répartition des séismes et des volcans

a) Frontières des plaques et répartition des volcans et des séismes

Les séismes et les volcans se produisent au niveau des frontières des plaques lithosphériques :

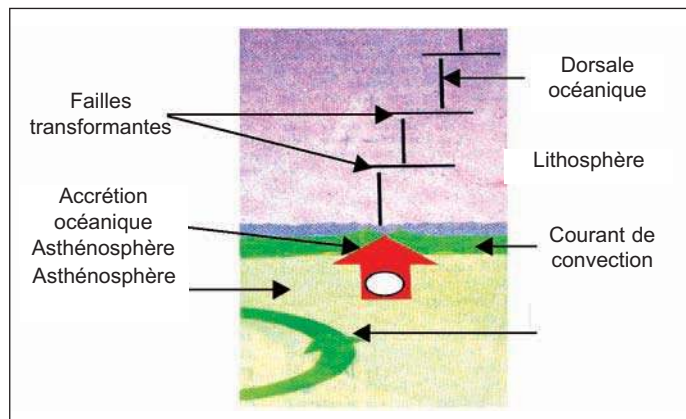
- les rifts : zones d'écartement ou de **divergence des plaques**.
- les fosses de subduction : zones de **convergence des plaques** lithosphériques.

Pour vérifier l'hypothèse que les frontières des plaques sont des **régions tectoniquement actives** en contraste avec le centre des plaques qui est une **région calme tectoniquement ou passive**, on réalise l'expérience suivante :

- superposez les cartes de la répartition des séismes et des volcans sur la carte des plaques lithosphériques.
- déduisez sur la validité ou la non validité de l'hypothèse.

b) La divergence des plaques source de sismicité et de volcanisme.

– Au niveau de la dorsale océanique le rift n'est pas une seule **fissure rectiligne**, c'est un ensemble de fissures décalées reliées par des failles dites **failles transformantes** (document 34a ci-contre).



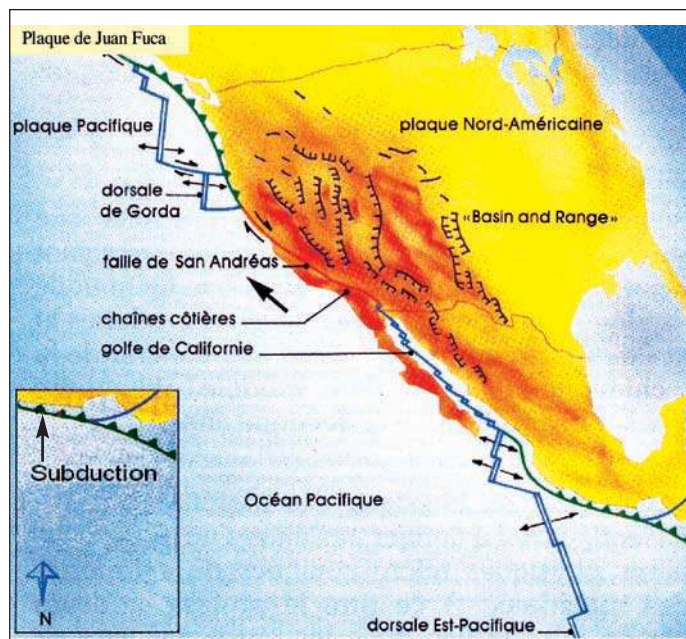
34a. Failles transformantes

Le document 34b ci-contre présente la faille de **San Andrés** au USA qui est une faille transformante limitant trois plaques. Elle affecte à la fois la lithosphère océanique et la lithosphère continentale.

Nommez ces trois plaques.

– Le rift est le siège de **volcanisme basaltique**. L'**accrétion** permet la remontée des **péridotites** (roches solides de l'asthénosphère) vers la surface. Au cours de leur remontée, ces roches fondent et donnent un **magma basaltique**.

Rappelez pourquoi ces roches solides dans l'asthénosphère fondent-elles en remontant à la surface.



34b. La faille de San Andrés (en rouge) traverse la ville de San Francisco

c) La convergence des plaques source de sismicité, de volcanisme et de chaînes de montagnes

Lorsque deux plaques lithosphériques se rencontrent, on parle de phénomène de convergence.

– Cas de la plaque pacifique et de la plaque américaine.

La plaque océanique plonge sous la plaque continentale. Au cours de cette subduction, la plaque plongeante frotte contre la plaque continentale. Ce frottement produit de l'énergie qui se propage à la surface produisant des séismes.

Au cours de la subduction, la lithosphère plongeante s'échauffe. A une profondeur de 150 à 200 Km, certaines roches fondent et remontent à la surface sous forme de magma : ce phénomène produit des **volcans à andésites**.

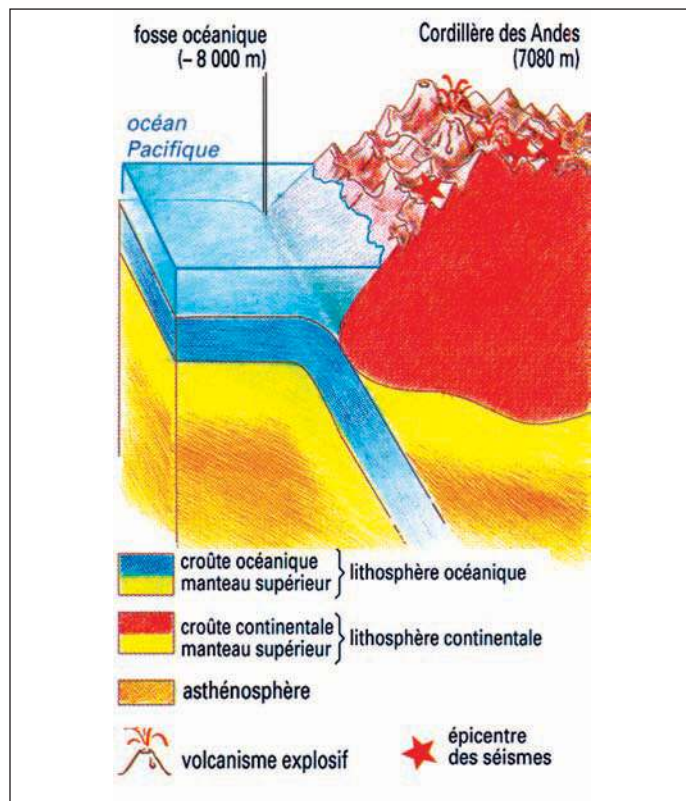
Les andésites sont des roches de composition proches de celles du basalte et de celles des roches sédimentaires continentales.

- 1- Tirez la relation qui se dégage de la comparaison des densités des lithosphères océaniques et continentales (chapitre 1 : structure du globe terrestre) et de leur comportement lors de la subduction ?
- 2- Pour distinguer les volcans à basaltes des rifts et les volcans à andésites en bordure des zones de subduction, comparez les roches à l'origine du magma dans chaque type de volcan.

Le document 35 ci-contre montre la localisation des cordillères des Andes qui est une chaîne de montagnes longue d'environ 10 000 Km et bordant la côte Ouest de l'Amérique du sud.

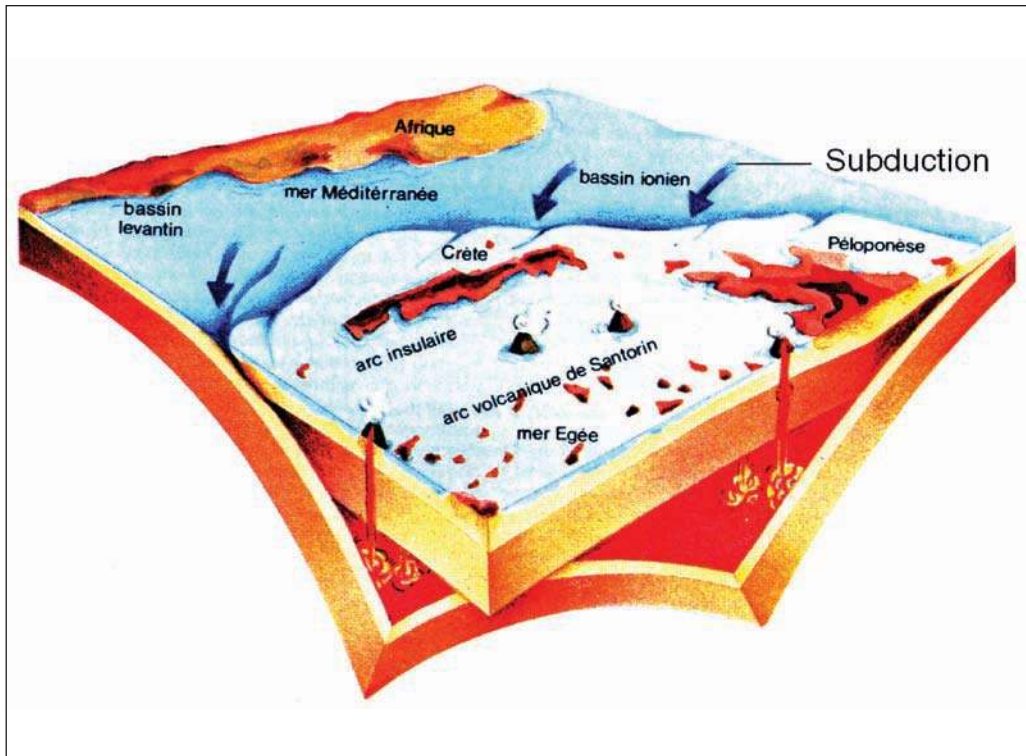
Cette chaîne est qualifiée de **chaîne de subduction**.

En s'appuyant sur l'analyse du document ci-contre (35) expliquez comment la subduction de la plaque pacifique sous la plaque américaine permet la formation de cette chaîne montagneuse.



35. Subduction océan -continent à l'origine de la cordillère des Andes

– Cas de la plaque africaine et de la plaque eurasiatique.



36. Subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique au niveau de la fosse hellénique (Nord méditerranée orientale)

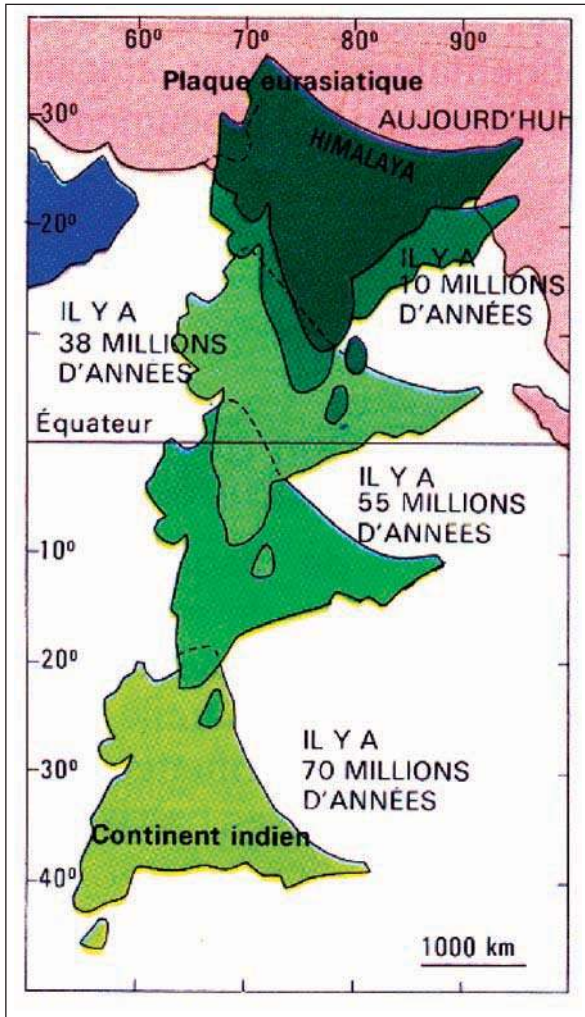
La **fosse hellénique** est une zone de subduction du fond de la méditerranée orientale (bordure de la plaque africaine) qui disparaît sous la plaque eurasiatique, au niveau de l'arc hellénique.

La croûte océanique alourdie par des sédiments de 10 Km d'épaisseur (sables et vases) et enfouie sous 2500 m de profondeur d'eau, plonge dans des fosses de 3000 à 5000 m de profondeur pour rejoindre l'asthénosphère.

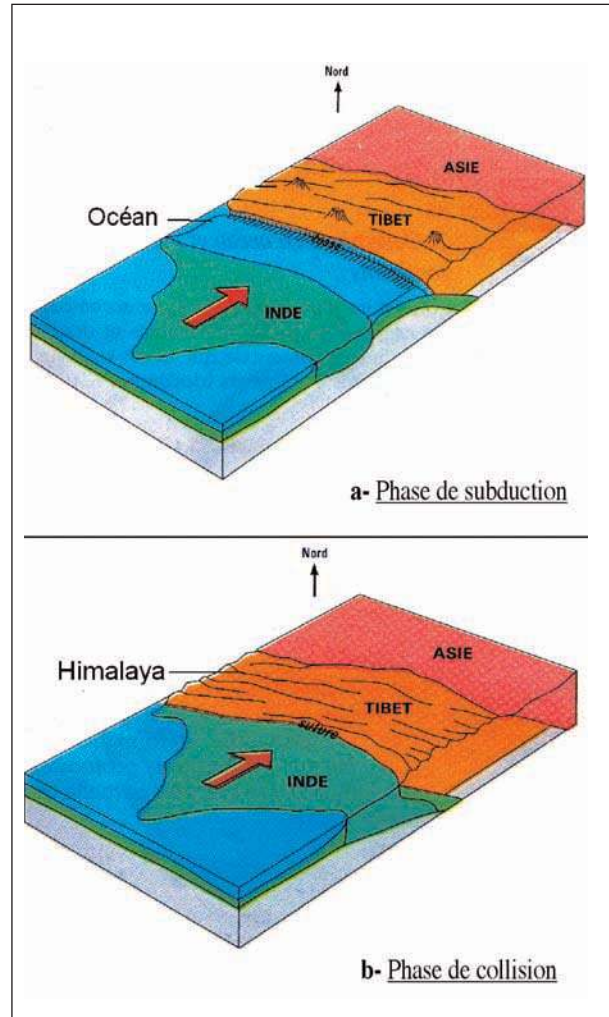
Cette subduction se fait à une vitesse de 4 cm / an.

- 1- Rédigez un paragraphe qui décrit la subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique en utilisant les expressions et les termes suivants : subduction - convergence des plaques - épaisseur de la croûte océanique - fosses océaniques.
- 2- Etablissez une relation entre la subduction décrite dans le document ci-dessus (36) et les séismes fréquents et destructeurs qui frappent la région qui couvre la Grèce et la Turquie.

– Cas de la plaque indienne et de la plaque eurasiatique.



37. Déplacements de la plaque indienne depuis 70 millions d'années



38. Mouvements de subduction (a) et de collision (b) des plaques indiennes et asiatiques

Actuellement l'Inde fait partie du continent asiatique. Entre ces 2 «continents» se dresse la chaîne montagneuse la plus élevée du monde : **L'Himalaya**.

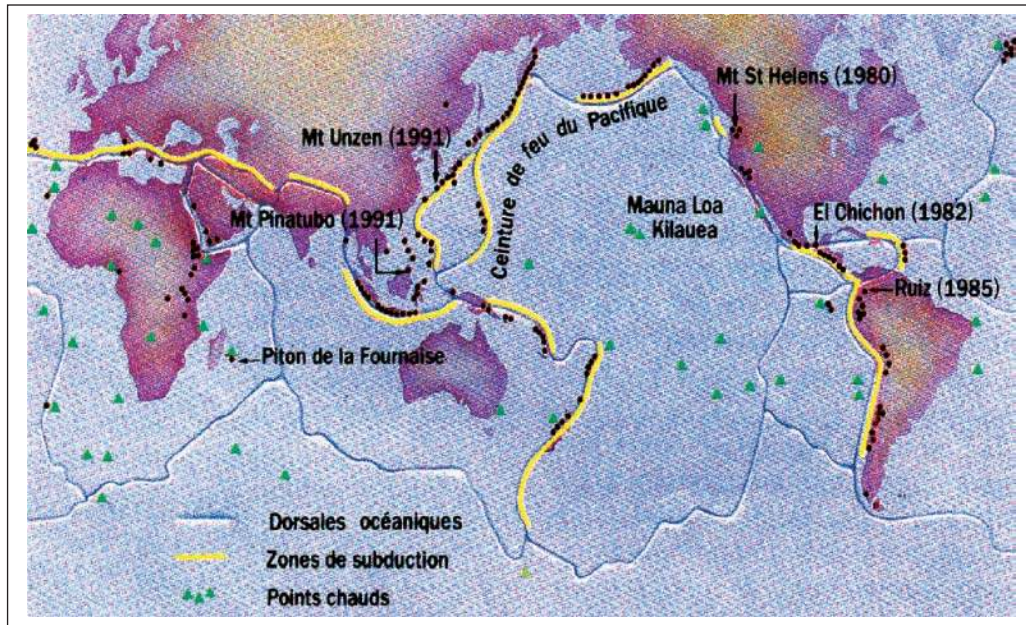
Mais il y a 70 millions d'années, l'Inde était attachée à la plaque africaine.

Les documents ci-dessus (37 et 38) présentent certaines phases de la tectonique de ces deux plaques. A la fin de la phase de subduction, l'Inde entre en **affrontement** avec le continent asiatique : il y a alors **collision** entre la **croûte continentale indienne et la croûte continentale asiatique** (de même densité).

- 1- En exploitant les données du document 37, calculez la vitesse de déplacement de la plaque indienne.
- 2- Indiquez les conséquences de la subduction et de la collision sur l'évolution de l'océan localisé entre les deux continents ainsi que sur l'orogénèse de l'Himalaya.

d) Un troisième type de volcanisme !

Le document 39 ci-dessous montre les principaux volcans actifs qui sont au nombre de 600 à 1000.



39. Les principaux volcans actifs

- 1- Repérez les volcans liés à la divergence des plaques, au niveau des dorsales.
- 2- Repérez les volcans liés à la convergence des plaques au niveau des zones de subduction.
- 3- Repérez un 3^{ème} type de volcans dont on précisera la position par rapport aux plaques.

– Théorie des points chauds.

