



**Charles DARWIN** (1809-1882) est le fondateur de la théorie de l'évolution. De 1831 à 1836, DARWIN fit un grand voyage scientifique à l'Amérique du Sud et aux îles Galápagos. Ses observations sur la diversité de la faune, notamment les pinsons lui ont permis de concevoir la théorie de l'évolution.

Selon DARWIN, l'évolution biologique est la seule explication scientifique qui rend compte des caractéristiques du monde vivant. Cette théorie suggère qu'il y a **des liens de parenté plus ou moins proches entre tous les êtres vivants. Cela signifie que toutes les espèces descendent d'une seule espèce ancestrale.**

L'histoire de la vie sur la terre est marquée à la fois par la disparition de certaines espèces et par l'apparition d'espèces nouvelles.

On estime à deux millions le nombre d'espèces existant actuellement. On estime par ailleurs, que 99,9% des espèces qui ont vécu sont maintenant éteintes.

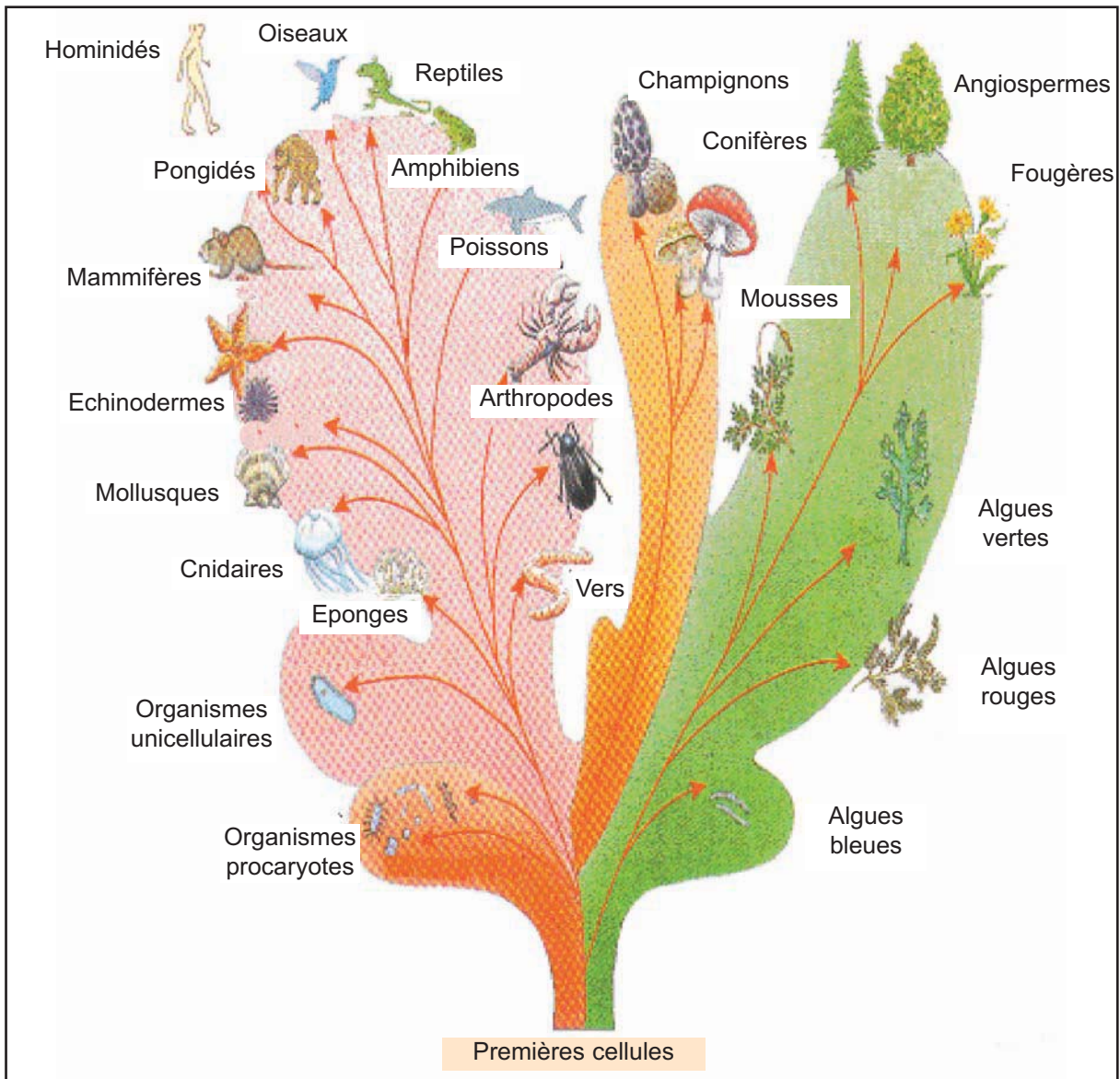
En 3ème sciences expérimentales, vous avez appris que les informations, fournies par la paléontologie, permettent d'établir des corrélations parentales chronologiques et géographiques entre divers organismes.

Mais, l'histoire évolutive des êtres vivants peut être retracée avec plus de précision en exploitant, non seulement les données paléontologiques, mais aussi des informations tirées de l'anatomie comparée, de l'embryologie comparée et des données de la biologie moléculaire. Actuellement l'étude comparée des protéines et des acides nucléiques chez diverses espèces est devenue un outil puissant permettant de retracer les filiations des êtres vivants.