* En plus des volcans situés au niveau des frontières des plaques, des centaines sont situés au milieu des plaques océaniques ou continentales. Ainsi dans l’océan pacifique de nombreux volcans éteints et alignés forment des archipels d’îles volcaniques : archipel d’Hawaï, archipel des australes...

* Pour expliquer l’origine de ce 3^{ème} type de volcanisme, Tuzo Wilson a proposé en 1965 la théorie des **points chauds**. Pour Tuzo Wilson, il existe de «gigantesques chalumeaux profonds et fixes dont la pointe de la flamme perce la croûte océanique ou continentale, au cours du déplacement de la plaque lithosphérique qui défile comme une tôle sur un chalumeau».

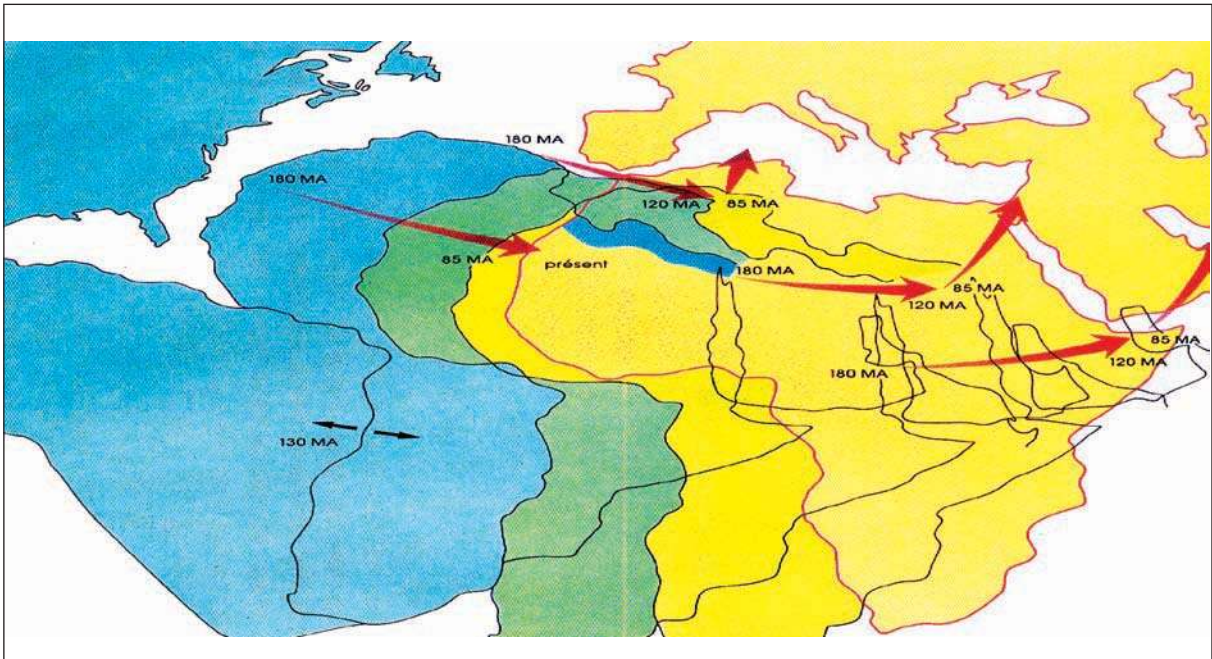
* Ces gigantesques chalumeaux naturels fonctionnent de façon discontinue par intermittence et de chacune des bouffées de leur flamme naît un volcan puis plus tard une île.

40. Archipel des îles d’Hawaï

- Les îles s’alignent sur une direction NW – SE.
- Elles proviennent d’un même magma basaltique.
- Leur âge croît, régulièrement, à mesure qu’on s’éloigne d’Hawaï, l’île la plus extrême a 40 millions d’années.

Montrez que les données des documents 39 et 40 sont en accord avec cette théorie.

B - La théorie de la tectonique des plaques explique l'évolution des océans



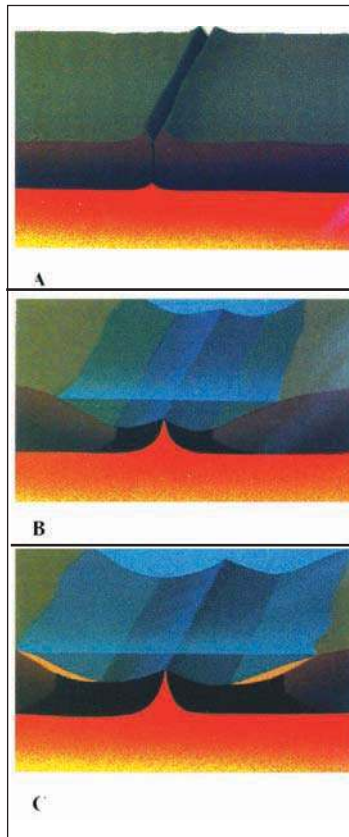
41. Ouverture de l'océan Atlantique et évolution de la Méditerranée

Le document 41 montre le déplacement de la plaque africaine par rapport à la plaque américaine et à la plaque eurasiatique depuis 180 millions d'années jusqu'au temps actuel.

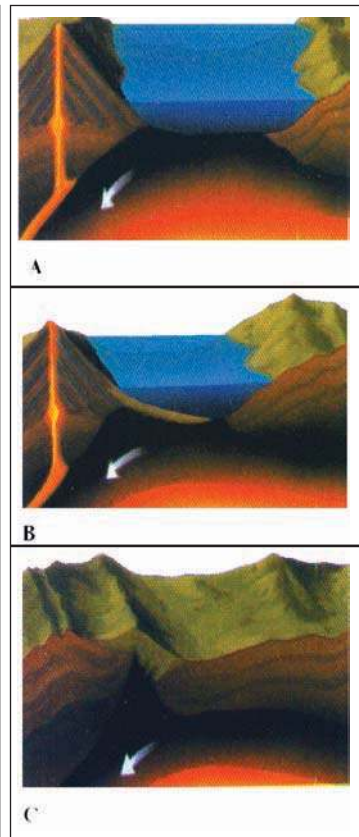
- 1- Précisez le sens de ce déplacement.
- 2- Indiquez l'âge de l'océan atlantique.
- 3- Indiquez les conséquences de ce déplacement sur l'évolution de l'Atlantique et la Méditerranée.

Les documents 42 et 43 ci-contre montrent des étapes de la naissance et de la disparition d'un océan.

- 4- Décrivez le mécanisme représenté.



42. Schéma de la naissance d'un océan



43. Schéma de la disparition d'un océan

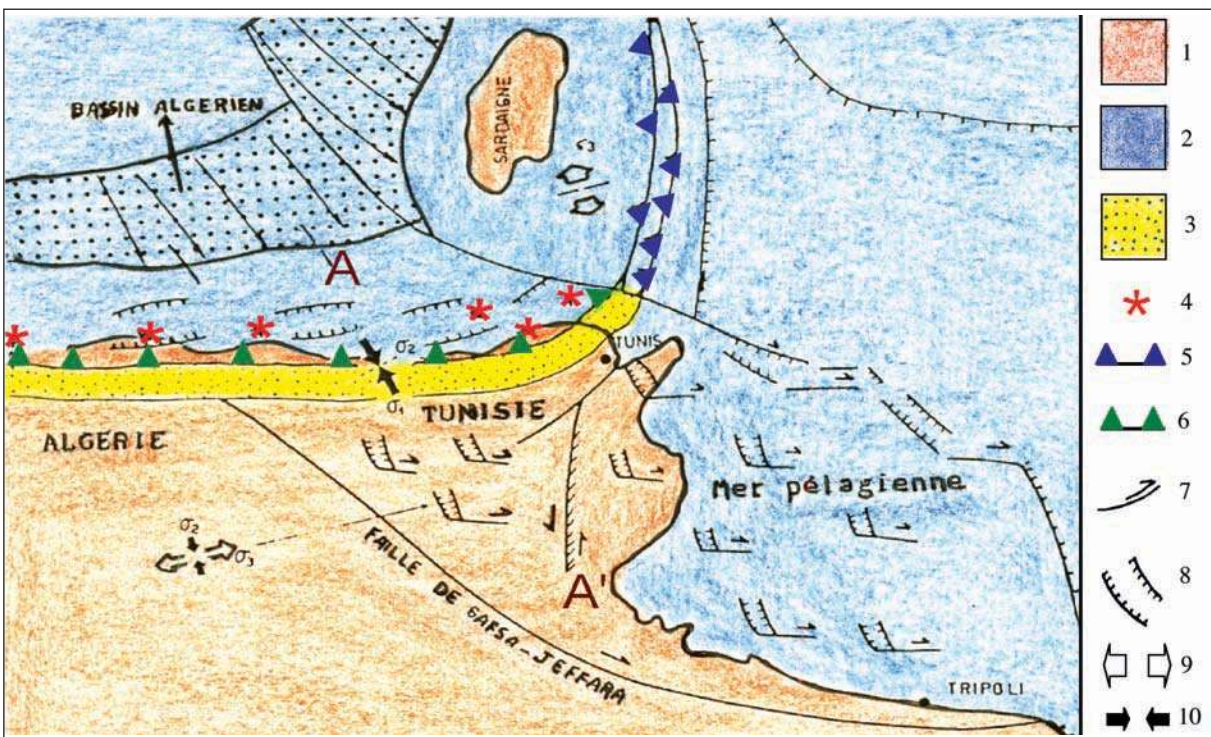
C - La théorie de la tectonique des plaques explique la formation des chaînes de montagnes : cas de l'Atlas tunisien.

La Tunisie se situe en bordure Nord-Est de la plaque africaine. Elle se caractérise géologiquement par des ensembles structuraux parmi les quels figure la chaîne montagneuse de l'atlas tunisien.

L'atlas tunisien comprend 3 parties qui sont du sud au nord :

- Atlas méridional : c'est une succession de deux chaînes de plis de direction NE – SW. On distingue la chaîne des chotts au sud et la chaîne de Gafsa au nord (document 6).
- Atlas central : succession de plis de direction NE – SW et E – W.
- Atlas septentrional : succession de plis anticlinaux de direction NE – SW déversés vers le sud. Ces plis sont limités au nord par la région des «diapirs du Trias».

Les documents suivants (44, 45, 46 et 47) présentent des étapes de l'évolution de la relation entre la plaque africaine et la plaque eurasiatique du miocène au quaternaire. Cette évolution est à l'origine de l'orogénèse de l'atlas tunisien.

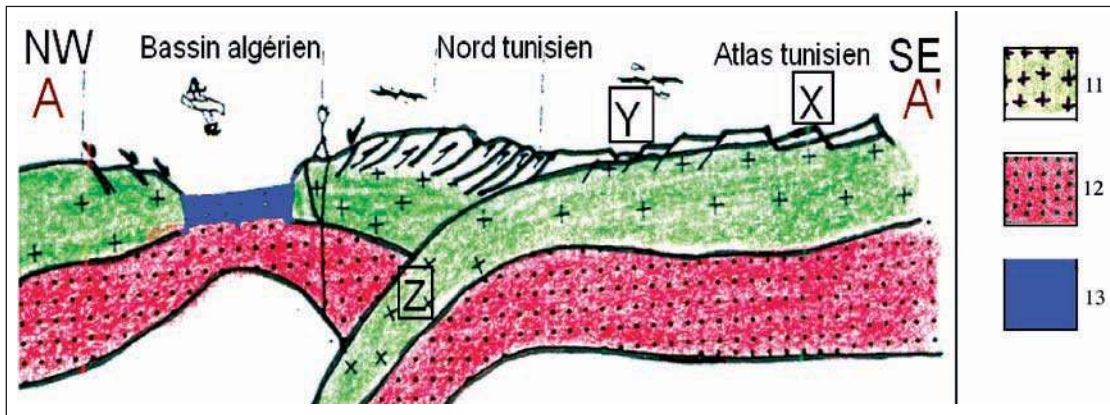


44. Rapport entre les plaques africaine et eurasiatique au miocène inférieur et moyen

1. Le continent ; 2. La méditerranée ; 3. Prisme d'accrétion ; 4. Volcanisme ; 5. Collision ;
6. Subduction ; 7. Faille ; 8. Plis ; 9. Zone en distension ; 10. Zone en compression.

1- Repérez la zone de subduction.

2- Déduisez ses conséquences de part et d'autre de la zone de subduction.

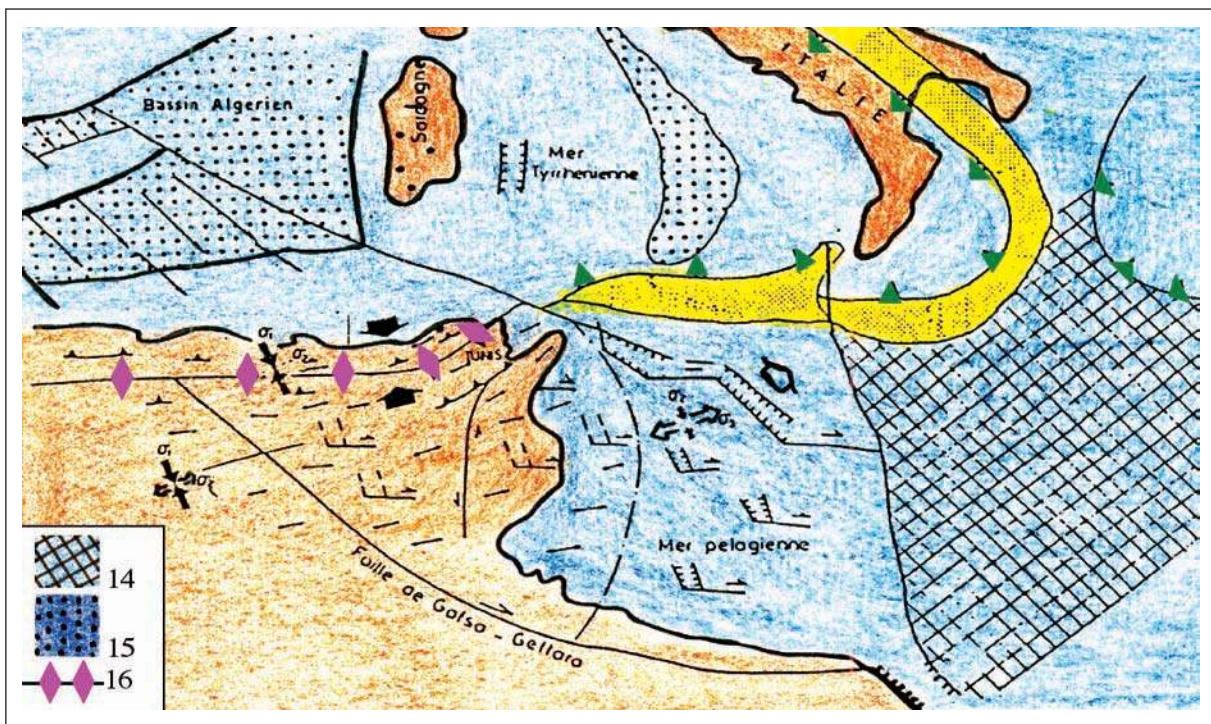


45. Coupe : subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique (miocène inférieur et moyen)

11. Croûte continentale ; 12. Lithosphère inférieure ; 13. Croûte océanique

3- Indiquer par une flèche le sens de la subduction.

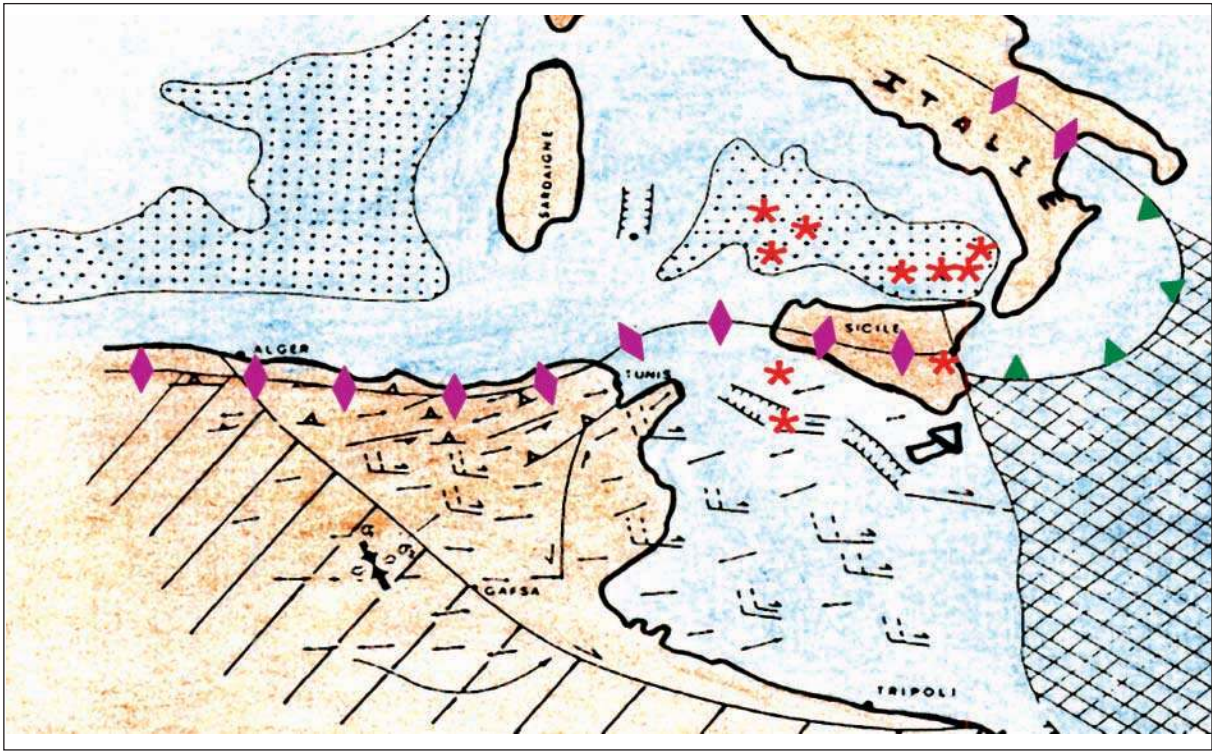
4- Etablir une relation entre les phénomènes X, Y et Z.



46. Blocage de la subduction (collision) au nord de la Tunisie et subduction de la plaque africaine sous la Sicile (miocène supérieur)

14. Croûte océanique ; 15. Bassin marginal ; 16. Blocage de la subduction.

5- Indiquez le résultat du blocage de la subduction sur l'orogénèse de l'atlas.



47. Collision et subduction entre la plaque africaine et la plaque eurasiatique au quaternaire

6- Rédigez un résumé qui explique l'orogénèse de l'Atlas Tunisien.

1 *La théorie de Wegener : «La théorie de la dérive des continents»*

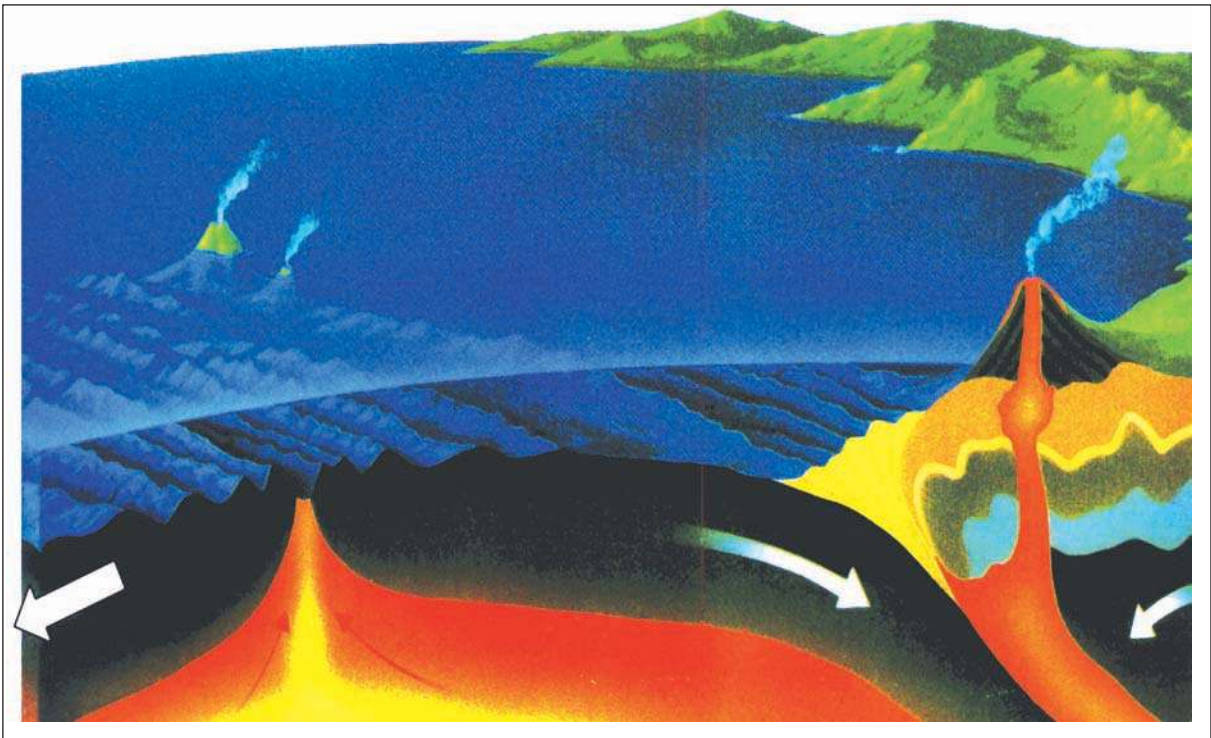
C'est **Wegener** qui a proposé la théorie de la dérive des continents en 1912. Il pensait qu'un super-continent, la Pangée, se serait fragmenté à la fin de l'ère primaire et les « morceaux » auraient dérivé depuis cette époque jusqu'à nos jours.

Wegener a étayé sa théorie en se basant sur plusieurs arguments :

- **Arguments géographiques** : complémentarité entre les formes des continents (exemple l'Afrique et l'Amérique du sud). Ce qui laisse penser que ces continents étaient emboîtés.
- **Arguments paléontologiques** : les mêmes fossiles d'animaux et de végétaux ont été retrouvés en Afrique et en Amérique bien que ces organismes n'avaient pas la possibilité de traverser l'océan Atlantique.
- **Arguments paléo-climatiques** : l'existence de traces d'évaporites, témoins d'un climat chaud daté il y a 200 Ma, sur divers continents éloignés actuellement. Ainsi on a prouvé l'existence de traces de glaciation de part et d'autre de l'Atlantique.
- **Arguments géologiques** : des roches anciennes et rares sont présentes dans le Sud-Est du Brésil et aussi l'ouest de l'Afrique. De même des chaînes de montagnes anciennes existant en Afrique et en Amérique présentent d'étonnantes ressemblances.

Toutefois et malgré tous ces arguments la théorie de la dérive des continents a été rejetée parce qu'on ne concevait pas quel pouvait être le moteur (les forces) à l'origine des mouvements horizontaux des continents.

2 *La théorie de la tectonique des plaques*



A - Notion de plaques lithosphériques

Selon la théorie de la tectonique des plaques élaborée en 1968, la lithosphère est une mosaïque de **plaques rigides** de 100 Km d'épaisseur constituée de la **croûte** et du **manteau supérieur**. Les **plaques lithosphériques** au nombre de 12 dont 6 sont très grandes, se **déplacent** sur le reste du manteau **plus visqueux** ou **asthénosphère**. Ce sont les **mouvements de convection** des matériaux de l'asthénosphère qui constituent le moteur des déplacements des plaques. L'énergie thermique dégagée par les réactions chimiques des corps radioactifs entraîne des courants de matière qui font glisser les plaques lithosphériques sur l'asthénosphère.

Par leur déplacement, les plaques présentent 3 types de frontières :

- **des frontières constructives** : elles correspondent à la formation de nouveaux fonds océaniques et à la divergence de deux plaques lithosphériques. Ce sont les **rifts des dorsales médio-océaniques** qui sont le lieu de l'**accrétion** des roches sous forme de basalte. Au niveau de ces zones d'accrétion, se développent les plaques lithosphériques qui par leur divergence entraînent l'expansion océanique.
- **des frontières destructives** : elles correspondent à la convergence de deux plaques lithosphériques. Ce sont les fosses océaniques où a lieu la **subduction** c'est-à-dire la destruction d'une plaque qui plonge pour rejoindre l'asthénosphère.
- **des frontières stables** : elles correspondent aux **failles transformantes**.

B - La tectonique des plaques à l'origine de la sismicité et du volcanisme

a) Les phénomènes d'accrétion au niveau des rifts sont à l'origine de volcanisme basaltique et de sismicité qui donne naissance aux failles transformantes au niveau des rifts.

b) Le phénomène de **subduction** au niveau des **fosses océaniques** s'accompagne de **séismes** et de **volcanismes à andésites**.

La lithosphère plongeante, au cours de la subduction, subit des frottements et des modifications qui entraînent des séismes à différentes profondeurs.

La lithosphère plongeante est constituée de **croûte océanique** basaltique et de sédiments d'origine continentale. Elle fusionne en profondeur (≈ 100 Km) et remonte sous forme de **magma à andésites**.

c) **Des points chauds** fixes au niveau de l'asthénosphère, s'activent et perforent la croûte, au cours du déplacement d'une plaque. Ce phénomène est à l'origine de l'archipel des îles volcaniques (anciens volcans éteints).

C- L'orogénèse de l'Atlas tunisien

La Tunisie occupe la bordure nord de la plaque africaine.

L'orogénèse de l'atlas tunisien résulte de la tectonique de deux plaques africaines et eurasiatiques (documents 44, 45, 46 et 47).

– **Au crétacé inférieur** : ouverture de l'atlantique nord.

– **Au crétacé supérieur** : * fermeture de la tethys (océan) dont les restes forment la mer méditerranée.
* subduction entre l'Afrique et l'Europe (au niveau de l'Espagne).
* début de la formation des chaînes alpine et atlasique de part et d'autre de

la frontière entre les deux plaques.

– **Au miocène inférieur et moyen** : subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique (document 44).

– **Au miocène supérieur jusqu'au quaternaire** :

* blocage de la subduction au nord de la Tunisie : il y a collision entre les deux plaques.

* subduction de l'Afrique sous l'Europe au niveau de la **Sicile**.

* la synchronisation entre la collision au N – W de la Tunisie et la subduction au N – E sous la Sicile est à l'origine d'une compression de plus en plus forte qui atteint la Tunisie septentrionale (Nord) et gagne la Tunisie centrale et méridionale. Il en résulte le plissement de la lithosphère et la formation de **l'Atlas Tunisien**.

EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse (s) exacte (s). Repérez les affirmations correctes.

1- Une plaque lithosphérique :

- a- naît par accréation.
- b- disparaît par subduction.
- c- est constituée par une portion de la croûte océanique.
- d- se forme au niveau des rifts des dorsales océaniques.

2- Les plaques lithosphériques :

- a- sont de même surface.
- b- ont des frontières qui correspondent à celles des océans et des continents.
- c- sont entraînées par des mouvements de convection.
- d- glissent sur l'asthénosphère

3- L'expansion océanique :

- a- se fait au niveau des rifts.
- b- se fait par accréation
- c- se fait par subduction
- d- produit des volcans à andésites

4- La subduction :

- a- correspond à la convergence de deux plaques lithosphériques.
- b- correspond à la divergence de deux plaques lithosphériques
- c- produit des séismes profonds.
- d- produit des volcans basaltiques

5- L'Atlas tunisien :

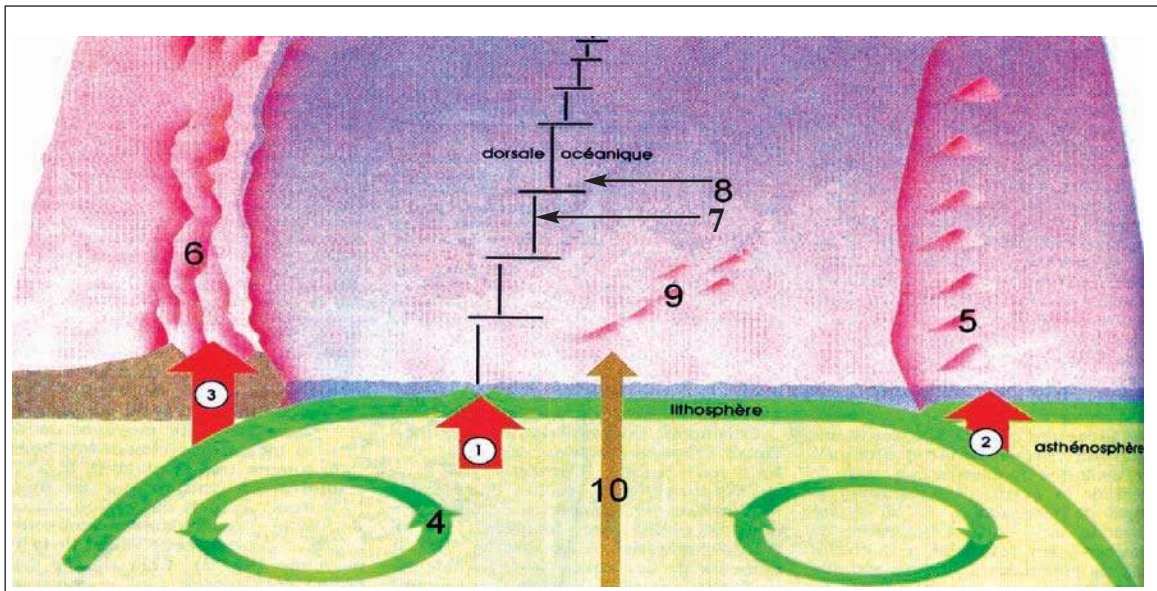
- a- est une chaîne de montagnes située au centre de la plaque africaine.
- b- résulte de la subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique.
- c- résulte de la collision de la plaque africaine avec la plaque eurasiatique
- d- a un âge qui date du miocène.

EXERCICE 2

Corriger les affirmations suivantes :

- Les anomalies magnétiques ont infirmé la théorie de la dérive des continents.
- La production continue de croûte océanique au niveau des dorsales océaniques, augmente la surface de la Terre.
- L'expansion du plancher océanique s'effectue avec une vitesse inégale de part et d'autre du rift.
- Plus on se rapproche de la dorsale, plus la croûte océanique est épaisse et ancienne.
- Dans les zones de subduction, se réalise une production de croûte océanique.
- Les chaînes de subduction se forment suite à un affrontement entre deux croûtes continentales.

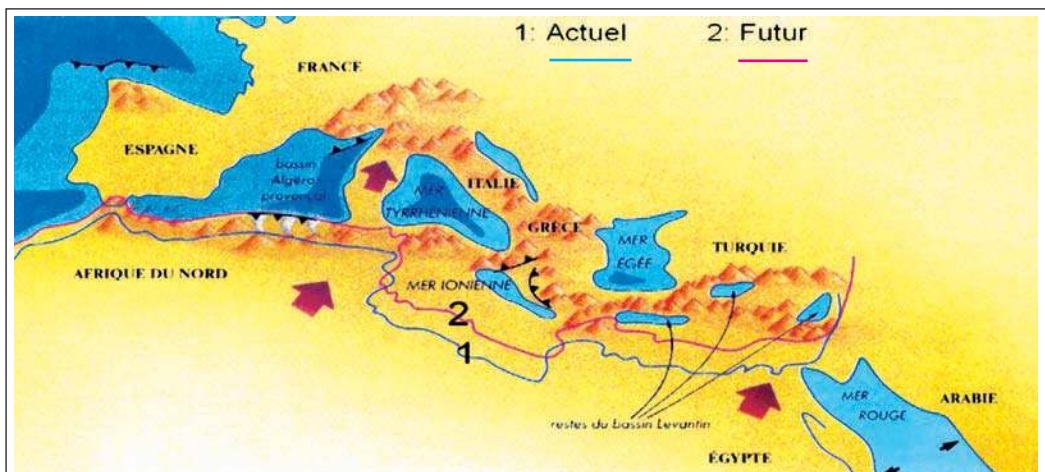
EXERCICE 3



Le document ci-dessus présente des schémas de structures et de phénomènes géologiques liés à la tectonique des plaques.

- 1- Donnez la légende correspondant aux différents numéros indiqués.
- 2- Expliquez les mécanismes mis en jeu en 1 et 2.
- 3- Décrivez la formation des chaînes de montagnes numérotées en 6.
- 4- Comparez la formation des volcans en 5 et en 9.

EXERCICE 4

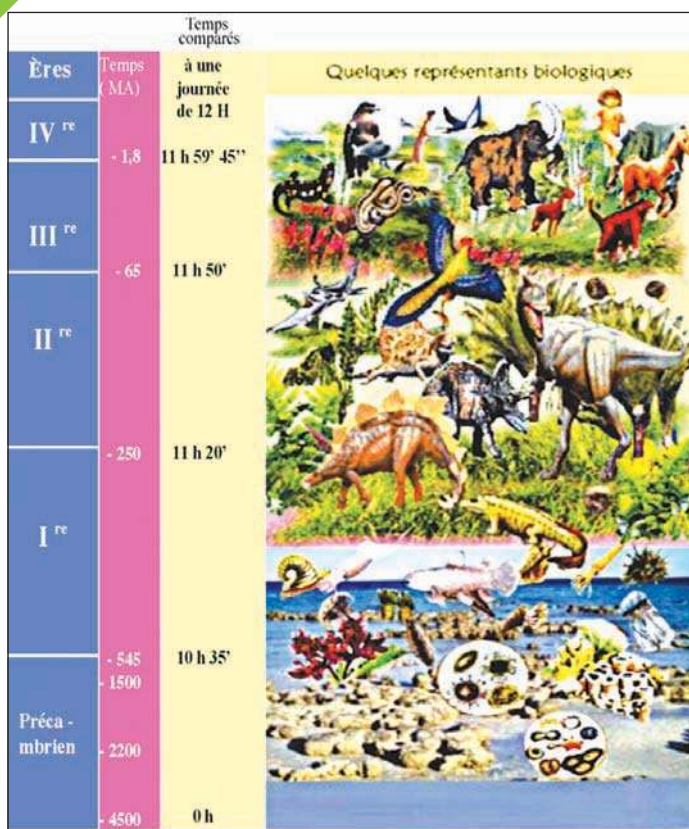


Que deviendrait la Méditerranée dans 10 à 15 millions d'années ?

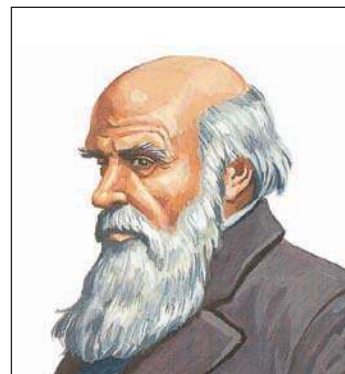
Le document ci-dessus propose une réponse à cette question.

En vous appuyant sur la tectonique des deux plaques africaine et eurasiatique, décrire l'évolution de l'Afrique, de la Méditerranée et des chaînes de montagnes situées de part et d'autres de la méditerranée (les Alpes et l'Atlas par exemple).

Chapitre 3 : L'ÉVOLUTION BIOLOGIQUE



1. Naissance et évolution de la biodiversité



2. Charles Darwin (1809-1882)

Les sciences de la Terre se préoccupent de la structure et de la dynamique du globe terrestre, mais également de l'apparition et de l'évolution de la vie sur la terre.

La formation de la Terre date d'environ 4500 millions d'années et la vie est apparue, plus tard (entre 3500 et 4000 millions d'années), dans l'eau et dans des conditions différentes des conditions actuelles. Elle a commencé par des êtres vivants simples (virus, bactéries, algues bleues) puis apparaissent des espèces végétales et animales aquatiques puis terrestres de plus en plus complexes. Après sa naissance, la

biodiversité s'est développée pour atteindre son apogée, il y a \approx 500 millions d'années.