Ce thème comporte un chapitre unique : la phylogénie des espèces et la spéciation.

## OBJECTIFS

- Argumenter l'idée de l'évolution par les données de l'anatomie comparée, de l'embryologie et de la biologie moléculaire.
- Etablir des phylogénies.
- Expliquer les mécanismes de l'évolution et de la spéciation.



Arbre phylogénétique du monde vivant

En s'appuyant sur les données de l'anatomie comparée, de l'embryologie comparée et de la biologie moléculaire :

- Comment peut-on argumenter les relations de parenté entre les espèces actuelles et passées ?
- Comment peut-on établir la phylogénie des espèces ?
- Quels sont les mécanismes de l'évolution ?
- Comment de nouvelles espèces peuvent-elles apparaître ?

1. La théorie de l'évolution, stipule que tous les êtres vivants ont une origine unique (ancêtre commun) et que les différentes espèces actuelles résultent d'une évolution.
2. Des arguments paléontologiques viennent confirmer cette théorie.
3. Les données paléontologiques montrent que les grands groupes biologiques se succèdent au cours des temps selon une complexification croissante des structures et des fonctions.
4. Au cours des temps géologiques, l'évolution des faunes et des flores est marquée par une succession d'apparitions et d'extinctions de différents groupes.
5. De nombreux facteurs géologiques sont susceptibles de modifier les milieux de vie des organismes. L'évolution des êtres vivants est en étroite relation avec les événements géologiques qui ont marqué l'histoire de la planète.
6. Une espèce est un ensemble d'individus qui se ressemblent et qui sont interféconds.
7. La mutation est une modification du matériel génétique provoquant l'apparition d'un nouveau caractère transmissible à la descendance. On distingue :
  - les mutations géniques ou ponctuelles qui modifient localement la séquence de l'ADN.
  - les mutations chromosomiques qui modifient l'organisation ou le nombre de chromosomes.
8. La mutation et le brassage chromosomique qui se produit au cours de la reproduction sexuée (méiose et fécondation) contribuent à la diversité génétique.
9. Les protéines sont des macromolécules formées d'un enchaînement d'acides aminés ou aminoacides.

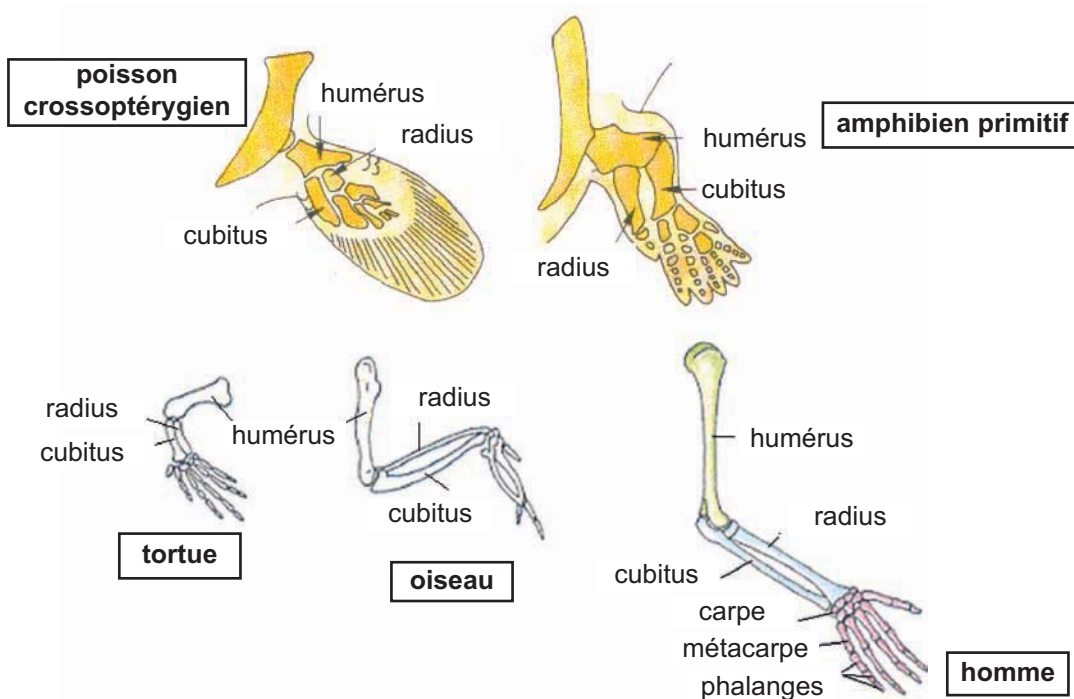
# Rechercher et construire

## I

### La phylogénie des espèces

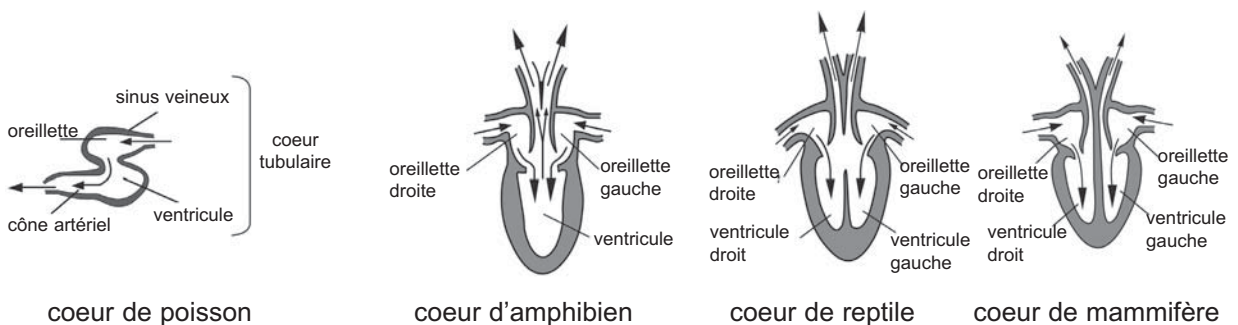
#### Activité 1 : argumenter l'évolution par les données de l'anatomie comparée

Le document 1 représente le squelette du membre antérieur dans les différentes classes de vertébrés.