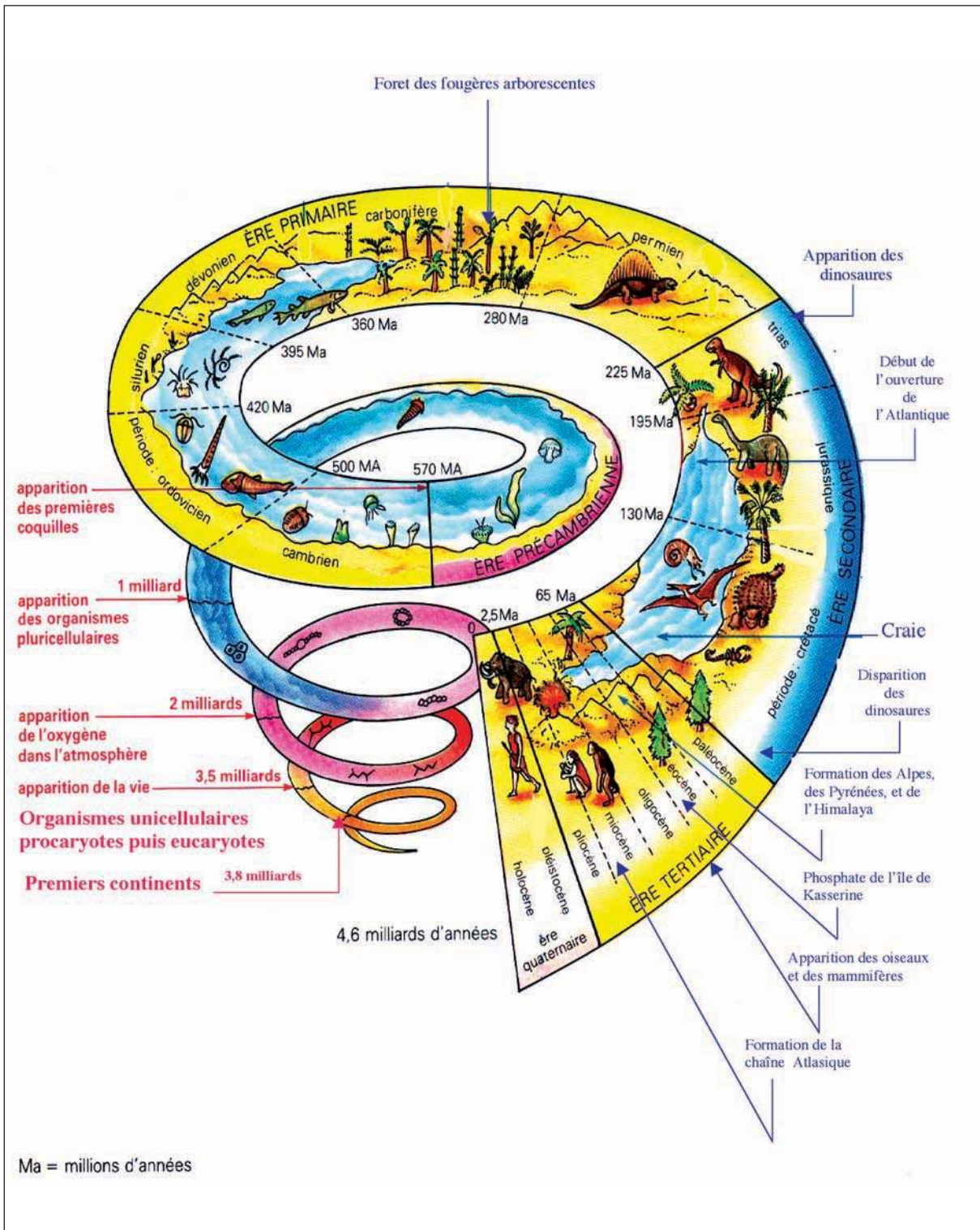
Mais la biodiversité actuelle est extrêmement réduite par rapport à ce qu'elle était à cette date (moins de 5 %). Au cours des temps géologiques, des changements climatiques ont été à l'origine de la disparition de nombreuses espèces et de l'apparition de nouvelles. Connaître la relation entre des espèces animales ou végétales existantes ou disparues et les facteurs de la variation de la biodiversité au cours des temps géologiques est l'une des préoccupations majeures des chercheurs dans les sciences de la Vie et de la Terre. En 1881, Charles Darwin propose une théorie révolutionnaire : [la théorie de l'évolution](#). Selon cette théorie, il y a une parenté entre tous les êtres vivants et toutes les espèces proviennent les unes des autres.

OBJECTIFS

L'élève sera capable :

- ❖ de saisir la signification de la théorie de l'évolution biologique.
- ❖ de connaître des arguments paléontologiques qui plaident en faveur de cette théorie.
- ❖ de Faire la relation entre l'évolution biologique et l'évolution géologique.

SITUATION PROBLÈME

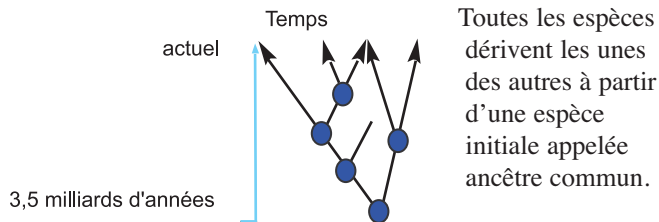


3. Le calendrier de la terre

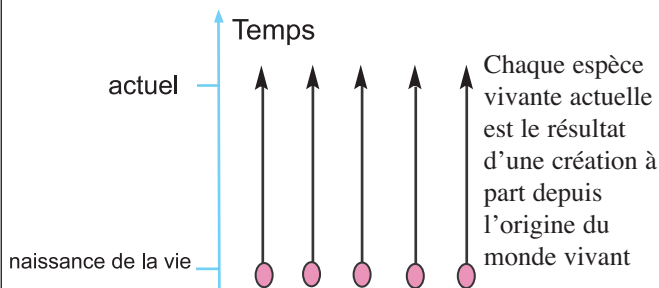
SITUATION PROBLÈME

Pour expliquer la succession des grands groupes d'êtres vivants et la relation entre les espèces, la communauté scientifique a adopté le **modèle évolutif de Darwin** qui a remplacé le modèle **fixiste**.

4. Modèle évolutionniste



5. Modèle fixiste



Historique

- Au 9^{ème} siècle après JC, **El Jahedh**, penseur arabo-musulman, introduisit l'idée d'évolution dans son livre «Kitab El Hayawen» où 350 animaux ont été évoqués.
- Au 14^{ème} siècle, **Ibn Khaldoun**, dans son discours sur l'histoire universelle dans «El Mukaddima» amorça un modèle évolutionniste pré-darwinien.
- Au 19^{ème} siècle, Lamarck puis Darwin imposèrent le concept de l'évolution.

- 1- Quels sont les arguments qui plaident en faveur de la théorie de l'évolution ?
- 2- Quelle influence a exercé l'évolution géologique et climatique du globe terrestre sur l'évolution biologique ?

P RÉACQUIS

1

- **La stratigraphie** : Une science qui étudie les couches du sous-sol.
- **La paléontologie** : science des fossiles, elle étudie les êtres vivants ayant peuplé le globe terrestre au cours des temps géologiques.
- **La pétrographie** : branche de la géologie qui a pour objet la description et la classification des roches.
- **Le faciès d'une roche** : c'est l'ensemble des caractères paléontologiques et pétrographiques qui renseignent sur les conditions du milieu dans lequel s'est formée une roche.

- **Enoncez le principe de superposition et le principe de continuité sur lesquels se base la stratigraphie pour une datation relative des terrains.**
- **Définissez un fossile.**
- **Rappelez la distinction entre un fossile de faciès et un fossile chrono-stratigraphique.**



6. Des trilobites



7. Une Ammonite

2

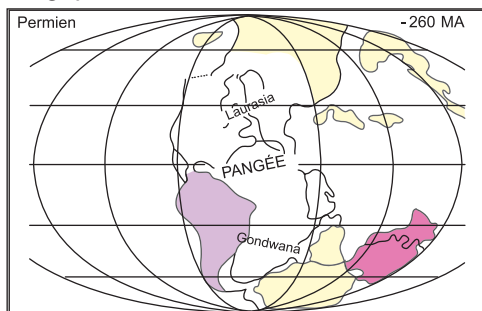
Citer les caractères distinctifs des 5 classes de vertébrés : 1/ poissons, 2/ amphibiens, 3/ reptiles, 4/ oiseaux, 5/ mammifères

3

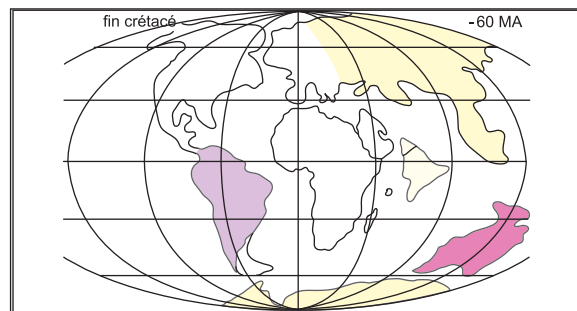
- Les caractères héréditaires se transmettent à travers les générations par l'intermédiaire des gamètes.
- La reproduction sexuée assure le brassage génétique qui s'effectue lors de la méiose et la fécondation. Elle crée de nouvelles combinaisons génétiques à chaque génération.
- L'apparition de nouveaux allèles au sein d'une même espèce ou l'apparition de nouvelles espèces à partir d'une espèce originelle est le résultat de mutations.
- La sélection naturelle assure le tri des génotypes qui adaptent mieux les individus à leur environnement.
- Des individus d'une même espèce sont des individus capables de se reproduire entre eux, c'est-à-dire des individus qui s'échangent des gènes. Au contraire, il y a une barrière à la reproduction entre espèces différentes.

4

Les deux documents 8 et 9 représentent 2 positions différentes des continents au cours des temps géologiques.



8. Position des continents au permien



9. Position des continents à la fin du crétacé

La théorie de la tectonique des plaques explique la variation des positions des océans et des continents au cours des temps géologiques.

- **Donnez la signification de cette théorie.**
- **Montrez comment avec cette théorie, on peut interpréter les documents 8 et 9 présentés.**

A

Activités

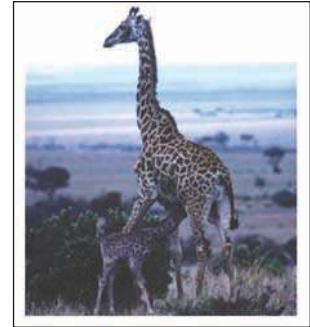
I - ÉVOLUTION DES GRANDS GROUPES DE VERTÉBRÉS

1 Lamarckisme et Darwinisme

Au 19^{ème} siècle, Lamarck puis Darwin imposèrent le concept de l'évolution.

– **Lamarck et le modèle transformiste :**

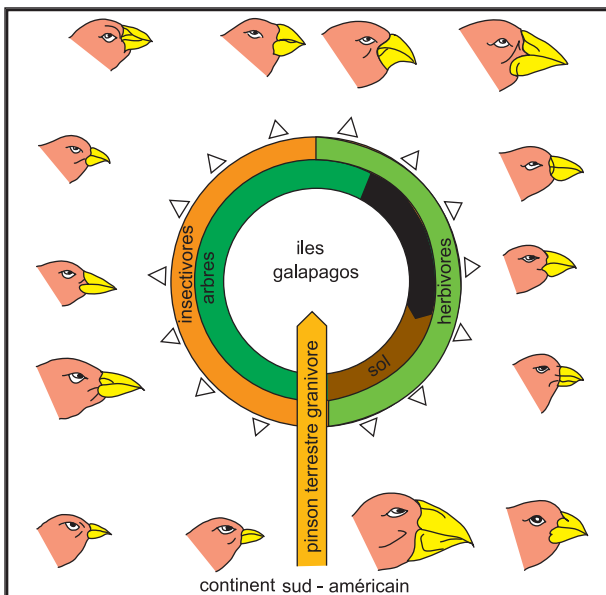
Pour Lamarck, la vie a commencé avec des êtres vivants simples, qui ont subi, par la suite, des transformations adaptatives. Ces caractères acquis deviennent héréditaires. Pour Lamarck, la girafe (document 10), aurait allongé son cou au cours des générations à force de l'étirer pour brouter les hautes feuilles dans les arbres dans les régions arides. Ce caractère ainsi acquis devient héréditaire.



10. Une girafe

– **Darwin et le modèle évolutif :** Pour Darwin (document 2), la survie de la variété de girafe à cou long s'explique par le fait qu'elle s'adapte mieux que les girafes à cou court aux conditions difficiles du milieu. Les girafes ayant le cou court sont vouées à la disparition.

C'est de l'observation des ressemblances ainsi que des différences entre diverses espèces de Pinsons des îles Galápagos en 1831, que le célèbre biologiste Charles Darwin écrit : «on est vraiment tenté de penser qu'une espèce originelle a subi diverses modifications...» Le document 4 traduit schématiquement le modèle évolutif de Darwin.



11. Quelques formes de becs de Pinsons

En vous appuyant sur vos connaissances de génétique :

- 1- Préciser l'origine de la transformation du cou de la girafe.
- 2- Discuter les deux théories présentées.

2 Comment dater les fossiles ?

L'horloge de la radioactivité naturelle

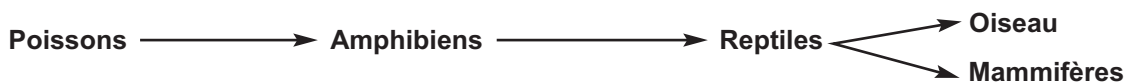
Certains éléments chimiques ont leur noyau atomique instable. Le noyau se désintègre en émettant un rayonnement. Ces éléments sont, pour cette raison, dits **radioactifs**. Par exemple, le noyau de **thorium** se désintègre en émettant 6 noyaux d'**hélium** (rayonnement α) et se transforme ainsi en **plomb**. Le thorium est dit élément radioactif **père** et le plomb est l'élément radioactif **fil**.

Pour tout élément radioactif, quelque soit la quantité initiale, il faut **toujours le même temps pour que cette quantité soit réduite de moitié par désintégration**. Cette durée est appelée **période radioactive T** de l'élément père ou originel. Il a été démontré que T (en années) = $\text{Log } 2 / \lambda$.

$\text{Log } 2 = 0,69325$ et $\lambda =$ constante de radioactivité.

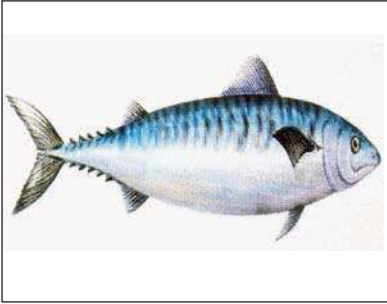
Exemple, pour le thorium, $\lambda = 4,948 \cdot 10^{-11}$ et donc $T = 14,01$ milliards d'années.

La paléontologie, la stratigraphie et l'utilisation de la technique de la datation par la radioactivité ont révélé que les premiers poissons sont apparus au Dévonien inférieur, il y a 450 millions d'années alors que les premiers amphibiens sont apparus au dévonien supérieur, il y a 350 millions d'années... Ces sciences ont ainsi permis d'établir un ordre d'apparition des grands groupes d'êtres vivants :



3 Des témoins fossiles

A - Ichtyostéga ; un amphibien particulier



12. Un poisson actuel : le Maquereau



13. Ichtyostéga



14. Un amphibien actuel : la grenouille

Des restes d'un animal vertébré ont été découverts dans des terrains d'âge Dévonien supérieur.

Il s'agit d'**Ichtyostéga**. Son squelette montre :

- des narines internes, montrant que cet animal avait une respiration pulmonaire.
- deux paires de pattes : Il s'agit d'un animal tétrapode.
- une nageoire caudale rudimentaire.
- une ligne latérale, qui chez les poissons constitue un organe sensoriel d'équilibration.

- 1- En exploitant les informations apportées par les documents 12, 13 et 14 comparez :
 - Ichtyostéga avec les poissons actuels.
 - Ichtyostéga avec les amphibiens actuels.
- 2- Déduisez la position d'Ichtyostéga par rapport aux poissons et aux amphibiens.
- 3- Que pouvez-vous déduire quant à l'argumentation de la théorie de l'évolution ?

B - L'Archéoptéryx : un oiseau particulier



15. Un reptile actuel : le lézard vert



16. Reconstitution d'Archéoptéryx

L'Archéoptéryx : Les fossiles d'archéoptéryx (du grec *arkhaios*, «ancien» et *ptéron*, «aile») ont été trouvés dans le calcaire lithographique du jurassique supérieur (-150 MA) de Bavière (Allemagne).

L'Archéoptéryx est un animal qui a :

- le corps couvert de plumes.
- des ailes se terminant par 3 doigts libres avec des griffes.
- à l'extrémité de la patte 4 doigts, l'un des doigts n'a pas la même direction que les autres.
- un bec avec des dents coniques.
- des vertèbres non soudées.
- la clavicule a la forme de fourchette.
- les os de la jambe (le tibia et le péroné) ne sont pas soudés et ils sont d'égale longueur.

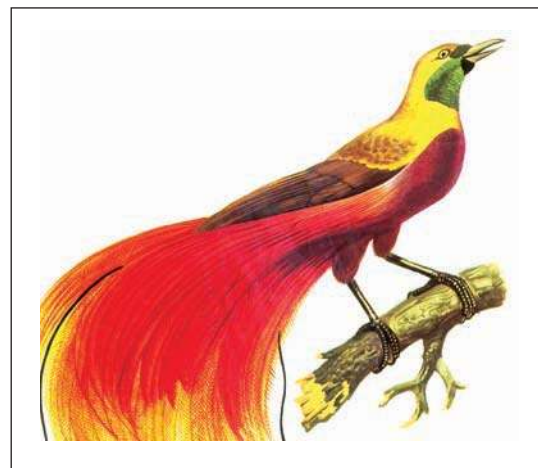


17. Squelette fossilisé d'Archéoptéryx

1- En exploitant les informations apportées par les documents 15, 16, 17, 18 et vos connaissances sur les caractères des reptiles et des oiseaux comparez :

- L'Archéoptéryx avec les reptiles actuels.
- L'Archéoptéryx avec les oiseaux actuels.

2- Déduisez une argumentation en faveur de la théorie de l'évolution.



18. Le paradisier : oiseau actuel

C - Dimetrodon : un reptile particulier

Dans le document 19 une reconstitution d'un animal fossile, Dimetrodon, qui a vécu en Amérique du Nord au Permien inférieur, il y a 280 millions d'années.

Le corps long de 3,5m et couvert d'écailles. Il a des membres courts ainsi qu'une haute crête qui forme une sorte de voile. Ce voile est formé par une membrane richement vascularisée maintenue tendue grâce à des épines vertébrales.

Il semble utiliser ce «voile» pour régulariser la température de son corps et ce en orientant différemment ce voile par rapport au soleil et la direction du vent.