Document 1 : squelettes de membres antérieurs chez différentes classes de vertébrés

Le document 2 montre un 2<sup>ème</sup> exemple d'anatomie comparée chez les vertébrés

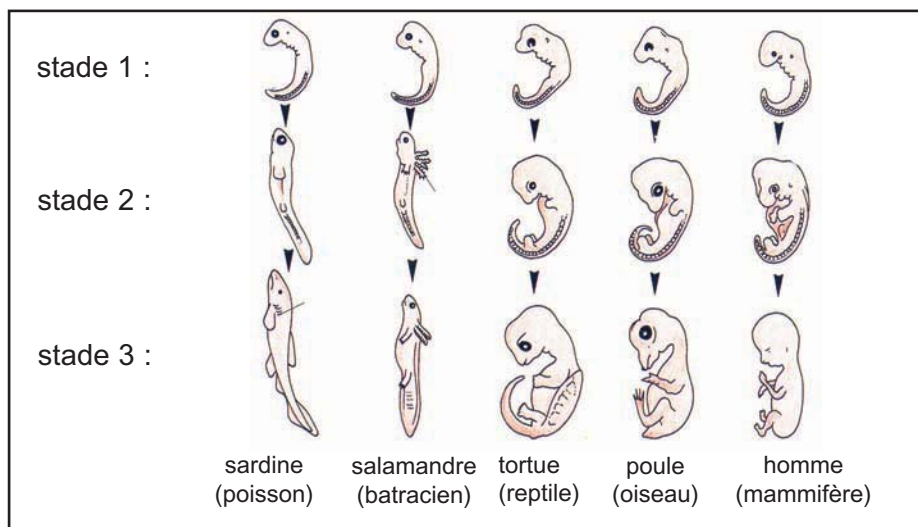


Document 2 : évolution du cœur des vertébrés

- Rappeler par un schéma la phylogénie des différentes classes de vertébrés établie grâce à la paléontologie
- En comparant les squelettes des membres et les cœurs des différents vertébrés, montrer que ces organes ont le même plan d'organisation.
- Préciser les transformations qui permettent de passer des poissons aux mammifères.
- Dédire que les données de l'anatomie comparée sont en accord avec celles de la paléontologie pour plaider en faveur de la théorie de l'évolution.

## Activité 2 : argumenter l'évolution à partir de la comparaison d'embryons de vertébrés.

Le document 3 représente trois stades du développement embryonnaire chez des espèces appartenant aux cinq classes de vertébrés :



Document 3 : stades embryonnaires de vertébrés

Dans leur premier stade de développement embryonnaire, les vertébrés possèdent **des fentes branchiales** qui se développent en **branchies**.

Les branchies persistent chez les poissons et leur permettent de respirer dans l'eau, alors qu'elles sont transitoires chez les batraciens (n'existent que chez les larves).

Les autres vertébrés (reptiles, oiseaux, mammifères) montrent eux aussi, au cours des premiers stades du développement embryonnaire, des ébauches de fentes branchiales semblables à celles des poissons. Ces ébauches disparaissent au cours du développement embryonnaire.

- Comparer les différents embryons au stade 1. quelle idée peut-on dégager ?
- En comparant les embryons de vertébrés au stade 3 à ceux aux stades précédents, nommer, en le justifiant, le groupe le plus primitif et le groupe le plus évolué.
- Dédire que l'embryologie comparée complète les arguments paléontologiques et anatomiques et plaide en faveur de la théorie de l'évolution.

## Activité 3 : argumenter l'évolution par des données de la biologie moléculaire

**A-** Dans le tableau suivant, on a porté la séquence en aminoacides d'une portion de la myoglobine (protéine du muscle strié), chez différentes espèces.

| Séquence d'acides aminés | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Homme                    | Ser | Asp | Gly | Glu | Trp | Gln | Leu | Val | Leu | Asp | Val | Trp | Gly | Lys | Val | Glu | Ala | Asp | Ile | Pro | Gly |
| Gibbon                   | Ser | Asp | Gly | Glu | Trp | Gln | Leu | Val | Leu | Asp | Val | Trp | Gly | Lys | Val | Glu | Ala | Asp | Ile | Pro | Ser |
| Chien                    | Ser | Asp | Gly | Glu | Trp | Gln | Leu | Val | Leu | Asp | Ile | Trp | Gly | Lys | Val | Glu | Thr | Asp | Leu | Val | Gly |
| Manchot (oiseau)         | Asp | Asp | Gln | Glu | Trp | Gln | Gln | Val | Leu | Thr | Met | Trp | Gly | Lys | Val | Glu | Ala | Asp | Ile | Ala | Gly |