Dimetrodon était un carnivore prédateur et ovipare.



19. Caractéristique de Dimetrodon

Les **mammifères** sont des animaux vertébrés qui se caractérisent essentiellement par :

- un corps couvert de poils.
- une température constante de leur corps.
- une reproduction par viviparité (après fécondation les femelles donnent naissance à des petits).
- l'allaitement des petits par la mère...

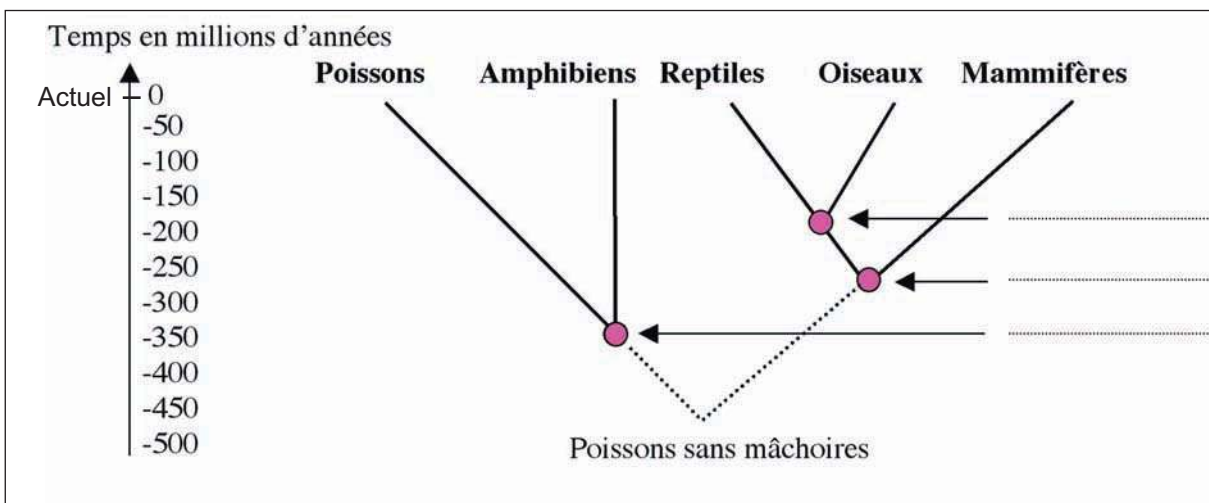
- 1- En exploitant les informations apportées par les documents 15, 19 et 20, comparez :
 - Dimetrodon avec les reptiles actuels.
 - Dimetrodon avec les mammifères actuels.
- 2- Dédurre un argument qui plaide en faveur de la théorie de l'évolution.

20. Caractères essentiels des mammifères

D - Représentation de la parenté des êtres vivants

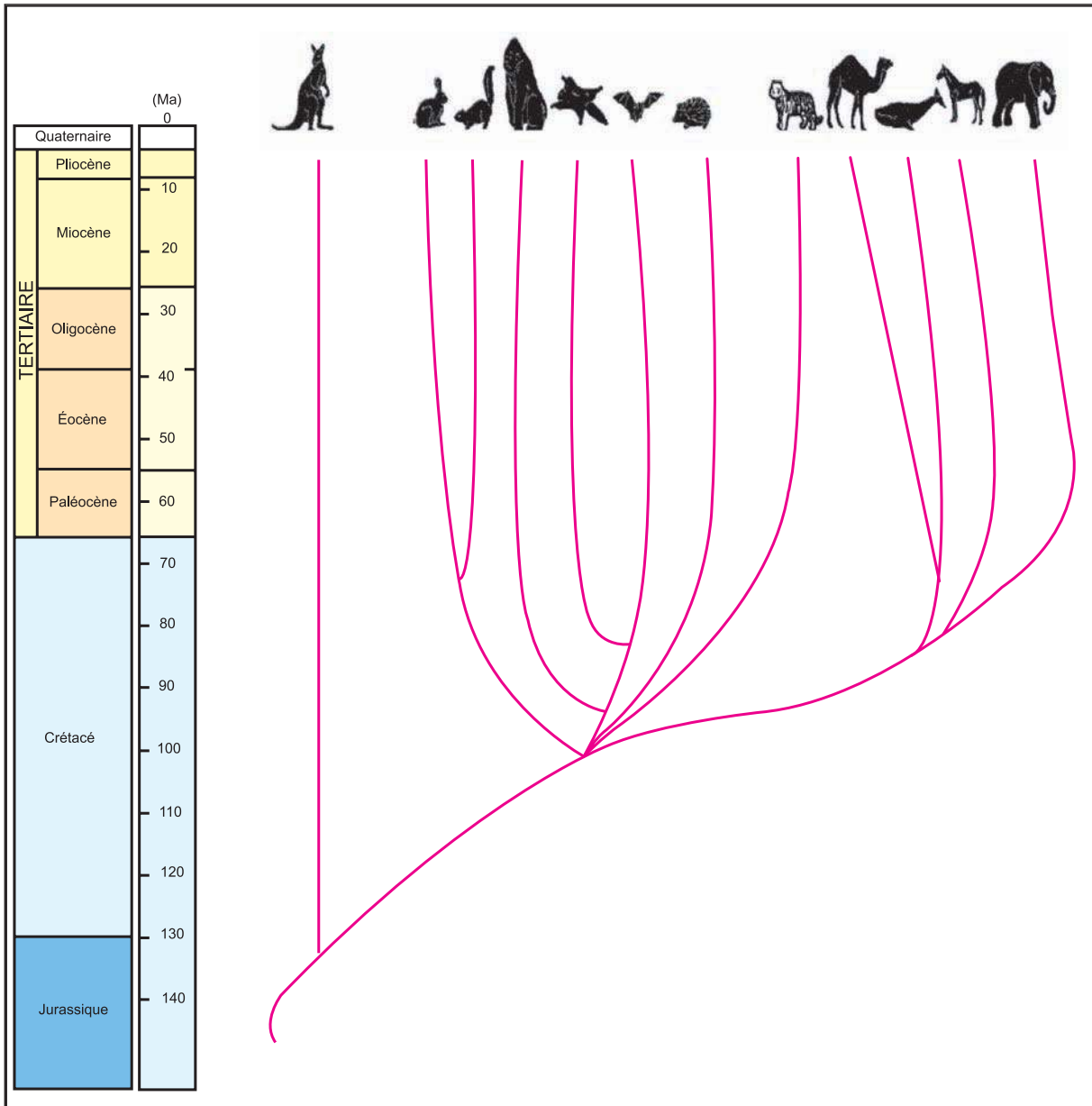
L'arbre phylogénique est une représentation graphique de l'histoire évolutive ou phylogénie de différentes espèces en fonction de leur degré de parenté.

Le document suivant (21) représente l'arbre phylogénique des 5 classes des vertébrés.



21. L'arbre phylogénique des 5 groupes des vertébrés

Le document suivant (22) représente l'arbre phylogénique de certains mammifères.



22. Arbre phylogénique de certains mammifères

- 1- En tenant compte des informations apportées par les activités A, B et C reproduisez et complétez l'arbre phylogénique présenté par le document 21.
- 2- A partir de l'analyse du document (22) comparez le degré de parenté de ces mammifères sachant que plus l'ancêtre commun est éloigné dans le temps et plus le degré de parenté est faible.

II - RAPPORT ENTRE L'ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE ET L'ÉVOLUTION BIOLOGIQUE

La tectonique des plaques, est responsable de la modification de la position des continents, de l'apparition ou la disparition des océans, de la formation des chaînes de montagnes, ainsi que de la sismicité et du volcanisme.

Ces phénomènes agissent sur les constituants des écosystèmes et sur la biodiversité. L'évolution géologique peut donc entraîner la disparition de certaines espèces et favoriser l'apparition de nouvelles espèces.

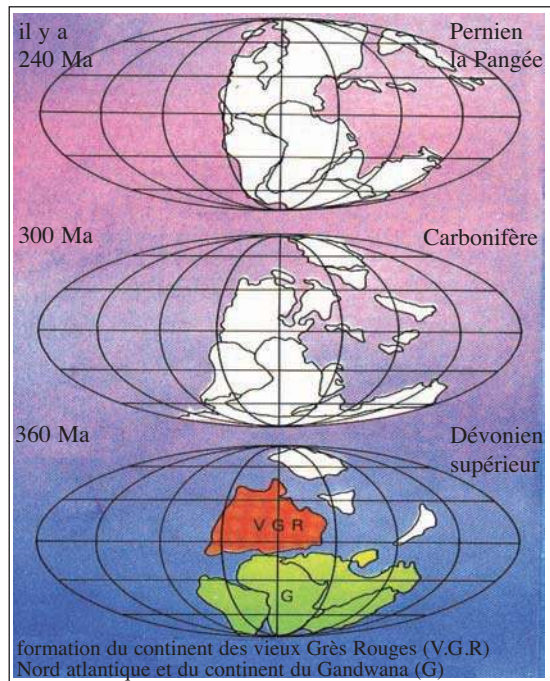
1 Relation entre le déplacement des continents et l'évolution biologique

Depuis sa formation il y a 4,6 milliards d'années, la Terre est passée par des cycles de séparation et de réunions des plaques lithosphériques. Le déplacement des plaques lithosphériques a modifié, à plusieurs reprises, la géographie mondiale.

Les figures du document 23 représentent la position des continents les uns par rapport aux autres entre le Dévonien et le Permien.

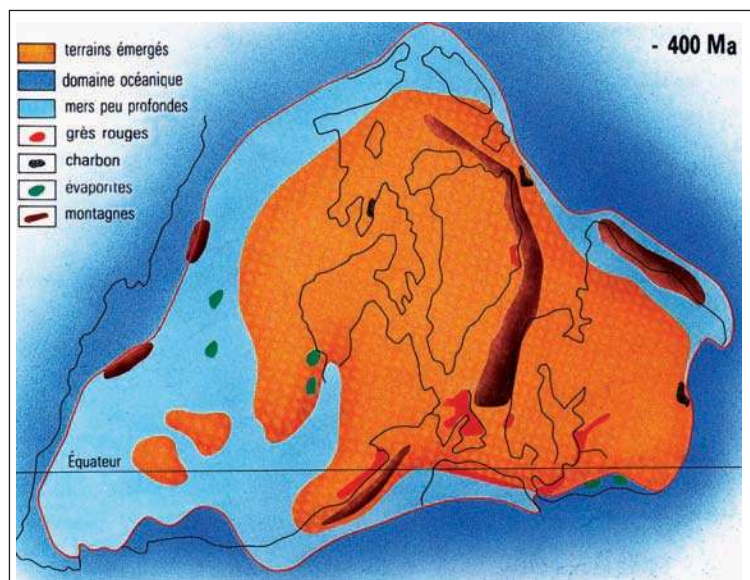
Au Silurien – Dévonien (450 à 360 millions d'années) le rapprochement puis la soudure de l'Amérique du nord et de l'Eurasie a permis la formation du continent des vieux grès rouges : V.G.R.

Le document 24 présente la reconstitution des principaux biotopes du continent des vieux grès rouges qui ont été peuplés de Myriapodes, crustacés et poissons primitifs.



23. Evolution des continents à l'ère primaire

Expliquez comment le déplacement des continents qui résulte de la tectonique des plaques a un effet sur l'évolution biologique : la séparation des continents favorise l'augmentation de la biodiversité et leurs rassemblement réduit cette biodiversité.

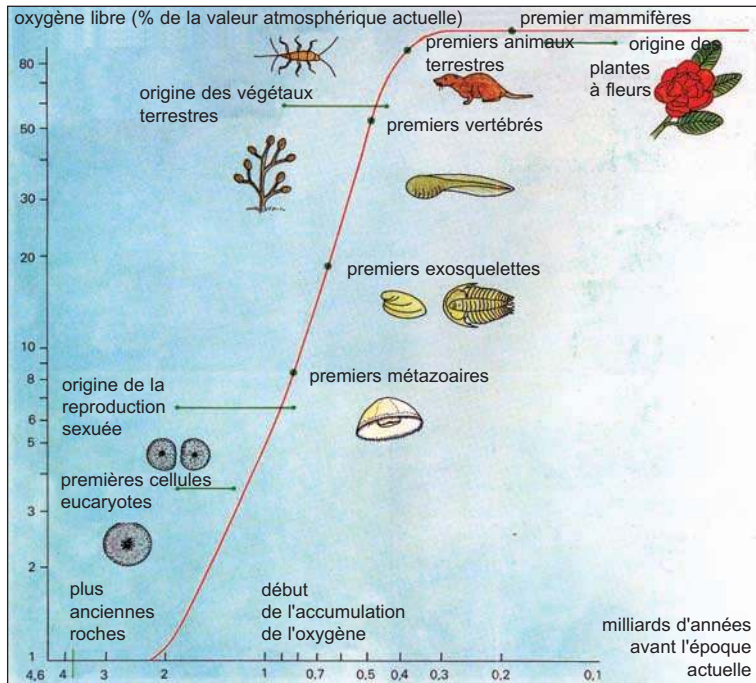


24. Principaux biotopes des vieux grès rouges

2 Rapport entre l'évolution de l'atmosphère et l'évolution biologique

Les végétaux photosynthétiques sont apparus vers - 3 milliards d'années dans l'eau. La photosynthèse est à l'origine de l'enrichissement de l'atmosphère en oxygène et la formation de la couche d'ozone protectrice contre les rayons ultraviolets en provenance du soleil. La sortie des êtres vivant de l'eau s'est réalisée à l'ère Primaire. Les végétaux ont précédé les animaux dans la conquête du milieu terrestre.

25. Les végétaux photosynthétiques

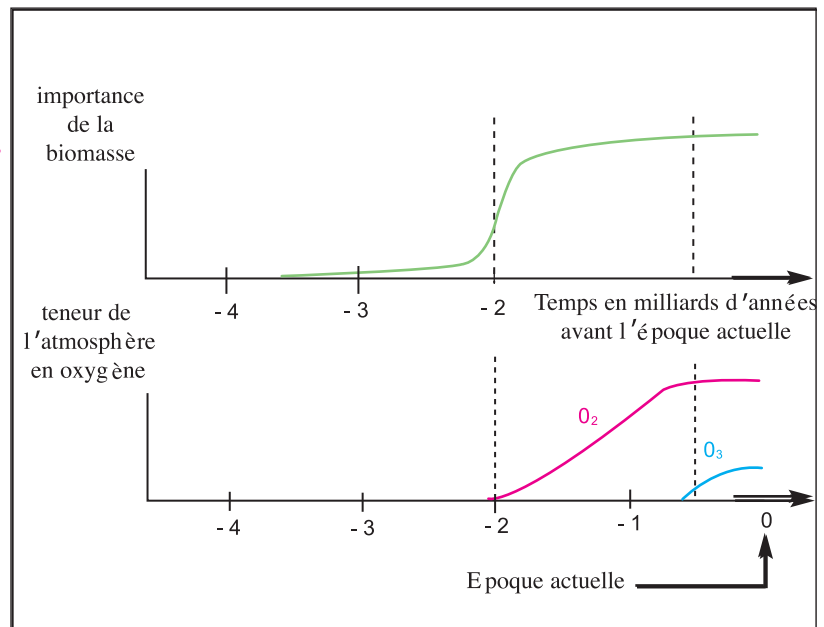


26. Évolution de la teneur en oxygène et l'évolution biologique

Le document 26 montre l'évolution de la teneur en oxygène et l'évolution biologique.

Le document 27 montre l'évolution de la teneur en oxygène et l'évolution de la biomasse en fonction des temps géologiques.

- 1- Analysez les documents 26 et 27.
- 2- Par l'exploitation des informations des documents 26 et 27 faites le lien entre la variation de la teneur de l'atmosphère en oxygène et la variation de la biomasse.



27. Évolution de la teneur en oxygène et de la biomasse

3 L'évolution biologique comporte des périodes de crise

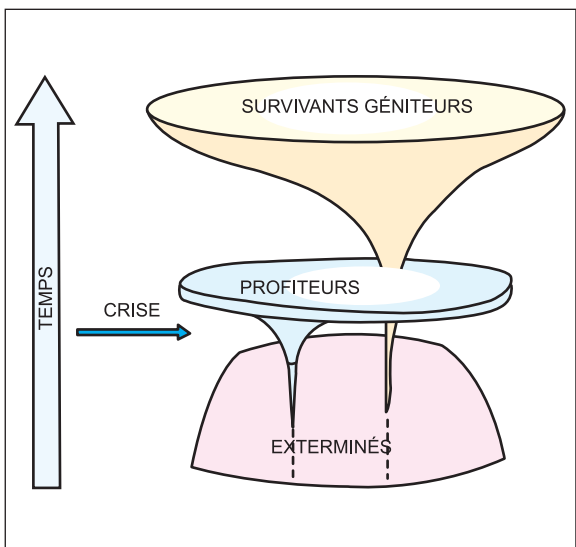
A - La crise crétacé tertiaire

a) Extinction en masse et radiation évolutive

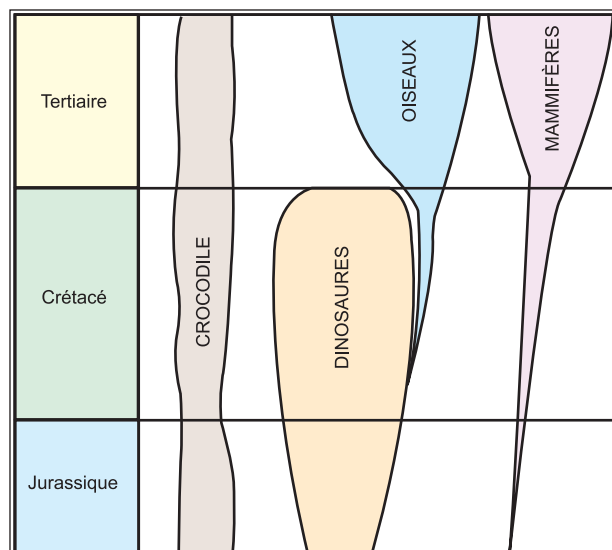
Les crises biologiques correspondent à des extinctions en masse de groupes d'êtres vivants peuplant la Terre, suite à la création de conditions défavorables dans leurs milieux de vie. Pendant ces périodes, certaines espèces, sont capables de s'adapter aux conditions défavorables nouvellement créées, et se développent de manière spectaculaire. On les appelle **les profiteurs**. Dès la fin des conditions défavorables, des survivants de la période de crise vont occuper les niches écologiques laissées vacantes par l'extinction et vont se diversifier. On appelle ces survivants **les géniteurs**. Ces derniers possèdent des potentialités génétiques qui leur permettent de franchir la crise. Leur diversification s'appelle **radiation évolutive** document (28a).