Document 4 : séquences d'acides aminés de la myoglobine chez certaines espèces

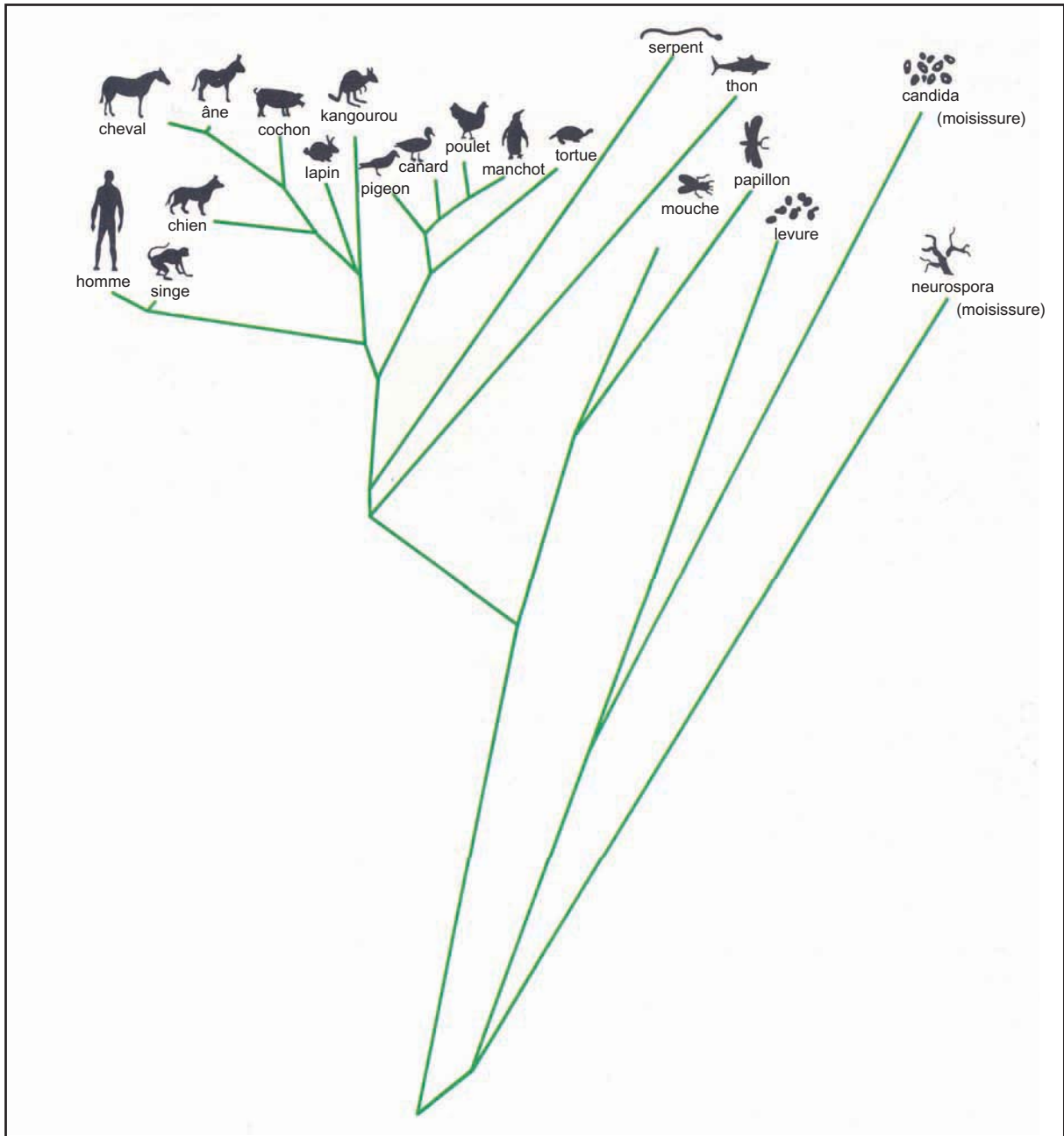
Le tableau suivant donne la correspondance entre les acides aminés et les abréviations utilisées dans le tableau précédent

|                |     |               |     |
|----------------|-----|---------------|-----|
| Ac. aspartique | Asp | Leucine       | Leu |
| Ac. glutamique | Glu | Lysine        | Lys |
| Alanine        | Ala | Méthionine    | Met |
| Arginine       | Arg | Phénylalanine | Phe |
| Asparagine     | Asn | Proline       | Pro |
| Cystéine       | Cys | Sérine        | Ser |
| Glutamine      | Gln | Thréonine     | Thr |
| Glycine        | Gly | Thryptophane  | Try |
| Histidine      | His | Tyrosine      | Tyr |
| Isoleucine     | Ile | Valine        | Val |

- Montrer comment la comparaison des séquences d'acides aminés de la myoglobine chez ces 4 espèces suggère l'idée de parenté entre ces espèces.
- En comparant les séquences d'acides aminés des 4 espèces, déterminer le nombre de différences en prenant les espèces deux à deux.
- Préciser l'origine de ces différences.
- En vous appuyant sur le nombre de différences en acides aminés, déduire le degré de parenté entre ces différentes espèces, sachant que le degré de parenté correspond à la proximité ou à l'éloignement dans le temps de l'ancêtre commun.
- Formuler un principe mettant en relation le nombre de différences et le degré de parenté des espèces.
- En se basant sur ce principe, établir un arbre phylogénétique reliant ces quatre espèces.



**B-** Le document 5 représente la phylogénie d'une vingtaine d'espèces établie en se basant sur les différences dans la composition en acides aminés d'une enzyme respiratoire de nature protéique : le cytochrome C.



Document 5 :  
Phylogénie de vingt espèces différentes établie par ordinateur d'après les différences dans la séquence des acides aminés du cytochrome C.  
(Dessin d'après "L'évolution". Éd. Belin.)

- Décrire la phylogénie présentée.
- Retrouver dans ce document la phylogénie établie dans l'exercice précédent.

L'évolution nous apprend qu'il se forme de nouvelles espèces à partir d'une espèce originelle : c'est la spéciation.

Par quels mécanismes se fait l'évolution des espèces ?

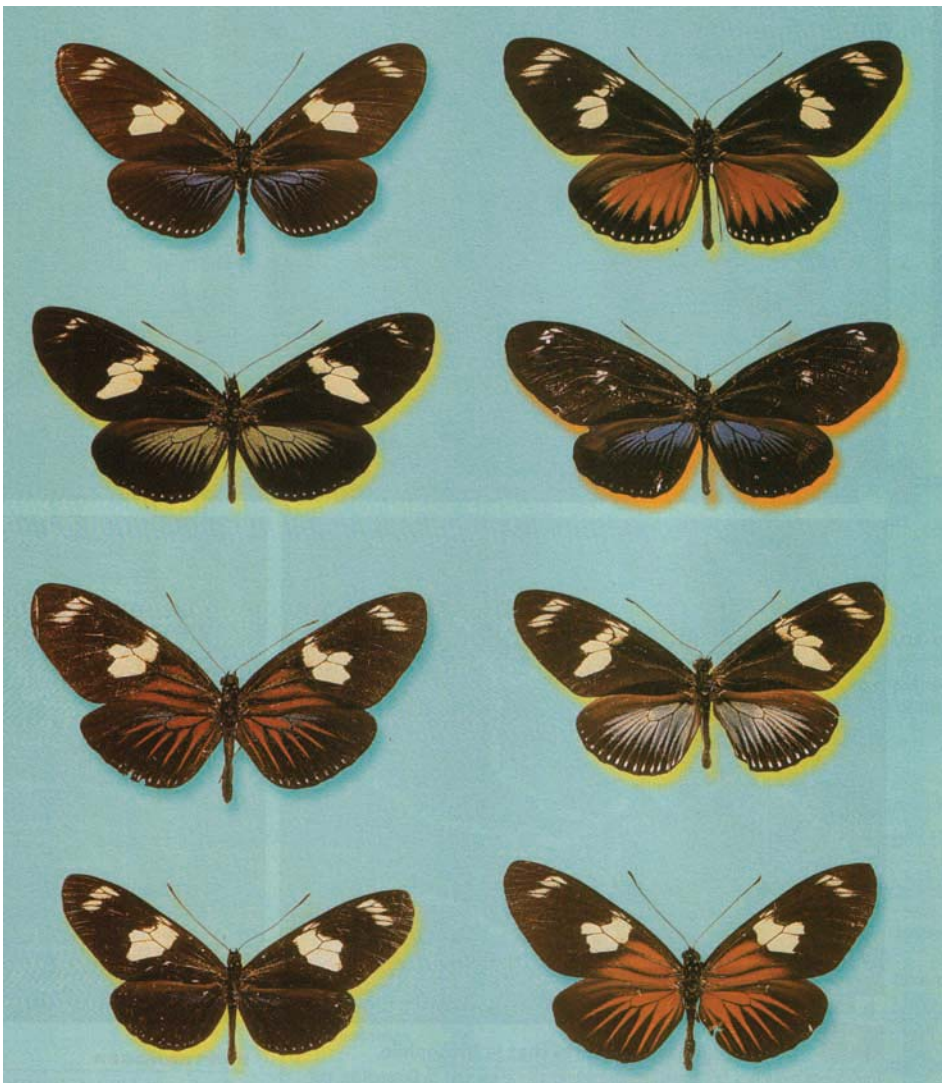
## Activité 4 : expliquer les mécanismes de l'évolution

### 1. Les mutations

#### A - Exemple 1 :

Variation de la pigmentation des ailes chez un insecte : le papillon.

Le document 6 montre la diversité génétique chez une espèce de papillon. Le motif des ailes est un caractère héréditaire



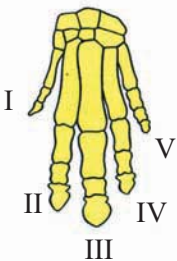
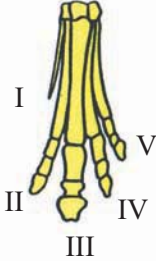
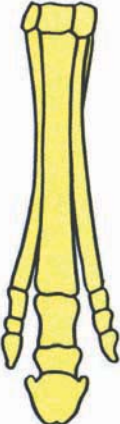
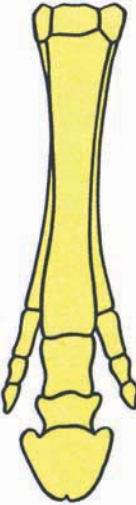
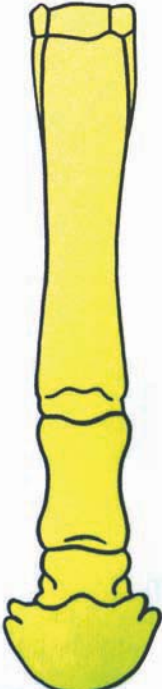
Document 6 : diversité génétique chez une espèce de papillon

- En vous appuyant sur vos connaissances relatives à l'origine de la diversité génétique, expliquer la diversité phénotypique constatée au sein de cette espèce de papillon.