Le document (28b) est un exemple de l'influence de la crise Crétacé-Tertiaire sur différents groupes d'animaux vertébrés.

De l'observation du document (28b), indiquer le(s) groupe(s) qui a ou ont subi la radiation évolutive, celui ou ceux qui ont subi l'extinction et le(s) groupe(s) non touchés par la crise.



28a. Une crise est toujours suivie d'une radiation évolutive

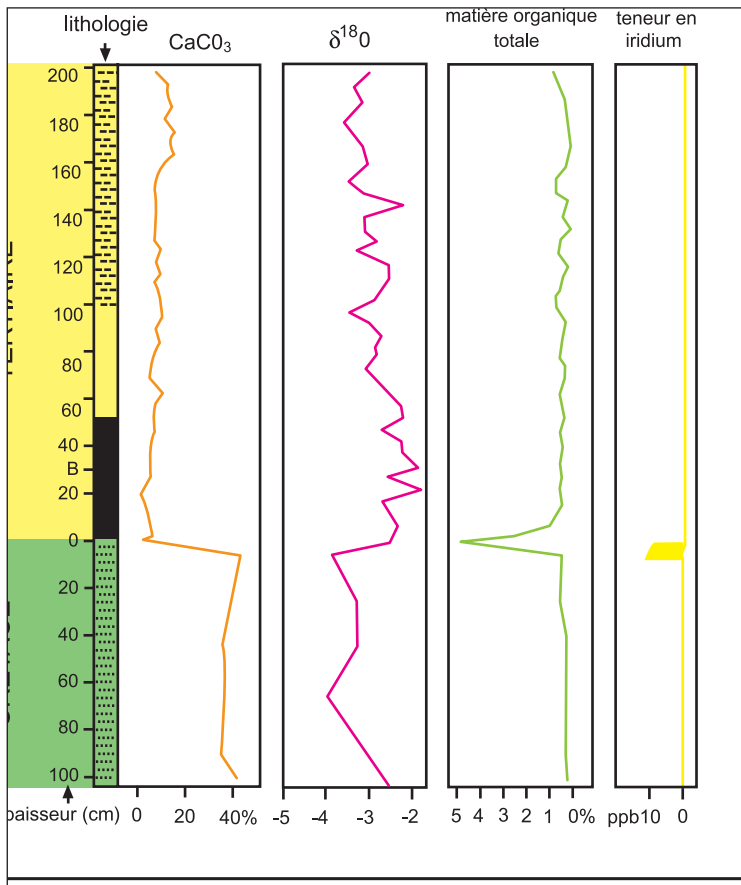


28b. Conséquences de la crise Crétacé-Tertiaire sur certains groupes animaux

b) Des changements climatiques !

En de nombreux points du globe, la crise Crétacé-Tertiaire est très facilement repérable dans des séries sédimentaires marines. En Tunisie et plus précisément dans la région du Kef, des études de cette crise ont été réalisées sur des affleurements d'une couche d'argile, noire, de 50cm d'épaisseur environ.

Ces études ont permis d'enregistrer les variations de quelques paramètres représentés par le document (29).



Teneur en CaCO₃ d'une couche sédimentaire : elle est proportionnelle à l'abondance des êtres vivants planctoniques* présents dans le milieu, au moment de la formation de la couche.

δ¹⁸O : elle indique la température des eaux. Si δ¹⁸O est positif, la température est inférieure à la température moyenne enregistrée actuellement à la surface du globe (13 à 14°C).

Si δ¹⁸O est négatif, la température est supérieure à 13-14°C.

La matière organique totale : elle informe sur la productivité biologique.

La teneur en Iridium : l'iridium est un métal très rare, de la famille du platine. Il est abondant dans les météorites et dans les produits de quelques éruptions volcaniques.

29. Variation de quelques paramètres dans la formation El Kef, à la limite Crétacé-Tertiaire

- 1-** D'après les informations fournies par le document 29, formulez une hypothèse pour expliquer le pic d'iridium observé au niveau de la couche d'argile noire à la fin du crétacé.
- 2-** Faites le lien entre la baisse de la matière organique totale et de la quantité de CaCO₃ avec la température et la teneur en iridium à la limite Crétacé-Tertiaire.

B - Volcanisme meurtrier

Des analyses chimiques réalisées sur des laves basaltiques appartenant à une douzaine de grandes régions volcaniques aux USA, en Inde, en Chine, en Sibérie, au Yémen et en Éthiopie ont permis de constater que les volcans associés aux extinctions en masse des êtres vivants sont plus riches en fer que ceux associés aux extinctions moins amples.

Sachez que : – le manteau inférieur de la Terre est plus riche en fer que le manteau supérieur.
– le manteau inférieur est plus riche en gaz (CO₂ et SO₂) que le manteau supérieur.

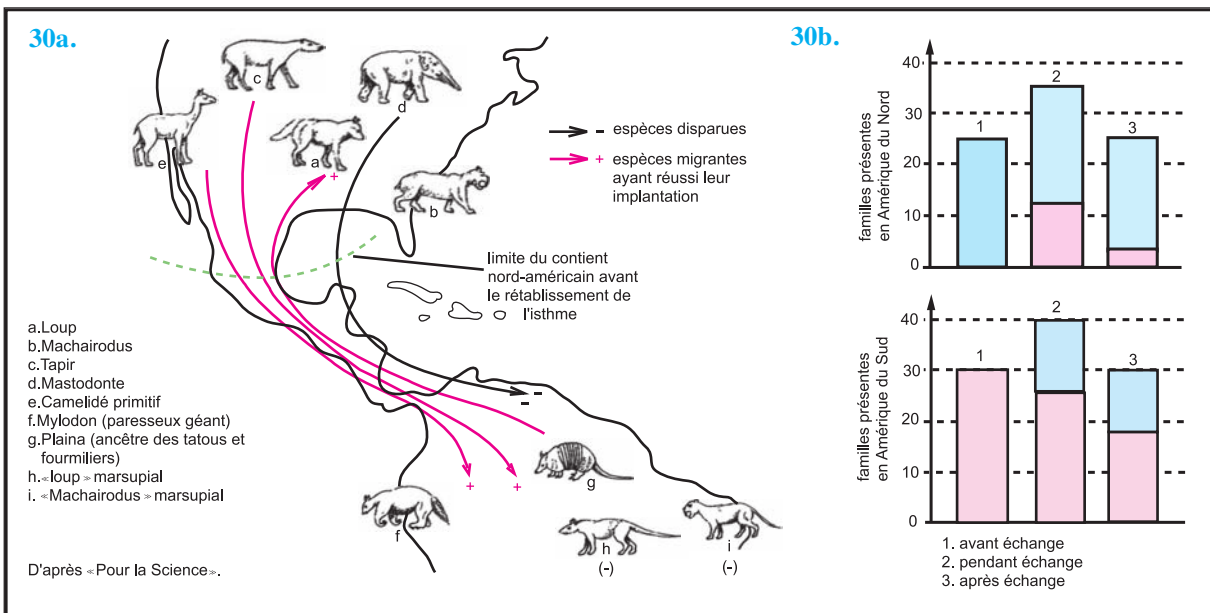
Établissez le lien entre la profondeur de l'origine d'une éruption volcanique et son effet meurtrier.

4

Influence de la séparation et de la réunion des deux Amériques sur la biodiversité des mammifères

A l'ère tertiaire, l'Amérique du sud était isolée de l'Amérique du nord pendant près de 50 millions d'années. Il y a 3 millions d'années cet isolement a été rompu par la formation de l'isthme de Panama qui a réuni l'Amérique du Nord à l'Amérique du sud.

Le document (30a) informe sur les représentants de la faune de l'Amérique du Sud d'une part et celle de l'Amérique du Nord d'autre part ainsi que sur des espèces disparues et des espèces migrantes. Le document (30b) montre l'évolution du nombre de familles présentes en Amérique du Nord et en Amérique du Sud, avant la formation de l'isthme (1), pendant la formation de l'isthme (2) et après la formation de l'isthme(3).



1- Analyser les documents 30a et 30b

2- Déduisez le rôle de l'isthme du Panama dans l'évolution de la biodiversité de la faune des deux Amériques.

5 Évolution des trilobites

A - Les trilobites sont des organismes marins fossiles très primitifs vivant près des rivages. Certains nagent et d'autres rompent ou s'enfouissent dans les sédiments. Ils caractérisent l'ère primaire. Le document 31 présente l'évolution de familles de trilobites.

Décrivez l'évolution de ces organismes au cours du temps.

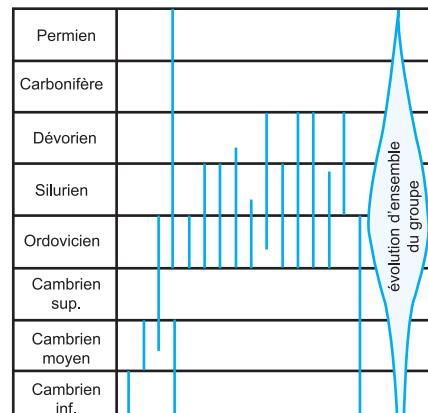
B - Le document 32 donne la variation de la répartition des continents et des océans.

– Au Cambrien (a), époque à laquelle les continents se sont rassemblés (formation du Gondwana).

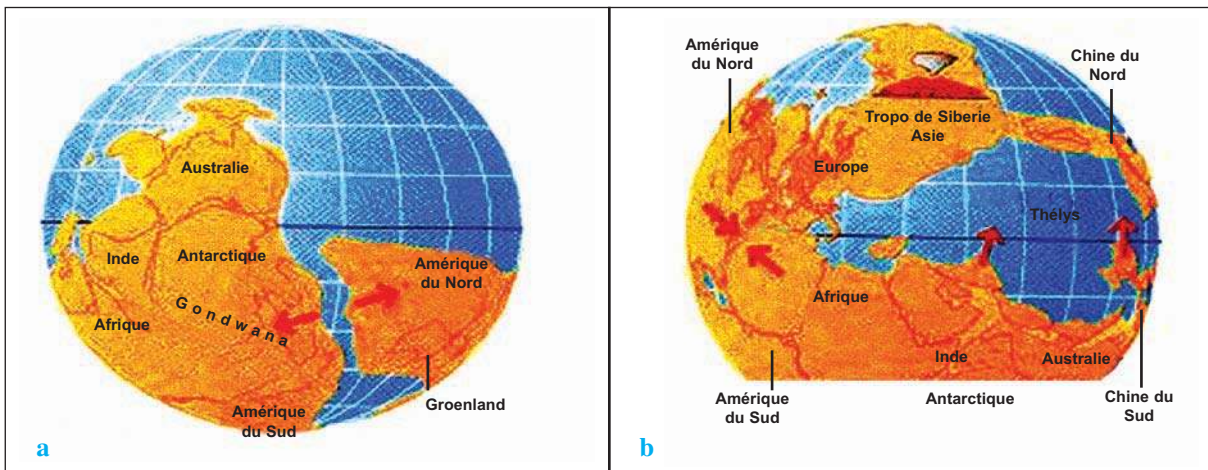
Cette période est caractérisée par une diversification de la vie, surtout en milieu marin.

– Au Permien (b), une bonne partie du Gondwana est située près du pôle sud, couvert d'une calotte glaciaire. A la limite Permo-Trias se produit la plus grande extinction de l'histoire biologique, vers 250 millions d'années puis l'apparition des dinosaures vers 220 millions d'années.

Trilobites fossiles



31. Évolution du nombre de trilobites au cours du temps (Les traits verticaux correspondent aux différentes familles de trilobites)



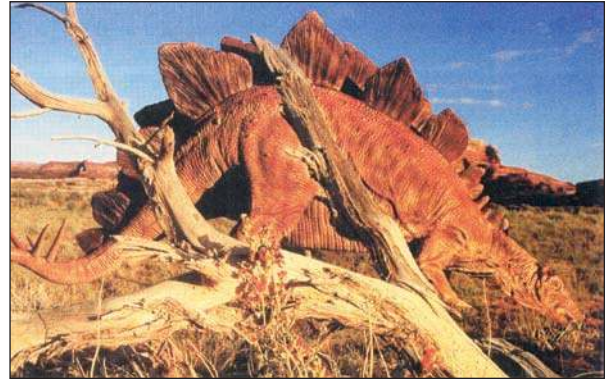
32. Géographie globale au Cambrien (A) et au Permien (B)

En tenant compte des informations données sur les trilobites et des modifications de la géographie du globe terrestre, posez une hypothèse expliquant l'évolution du nombre de représentants des groupes des trilobites en fonction du temps.

6 Une disparition mystérieuse

Apparus au Trias, les **dinosaures** correspondent à plusieurs groupes de grands reptiles dont le Stégosaure, (document 33). Ils ont occupé le milieu marin, le milieu aérien et le milieu terrestre. Ils ont connu leur apogée au Jurassique et au Crétacé ; mais ils ont totalement disparu à la limite Crétacé – Tertiaire.

Le document 34 donne la variation de la répartition des continents et des océans au Crétacé inférieur, et à la limite crétacé-tertiaire

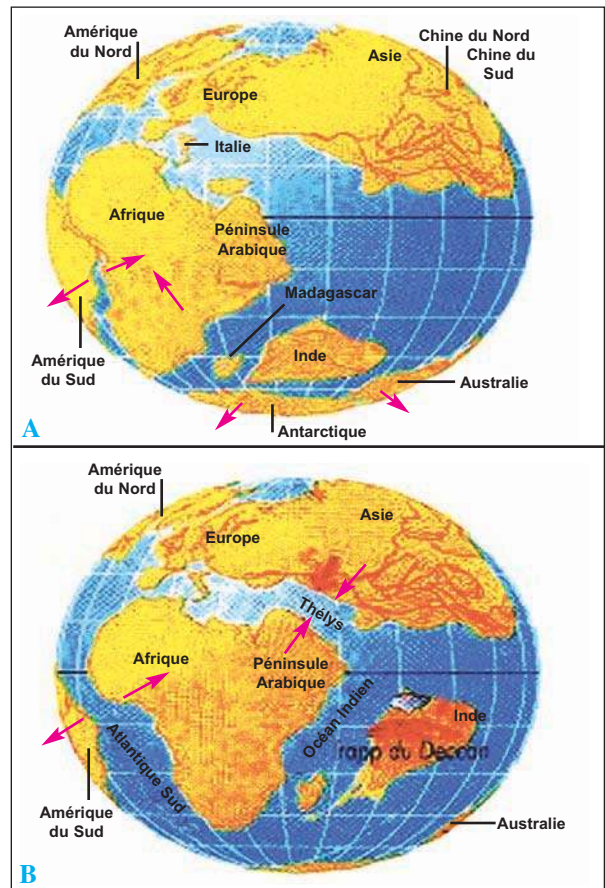


33. Un dinosaure : le Stégosaure

Vers -130 millions d'années (doc. 34a) a lieu l'éclatement de la Gondwana et la formation de l'océan Atlantique et de l'océan Indien. Cette période est caractérisée par un climat chaud et uniforme.

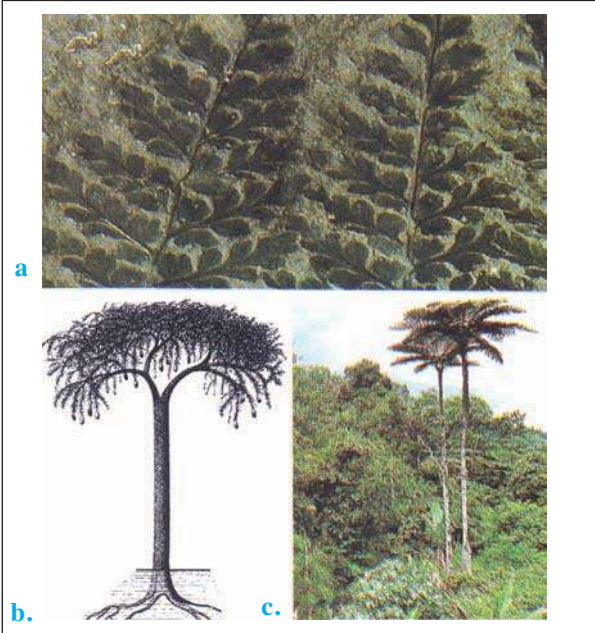
A la limite Crétacé-Tertiaire vers 65 millions d'années (doc. 34b), l'Afrique se rapproche de l'Europe (début de formation de la chaîne alpine). Cette époque se caractérise par la chute de météorites et un volcanisme intense.

En tenant compte des informations saisies de ces documents et de l'activité 3, proposez une hypothèse sur l'extinction des dinosaures.



34. Géographie du globe terrestre Crétacé inférieur (A) et à la limite Crétacé-Tertiaire (B)

7 Évolution des grands groupes de végétaux



35. Des végétaux fossiles : a : Feuilles de fougère ; b : Lépidodendron ; c : Cordaïtal

L'histoire de la vie est aussi marquée par l'apparition et la disparition de groupes entiers de végétaux.

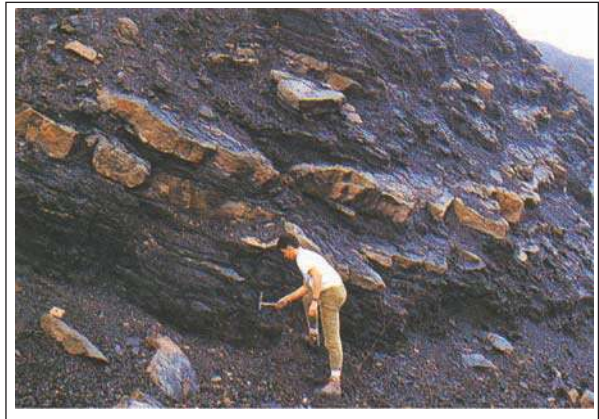
Le document 35c représente une Cordaïtale, c'est un arbre fossile de 40m de haut environ et possédant des feuilles allongées à nervures parallèles (rappelant les angiospermes à un seul cotylédon actuel). Les cordaïtales sont aussi proches des conifères et des gymnospermes actuels.