### B- Exemple 2 : Rôle des mutations dans l'évolution des pattes du cheval

Les études paléontologiques ont montré que la lignée des équidés a pour origine un petit animal (genre Phenacodus) de la taille d'un loup apparu à l'éocène (début du tertiaire : – 60 MA). Les squelettes des pattes des représentants de la lignée, découverts dans les séries stratigraphiques du tertiaire et début du quaternaire (-1 MA), montrent une évolution des membres illustrée par le document suivant.

| Phenacodus<br>Début III <sup>aire</sup>                                           | Eohippus<br>(Eocène)                                                              | Miohippus<br>(Oligocène)                                                          | Merychippus<br>(Miocène)                                                            | Equus<br>(Pliocène-IV <sup>aire</sup> )                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |  |

Document 7 : l'évolution de la patte du cheval

- En quoi consiste l'évolution du membre du cheval ?
- Quelle est l'importance de cette évolution dans la locomotion du cheval ?
- Proposer une hypothèse quant à l'origine de cette évolution.

### C- Exemple 3 :

Variation structurale de la molécule d'hémoglobine chez les vertébrés

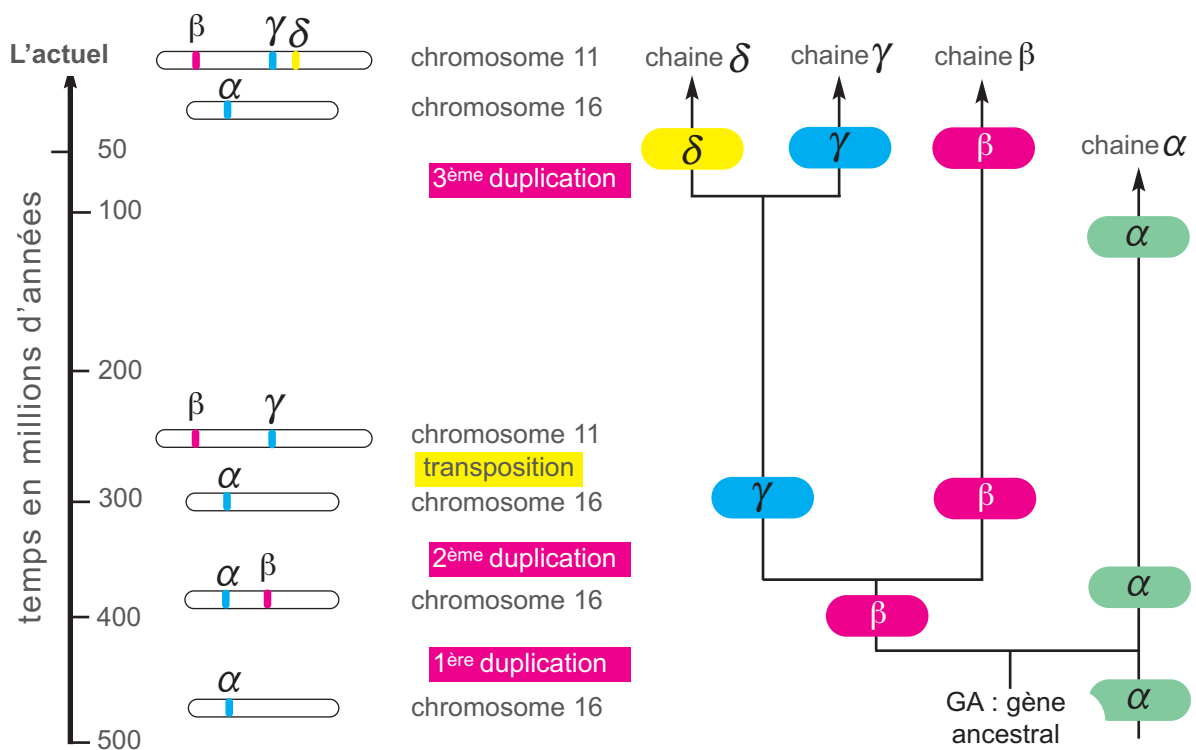
L'hémoglobine est une hétéroprotéine constituée de 4 **hèmes** (molécules non protéiques possédant un atome de fer) associés à 4 chaînes polypeptidiques, **les globines**, identiques deux à deux et comportant de 141 à 146 acides aminés selon le type de chaîne.

L'existence, chez un même organisme, de différents gènes codant pour des séquences voisines peut s'expliquer de la façon suivante :

- tous ces gènes sont apparentés, c'est-à-dire provenant d'un **gène ancestral unique** (ce qui explique les nombreuses ressemblances constatées).
- le gène ancestral s'est dupliqué et la copie obtenue s'intègre en un autre endroit du génome (soit sur le même chromosome à un autre locus, soit sur un autre chromosome).

- le mécanisme **duplication - transposition** s'est répété un certain nombre de fois au cours de l'évolution, produisant finalement les différents gènes.
- soumis à des mutations, ces gènes ont évolué indépendamment les uns des autres, les **différences** entre eux s'accroissent au cours du temps.

L'étude de la répartition des différentes globines chez les vertébrés actuels d'une part, la connaissance de l'époque d'apparition de leurs plus lointains ancêtres d'autre part, permettent de dater certaines duplications. C'est ainsi par exemple que les agnathes actuels (poissons sans mâchoires comme la lamproie) sont les seuls vertébrés à posséder une hémoglobine avec un seul type de globine. Or ce groupe est très ancien : il est apparu au début de l'ère primaire (vers – 450 MA). En revanche, tous les autres vertébrés possèdent au moins des chaînes  $\alpha$  et  $\beta$ . La duplication du gène ancestral des globines a donc dû se produire vers – 400 MA. Les primates, apparus vers – 40 MA, sont les seuls à posséder de la globine  $\delta$ . C'est le résultat de la duplication récente du gène  $\gamma$ .



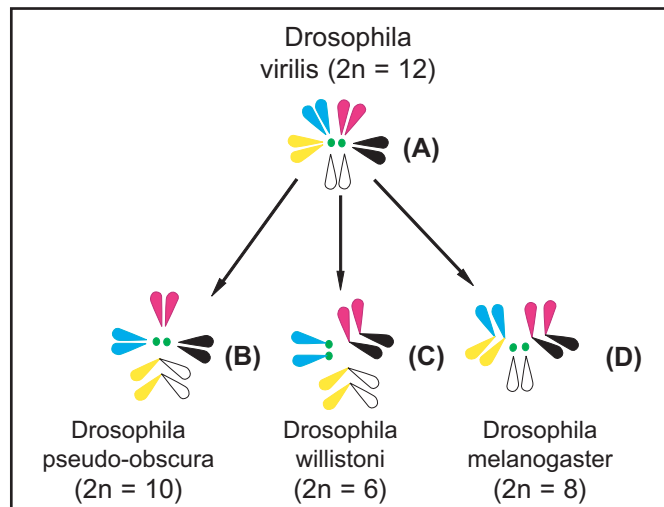
Document 8 : origine de la diversité structurale de la molécule d'hémoglobine

- A partir de l'analyse de l'arbre phylogénétique du document 8, proposer une hypothèse explicative de la diversité structurale de la molécule d'hémoglobine des vertébrés.

#### D- Exemple 4 :

Évolution de certaines espèces de drosophile.

Le document 9 représente le caryotype de différentes espèces de drosophile.



Document 9 : caryotypes de différentes espèces de drosophile

- A partir de l'analyse du document 9, identifier et expliquer le mécanisme responsable de l'évolution de l'espèce *D. virilis*.

#### E- Exemple 5 :

La polyploïdie chez le blé.

Formules chromosomiques de trois espèces de blé :

- Triticum monococcum ( $2n=14$ )
- Triticum durum (blé dur)( $4n=28$ )
- Triticum aestivum (blé tendre)( $6n=42$ )
- On connaît une graminée sauvage à  $2n=14$  chromosomes

Les espèces polyploïdes ont pour origine la fécondation entre deux gamètes diploïdes (qui n'ont pas subi la réduction chromatique)

deux gamètes Triticum monococcum  $2n=14$  +  $2n=14$  donnent  $4n=28$  (Triticum durum)

un gamète de Triticum durum ( $4n=28$ ) + un gamète de Triticum monococcum ( $2n=14$ ) donnent  $6n=42$  (Triticum aestivum).

## 2. Le rôle du milieu dans l'évolution biologique :

La mutation produit une diversité génotypique et phénotypique. Pourquoi certains mutants survivent et d'autres disparaissent ?

Etudions l'évolution de la population d'un papillon : la phalène du bouleau (*Biston betularia*).

Le document 10 montre deux souches de ce papillon : une souche sauvage de phénotype clair et l'autre mutante de phénotype sombre.



Photo A : forme claire



Photo B : forme sombre

Document 10 : les formes de la phalène du bouleau (*Biston betularia*)

- La phalène du bouleau (le bouleau est un arbre à écorce blanche) est un papillon nocturne vivant dans la région de Manchester, en Grande Bretagne. Jusqu'au 19ème siècle, les populations de phalène étaient exclusivement représentées par des individus de couleur claire, ne montrant que quelques tâches noires (forme typique : photo A). Posé sur des troncs de bouleau recouverts de lichens, il est difficile à être repéré par les oiseaux prédateurs.

A partir de 1849, on commence à rencontrer des papillons beaucoup plus sombres (forme carbonaria : photo B). La fréquence de cette forme a ensuite augmenté jusqu'à représenter 90% des populations de phalène dans les régions industrialisées de la Grande Bretagne. Cette évolution coïncide avec le développement, dans la région de Manchester, d'industries très polluantes, qui entraînent la disparition des lichens et le noircissement des troncs de bouleau. Ainsi le milieu a opéré **une sélection** entre les deux variétés.

- Montrer à partir de l'analyse du document 10, le rôle du milieu dans la survie ou la disparition des mutants.
- En utilisant les données de l'activité 4, nommez les deux mécanismes de l'évolution