36a. Gisements de charbon fossile

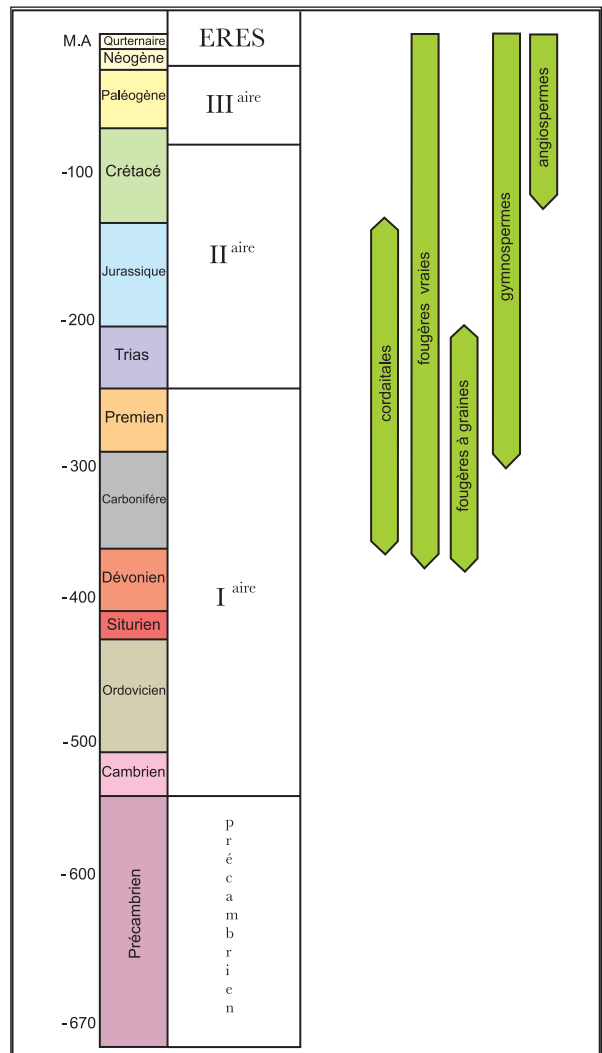
De grands gisements de charbon ont été exploités en Europe (France, Allemagne...) comme source d'énergie au début de la révolution industrielle (19ème siècle) avant la découverte du pétrole. Ces gisements datent du carbonifère.

Le document 37 représente l'évolution de végétaux en fonction des temps géologiques.

- 1- Déterminez les périodes d'extinction et de naissance des différents groupes végétaux.
- 2- Précisez l'origine du charbon fossile.
- 3- Proposez des hypothèses pour expliquer ces évènements.

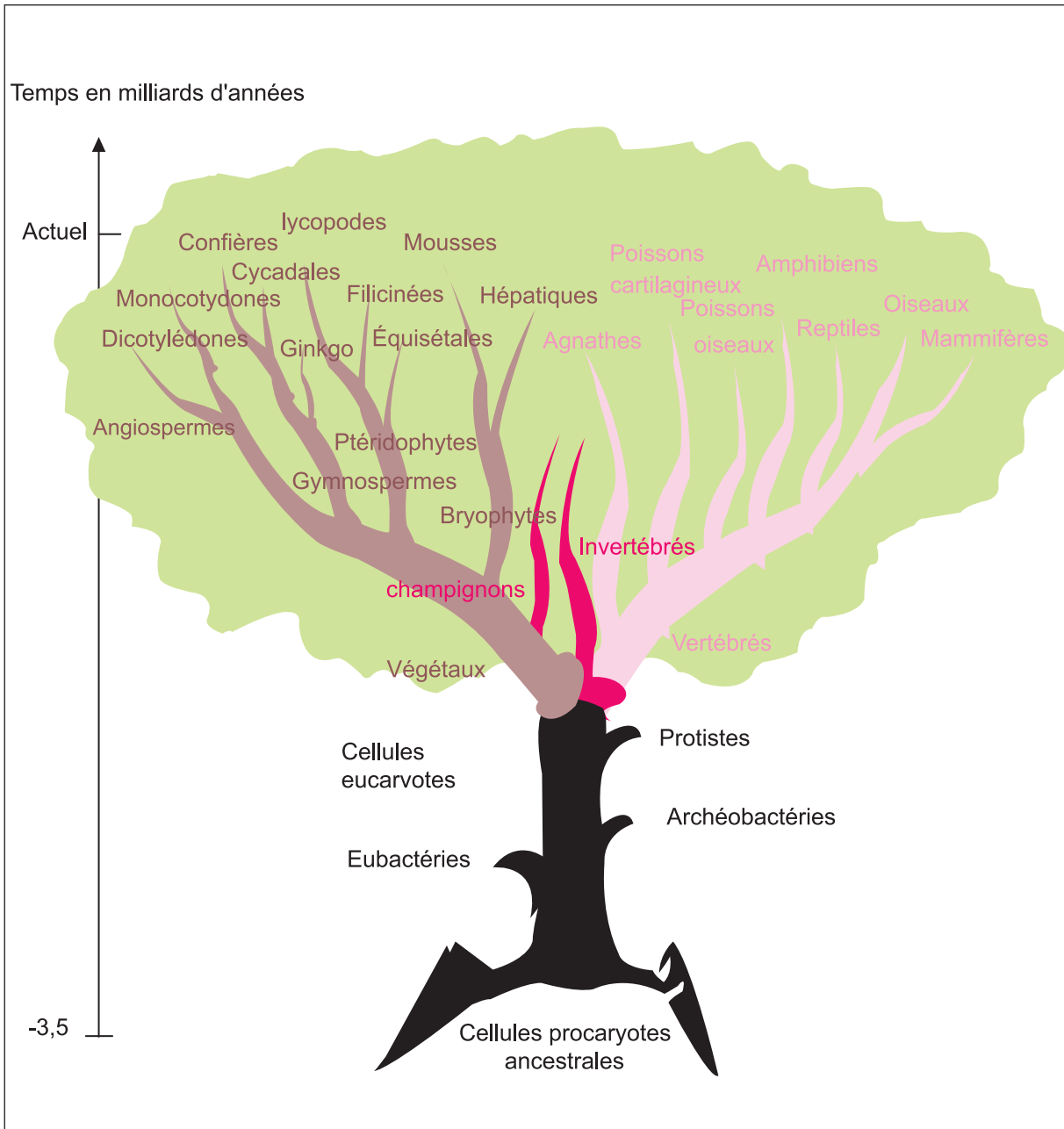


36b. Chaque couche noire est un niveau de charbon



37. Évolution des végétaux en fonction des temps géologiques

I L'évolution biologique

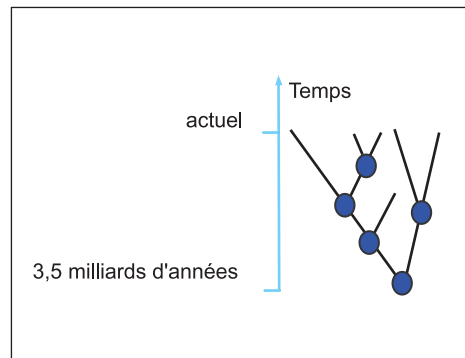


L'évolution du monde vivant peut être comparée à un arbre qui croît en fonction du temps en compliquant de plus en plus sa ramification par la formation de rameaux à partir du tronc. Les rameaux ainsi formés se ramifient à leur tour. La vitesse de croissance de cet arbre dépend de ses potentialités génétiques ; mais aussi de l'action de l'environnement.

A - Théorie de l'évolution

Le modèle évolutif admet, qu'à partir d'un ancêtre commun sont nées progressivement toutes les espèces du monde vivant. Selon ce modèle, les mutations sont à l'origine de la divergence des espèces par rapport à cet ancêtre commun. Mutants et sauvages sont par la suite soumis à la pression de l'environnement qui favorise certains génotypes par rapport à d'autres qui ne sont pas nécessairement éliminés. Les génotypes favorisés laisseront plus de descendants. Ils sont ceux qui adaptent mieux les individus aux conditions de l'environnement. C'est la **sélection naturelle**.

Selon la **théorie néo-darwiniste** qui a complété la théorie de Darwin, et qui se base sur la biologie moléculaire, l'évolution est un processus historique de transformations héréditaires dans l'organisation des êtres vivants. **Ces transformations sont graduelles et se font dans le sens de complexification des structures et des fonctions.**



B - Les preuves paléontologiques de l'évolution

Bien que des questions existent toujours au sujet de l'évolution, la paléontologie permet, grâce aux fossiles, de remonter le temps et de reconstituer l'histoire de la vie. Elle a mis en évidence l'ordre d'apparition des êtres vivants ainsi que leurs liens de parenté.

La comparaison des fossiles entre eux et aux organismes actuels permet de retenir deux constatations :

- le peuplement de la terre s'est modifié au cours du temps.
- Il existe des **ressemblances** entre les organismes actuels et les fossiles.
- Il existe des **formes intermédiaires** qui possèdent des caractères de l'un et de l'autre groupe entre lesquels elles se situent comme :

- **Ichtyostéga**, intermédiaire entre poissons et amphibiens.
- **L'Archéoptéryx**, intermédiaire entre reptiles et oiseaux.
- **Dimetrodon**, intermédiaire entre reptiles et mammifères.

Les **ressemblances** conduisent à supposer l'existence de **relations de parenté** entre les êtres vivants et donc l'existence d'**ancêtre commun**.

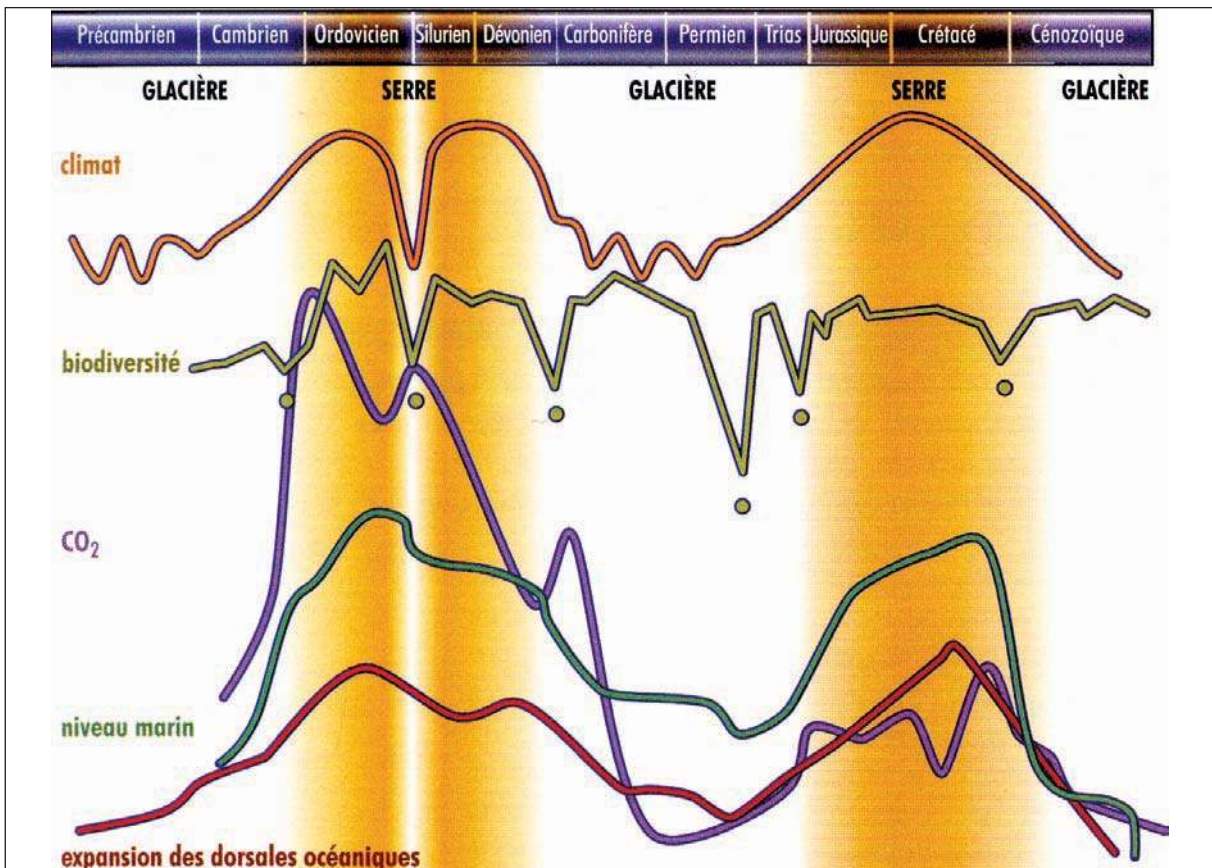
Les **formes intermédiaires** constituent un **indice de transformations progressives**.

Les **différences** correspondraient à une accumulation progressive de mutations engendrant des divergences de plus en plus importantes par rapport à l'ancêtre commun. On admet que **plus le nombre de différences est grand et plus l'ancêtre commun est éloigné dans le temps et inversement**.

2 Relation entre l'évolution biologique et l'évolution géologique

A - Notion de crise biologique

La paléontologie a permis de constater que les temps géologiques passent par des périodes longues, relativement stables séparées par des périodes courtes où le monde vivant subit des **crises biologiques**. Les crises biologiques correspondent à des disparitions brutales d'un grand nombre d'êtres vivants.



Les causes des crises biologiques varient d'une crise à une autre ; néanmoins beaucoup de scientifiques s'accordent sur le fait que chaque crise serait le résultat de l'action combinée de plusieurs facteurs qui traumatisent les êtres vivants. Ces facteurs résultent de la tectonique de plaques lithosphériques (volcanisme intense, changement du niveau marin, écart thermique important...), l'impact de météorites...

Le document ci-contre, représente les grandes crises biologiques (par des ronds).

Il montre les conditions responsables de la biodiversité au cours du temps géologique.

La paléontologie, appuyée par l'anatomie comparée et la biologie moléculaire, permet de constater que la disparition de certaines espèces favorise l'épanouissement d'autres qui étaient rares ou absentes en période de crise et qui sont capables de s'adapter aux conditions défavorables du milieu. Ce sont **les profiteurs**. Une fois la crise passée, des survivants qui ont pu passer la crise sous une forme de résistance quelconque, vont se diversifier et occuper les niches écologiques laissées vides par l'extinction. Ils sont appelés **les survivants géniteurs**. Ces survivants ont des potentialités génétiques qui leur ont permis de résister aux conditions défavorables à la majorité de la population. Leur diversification après la crise est appelée **radiation évolutive**.

Certaines crises sont d'une grande ampleur et ont été utilisées par les géologues comme repères pour séparer les ères. Exemples :

– **la crise du Permien-Trias** a été utilisée pour séparer l'ère primaire de l'ère secondaire. Elle est la crise biologique la plus ample que la terre ait connue au cours de son histoire. 95% des espèces marines avaient disparues (parmi elles les trilobites). Cette crise a aussi touché la faune et la flore continentales. Le nombre de familles d'insectes a baissé de 63%.

– **La crise Crétacé-Tertiaire** pour séparer le Secondaire du Tertiaire. Cette crise, s'était caractérisée par la disparition, entre autres groupes, de tous les dinosaures ; mais elle n'a pas affecté les oiseaux.

D'autres crises, de moindre ampleur, ont été utilisées comme repères pour un découpage plus fin des temps géologiques comme les crises des fins du Cambrien, de l'Ordovicien, du Dévonien et du Trias.

B - Apparition et évolution des êtres vivants

a) Au précambrien il y a -4 à $-3,5$ milliards d'années (ou à 0 heure dans un temps comparé à une journée de 12 heures), **la vie est apparue dans l'eau**. Ce qui a favorisé cette apparition est une atmosphère caractérisée par une température moyenne de surface relativement stable autour de 14°C permettant la présence d'eau liquide. Cette période semblerait être caractérisée par une activité volcanique intense, des orages très forts et une érosion sévère. Plusieurs indices recueillis et analysés par des géologues et des biologistes permettent de dire que pendant la longue période qui a précédé l'ère primaire, la vie a commencé, dans des **conditions anaérobies**, avec des organismes très simples (**virus et bactéries**) hétérotrophes. Des dépôts formés d'**algues bleues procaryotes** agrégées d'éléments minéraux, les stromatolites, constituent une trace d'activité végétale depuis $-3,5$ milliards d'années environ. Entre $-3,5$ et $-1,5$ milliards d'années semble s'ajouter des **algues et des champignons**. Plus tard, des cyanobactéries, capables de **photosynthèse anaérobie** sont apparues. Les dépôts calcaires constituent des témoins de l'utilisation du CO_2 par ces organismes photosynthétiques. La concentration d'oxygène atmosphérique a augmenté progressivement et les formes anaérobies ont donné naissance à des formes aérobies. La respiration était devenue alors possible. Elle avait favorisé des modifications dans la structure des cellules donnant naissance à des eucaryotes, il y a $1,8$ milliards d'années. Les organismes eucaryotes sont devenus capables de mitose puis de méiose, donc de la reproduction sexuée qui est à l'origine de leur grande diversité.

b) **L'ère Primaire** (de -545 à -250 millions d'années et dans une échelle de temps ramené à une journée de 12 heures de 10h35 à 11h20). Elle est caractérisée par une grande diversité de la **faune marine**, avec en tête les **trilobites** et les **poissons cartilagineux**. En ce qui concerne la flore, au **Cambrien**, les grands groupes d'**algues** et de **champignons** s'étaient mis en place. Ce fut aussi **l'ère des fougères et des préspermaphytes** ou plantes qui forment des ovules ; mais qui n'ont ni graines, ni fruits. Ce sont des **progymnospermes** et des **préspermaphytes**. Au cours de cette ère, les insectes commencent la conquête de la terre ferme. Au **Dévonien**, les **amphibiens** font leur apparition suivie des **reptiles au Carbonifère**. Entre la fin de cette ère et le début de **l'ère Secondaire** apparaissent les **premiers dinosaures**. Les plantes continentales se diversifient énormément et des forêts surgissent. Les **plantes vasculaires** sont sorties de l'eau à la fin de **l'Ordovicien**. Les animaux **vertébrés au Dévonien**. **Ichtyostéga** est considéré comme étant le premier vertébré sur la terre ferme. Il s'agit d'une période au cours de laquelle la quantité d'oxygène a augmenté dans l'atmosphère et une couche d'ozone s'est formée dans la haute atmosphère, protégeant ainsi les organismes des rayons ultraviolets nocifs du soleil. C'est aussi la période de la formation de niches écologiques très diversifiées grâce à la tectonique des plaques. La sortie de l'eau s'est accompagnée d'un accroissement considérable de la biodiversité.

c) **L'ère Secondaire** (de -250 à -65 millions d'années) : à plusieurs reprises, les océans couvrent les continents. Le milieu de cette ère s'est caractérisé par une grande activité orogénique. Beaucoup de disparitions sont notées parmi les animaux les plus anciens. Dans le milieu marin se sont les **céphalopodes qui dominaient**. Sur la terre ferme une grande **diversification s'est faite au niveau des insectes**. C'est l'ère où les **premiers mammifères** et les **premiers oiseaux apparaissent**. C'est l'ère de **l'expansion maximale des dinosaures** et aussi l'ère de **leur extinction** au cours de la crise Crétacé-Tertiaire.

d) **L'ère Tertiaire** (de -65 à $-1,8$ millions d'années) : c'est une ère qui se caractérise par plusieurs **périodes de glaciation**. Les continents avaient leurs formes actuelles, les **monocotylédones** ont fait leur apparition et les **mammifères placentaires** sont devenus dominants.

e) **L'ère quaternaire** : la forte fragmentation des continents commencée dès l'ère Tertiaire et le nombre très élevé de hautes chaînes de montagnes seraient à l'origine de la grande diversité du vivant dans cette ère. Paradoxalement, cette ère se caractérise aussi par des extinctions en masse des grands mammifères. Les spécialistes lient ce phénomène aux **glaciations** répétées depuis $-1,6$ millions d'années et à la présence de **l'Homme** qui agit négativement sur l'environnement. Le quaternaire correspond à l'apparition de l'espèce Homme.

EXERCICE 1/Q.C.M

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponse (s) exacte (s). Repérez les affirmations correctes.

1- Ichtyostéga est :

- a- Un fossile qui date de l'ère secondaire.
- b- Un fossile qui a des poumons.
- c- Une forme intermédiaire entre les poissons et les reptiles.
- d- L'ancêtre commun des tétrapodes terrestres.

2- au cours des temps géologiques, les groupes de vertébrés sont apparus dans l'ordre suivant :

- a- Reptiles - batraciens - poissons - mammifères - oiseaux.
- b- Poissons - batraciens - oiseaux - reptiles - mammifères.
- c- Oiseaux - mammifères - reptiles - batraciens - poissons.
- d- Poissons - batraciens - reptiles - oiseaux - mammifères.

3- L'évolution biologique est :

- a- Une théorie qui explique l'ordre d'apparition des être vivants.
- b- Indépendante de l'évolution du globe terrestre.
- c- Étroitement liée à l'évolution géologique au niveau du globe terrestre.
- d- Une théorie qui s'oppose au fixisme.

EXERCICE 2

L'Archéoptéryx et Ichtyostéga sont deux fossiles qui fournissent aux chercheurs des arguments en faveur de l'évolution biologique des êtres vivants.

1- Énoncez la théorie de l'évolution.

2- Expliquez en quoi ces fossiles constituent-ils une preuve de l'évolution ?

EXERCICE 3

L'ornithorynque est un animal qui a été découvert à la fin du XVIII^e siècle près des cours d'eau et des lacs australiens. Cet animal se caractérise par une fourrure isolante, une queue aplatie et sans poils, des pieds palmés permettant de nager et de creuser des terriers. Cet animal a un bec de canard. Sa température interne est constante et égale à 32°C. La femelle pond de un à 3 œufs qu'elle couve pendant une dizaine de jours.

Les petits lèchent les poils abdominaux de leur mère entre lesquels s'écoule le lait et non pas au niveau de mamelons.

1- Dites si l'ornithorynque peut être considéré comme un témoin de la filiation des vertébrés. Justifiez la réponse.

2- Rangez le dans la phylogénie des vertébrés et par rapport à Dimetrodon.

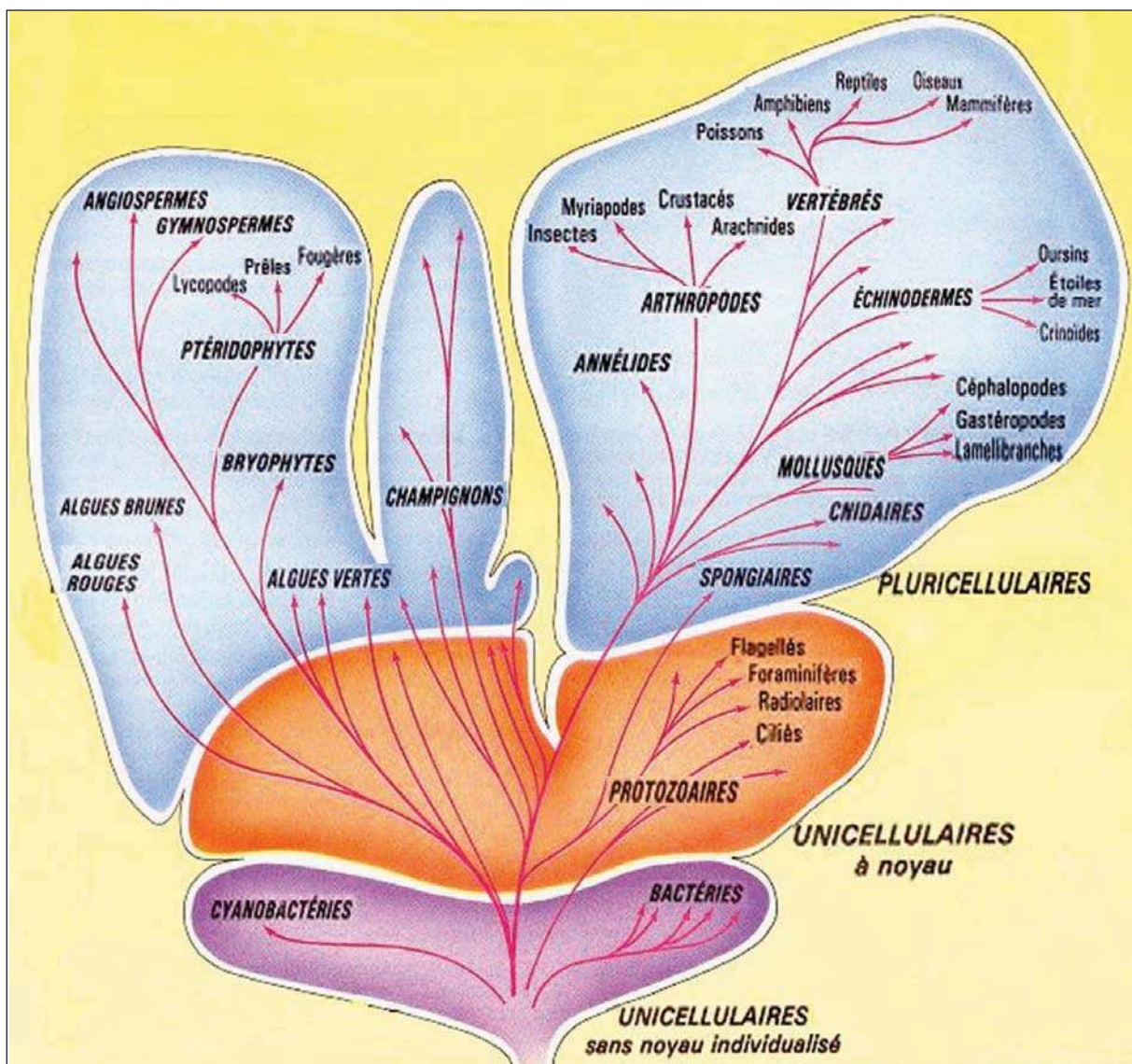


L'ornithorynque

EXERCICE 4

L'étude des fossiles et leur datation grâce à la technique de la radioactivité a permis de retracer les liens de parenté, représentés par l'arbre ci-contre, entre les êtres vivants depuis la naissance de la vie jusqu'à actuel :

- 1- analysez ce document afin de dégager les informations qui expliquent la théorie de l'évolution.
- 2- Donnez l'ordre d'apparition des principaux groupes d'animaux et de végétaux.



1 Le système solaire

Il y a 5 milliards d'années, un nuage de gaz et de poussière de notre galaxie s'est contracté en un corps dont la température est de plusieurs millions de °C ce qui entraîne la naissance du soleil. Le reste de la matière s'est dispersé autour du soleil sur certaines orbites donnant naissance aux planètes du système solaire : Terre, Mars...

Réaliser un document numérique (CD) ou analogique (dépliant, dossier) sur le [système solaire](#), en exploitant des informations saisies à partir de sources variées : Internet, Encyclopédies...

2 La géothermie

La chaleur interne ou géothermie de la Terre a deux origines :

- la radioactivité des roches internes.
- la chaleur (initiale) emmagasinée lors de la formation de la planète terre.

Cherchez sur Internet, des informations sur cette géothermie et les présenter dans un document analogique ou numérique.

3 Apparition de la vie terrestre

L'âge de la Terre est de 4,6 milliards d'années. Les premières formes de la vie datent de 3,8 milliards d'années.

Comment est apparue la vie sur terre ?

Cherchez des informations et les présenter sur document.

4 Les dinosaures

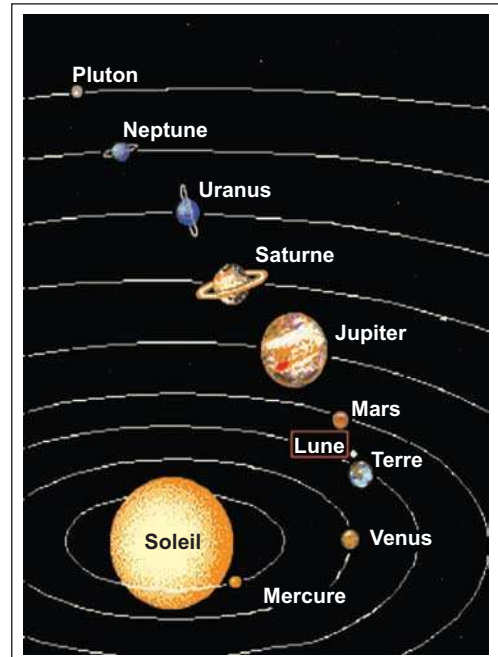
Les dinosaures sont des animaux reptiles qui ont dominé notre planète à l'ère secondaire.

Cherchez des informations sur le mode de vie des dinosaures (nutrition, déplacement, reproduction) et les causes de leur disparition et réalisez un document numérique ou analogique.

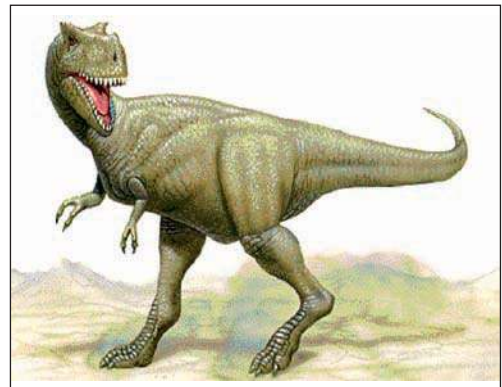
5 Devenir de la Méditerranée

Le résultat de la tectonique des deux plaques africaine et européenne sur la position des deux continents africain et européen et le devenir de la mer méditerranée.

Cherchez des informations. Rédigez une synthèse et la présenter sur document.



Le système solaire



Tyrannosaure

Archéobactérie	Groupe de procaryotes renfermant des bactéries vivants dans des milieux extrêmes comme des sources chaudes, des lacs très salés ou des sources très acides. Groupe le plus ancien d'organismes encore vivants.
Asthénosphère	Couche visqueuse du manteau supportant la lithosphère.
Basalte	Roche provenant de la solidification de lave fluide. Roche magmatique de surface.
Cendres	Formées de magma pulvérisé ou de matériaux broyés.
Collision	Affrontement entre deux plaques continentales conduisant à la surrection d'une chaîne de montagnes.
Convection	Mouvement lent de matière avec transport de chaleur, sous l'influence de différences de températures et de densités.
Cyanobactéries	Procaryotes photosynthétiques, synonymes d'algues bleues.
Discontinuité	Surface au niveau de laquelle la vitesse de propagation des ondes varie brusquement. Une discontinuité sépare deux milieux de nature différente.
Echelle de Mercalli	Appelée encore échelle internationale, elle est aujourd'hui la plus utilisée. Elle se fonde sur les effets du séisme ressentis à la surface, donc elle mesure les effets d'un séisme en différents sites et le même séisme a différentes valeurs. Elle comprend 12 degrés depuis I (non senti sauf dans des conditions très favorables), jusqu'au XII (dévastation totale).
Echelle de Richter = échelle de magnitude locale	Est une méthode de classement de la magnitude d'un séisme, la magnitude traduit la quantité d'énergie libérée au foyer d'un séisme, donc pour chaque séisme il existe une seule magnitude. L'échelle de Richter comprend 9 degrés depuis 1 jusqu'à 9 (en chiffres arabes).
Granite	Roche magmatique formée en profondeur.
Lapilli	Petites pierre projetée lors des explosions volcaniques.
Laves	Matériaux en fusion montés des profondeurs de la terre.
Lave visqueuse	S'écoule difficilement.
Lithosphère	Partie rigide, elle correspond à l'écorce et à la partie supérieure du manteau.
Magma	Matière en mouvement. Au cours d'une éruption volcanique, il peut s'élever jusqu'à la surface par une fracture ouverte.
Magnitude	La magnitude d'un séisme est en relation avec l'énergie qu'il libère ; elle est évaluée à partir de l'échelle de Richter.
Plaques lithosphériques	La lithosphère est constituée de morceaux rigides ou plaques se déplaçant les uns par rapport aux autres.
Raies sismiques	Représentent les trajectoires suivies par les ondes sismiques.
Rift	Fossé d'effondrement au milieu d'une dorsale océanique ou d'un continent à intense activité volcanique et sismique.
Scories	Roches légères rejetées au cours d'une éruption volcanique.
Subduction	Plongement d'une plaque lithosphérique sous une autre plaque au niveau d'une fosse.
Tectonique des plaques	Modèle qui reproduit le mouvement des plaques lithosphériques à la surface du globe terrestre.
ZFV	Zone à faible vitesse sismique Ou LVZ (low velocity zone).

Sommaire

Thème 1 Nutrition et santé	<ul style="list-style-type: none">– La malnutrition 6– Les besoins nutritionnels de l’homme 20– Des aliments aux nutriments : La digestion 55– Dégradation des nutriments : La respiration..... 73– Les risques liés à la consommation des aliments contaminés 93– Des microorganismes au service de la production des aliments 107– Le milieu intérieur et ses caractéristiques..... 117– L’excrétion urinaire..... 127– La régulation de la glycémie..... 139
Thème 2 Génétique	<ul style="list-style-type: none">– L’information génétique : des caractères aux gènes..... 159– L’information génétique : Mécanisme de l’expression 171– L’information génétique : ses manipulations en génie génétique 189– L’information génétique : Origine de la diversité 206– L’information génétique : Sa transmission 234
Thème 3 Dynamique du globe terrestre et évolution	<ul style="list-style-type: none">– Structure et composition du globe terrestre 261– Tectonique des plaques..... 280– L’évolution biologique..... 310

Bibliographie

- Collection synapse : génétique - Les premières bases.
- Collection synapse : génétique - Des caractères aux gènes
- Biologie Terminale D. Bordas. Collection Tavernier
- Sciences Naturelles. Classe Terminale D. P Vincent. Librairie Vuibert
- Biologie- Terminale D. Regis Demounem et Eric Perilleux. Collection Nathan
- Sciences de la Vie et de la Terre. Regis Demounem- Joseph Gourlaouen et Eric Perilleux.TS
- Sciences de la Vie et de la Terre 1^{ère} S. Bordas – R Tavernier. CLizeaux
- Plusieurs revues Recherche
- Plusieurs revues Sciences et Vie
- Les Dossiers de la Recherche
- Le Monde De La Nature (Larousse)
- Essential atlas of biology- Barron's
- The Hygh School Biology Tutor. Research and Education Association
- The Practical Geologist
- Biology Made Simple. Rita Mary King
- Biologie et Géologie TS- Collection Calamand- Edition Hachette
- Travaux pratiques de Biologie. DIDIER POL. Bordas
- Docteur Ben Mami Institut de Nutrition de Tunis
- Publication, Docteur Raja Boussetta – Zid (dentiste)
- Les toxi-infections alimentaires collectives (Ridha Hamza).
- Médecine Tropicale. Marc Gentilini-Bernard Duflo.
- Sciences de la vie et de la terre 1^{ère} S : R. Tavernier-C.Lizeaux. Bordas.
- Sciences de la vie et de la terre 3^{ème} S. Edition Nathan 1999.
- Sciences de la vie et de la terre 2^{de} Edition Hatier 2000
- Sciences de la vie et de la terre Term S Bordas 2002
- Biologie Géologie Première S Bordas 1988
- Biologie Géologie Term. S. Hachette 1994
- Biologie Terminale D. Nathan 1998
- Revues La Recherche.
- Sciences Naturelles 2^{ème} AS. CNP. 225 201
- Sciences Naturelles 3^{ème} AS.
- Encarta 2005 et 2006
- Internet.
- Atlas du Corps Humain. Editions M.C.
- LAROUSSE: Grand Atlas du Corps Humain.
- Sciences de la vie et de la terre Term S. Bordas : R.Tavernier-C.Lizeau.
- Sciences de la vie et de la terre 1^{ère} S. HATIER.
- Point Bac : Sciences de la vie et de la terre : Aide – mémoire Term S. HACHETTE.
- Collection TAVERNIER. BIOLOGIE. Terminale D. Bordas.
- Réflexe SMS : Biologie. Nathan
- PREPA BAC : Sciences naturelles D. HATIER.
- Sciences de la vie et de la terre : Les carnets de TleS. HATIER.
- Biologie Géologie 1^{ère} S. Fichier de travaux dirigés. MAGNARD Lycées.
- BIOLOGIE GEOLOGIE 4e. NATHAN : Eric PERILLEUX – Pierre THOMAS
- Les jeunes et la nutrition : Direction de la médecine scolaire et universitaire (Novembre 2005).
- Livre de géographie 1^{ère} année de Base C.N.P 206 103.
- L.CHIHI et H.PHILIP (géographie Atlas).
- I.N.R.A.T.