### III

## *Histoire d'une spéciation : les pinsons des îles Galápagos*

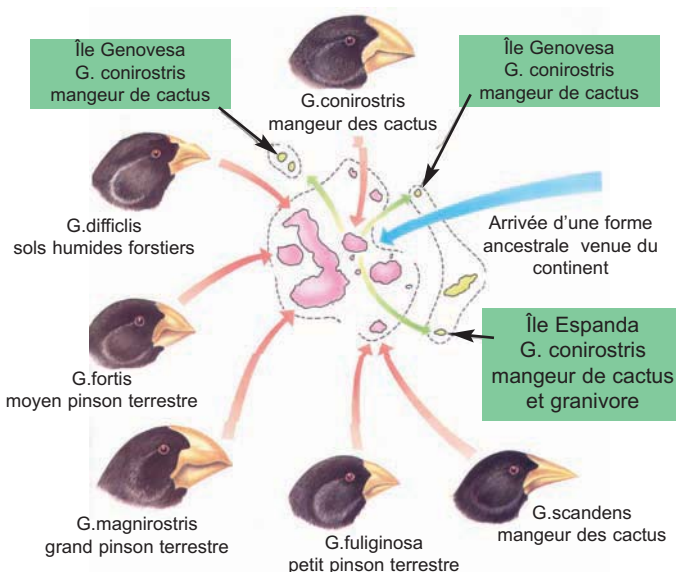
### Activité 4 : dégager les mécanismes de la spéciation

« L'espèce est un groupe de populations naturelles à l'intérieur desquelles les individus sont réellement (ou potentiellement) capables de se croiser et qui sont reproductivement isolés d'autres groupes semblables ».

En 1836, Darwin, en s'appuyant sur des observations concernant la diversité des espèces de pinsons des îles Galápagos, a fondé la théorie de l'évolution.

Darwin pense que les migrations des pinsons du continent Sud-Américain vers les différentes îles de Galápagos sont à l'origine de l'apparition de nombreuses espèces d'oiseaux à partir d'une espèce originelle.

Les documents 11 et 12 montrent l'évolution d'une espèce d'oiseaux : les pinsons (genre *Geospiza*) dans les îles Galápagos



Document 11 :  
répartition géographique des espèces de pinsons (*Geospiza*) dans les îles Galápagos.

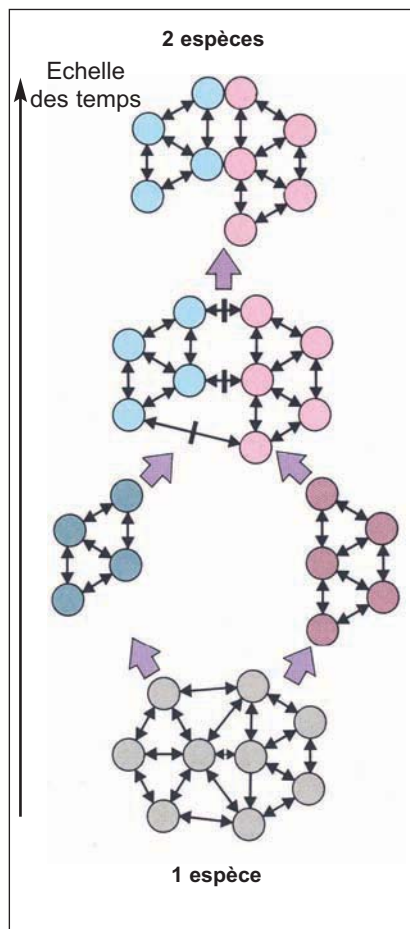
- Groupe d'îles centrales et l'occupation des diverses niches écologiques
- Groupe d'îles périphériques et les nouvelles niches écologiques occupées par *G. conirostris*.

4- coexistence des populations des 2 espèces sur le même territoire.

3- les 2 groupes de populations isolés reviennent en contact.

2- séparation et isolement géographique de 2 groupes de populations (2 milieux de vie)

1- population d'une même espèce (1 milieu de vie)



2 nouvelles espèces avec des caractères différents: morphologiques, anatomiques, physiologiques, chromosomiques, biochimiques, éthologiques et écologiques.

Acquisition de l'isolement reproductif : les 2 espèces séparées rendent impossibles les échanges génétiques; les croisements entre individus des 2 espèces donnent une descendance non viable ou stérile.

Différenciation génétique lente et indépendante dans chaque groupe de populations ; la divergence génétique s'accroît au cours du temps et conduit à des patrimoines génétiques adaptés chacun, par sélection naturelle, à des conditions différentes de milieu de vie.

Echange génétique entre populations : les flèches montrent que les croisements sont possibles entre individus qui se déplacent d'une population à l'autre.

→ diversification au sein de l'espèce, polymorphisme.

Document 12 : les étapes de l'évolution des pinsons

- A partir de l'analyse des documents 11 et 12, dégager les informations en rapport avec la diversification des caractères des différents types de pinsons.
- Etablir une relation entre la diversité des biotopes (îles de Galápagos) et la diversité des espèces de pinsons.
- Expliquer la pensée de Darwin en précisant les différents obstacles qui s'opposent à l'interfécondité des différentes populations de pinsons.
- Dégager les facteurs de spéciation.



# Bilan des activités et synthèse

**Théorie de l'évolution d'après Darwin : toutes les espèces dérivent d'une seule espèce originelle appelée ancêtre commun.**

La théorie de l'évolution est apparue au XIX<sup>e</sup> siècle avec Lamarck et a triomphé surtout avec Darwin.

Pour **Lamarck** (1744 -1829), la vie a commencé sous la forme d'êtres extrêmement simples qui se sont progressivement compliqués au cours des temps. L'action prolongée des contraintes du milieu provoque des transformations adaptatives (développement ou régression d'organes) qui sont transmises à la descendance.

Comme Lamarck, **Darwin** admet l'idée **de transformations lentes et graduelles des espèces**. Mais contrairement à Lamarck, les variations ne sont pas des réponses à l'action du milieu mais font l'objet d'un tri exercé parmi les êtres les plus en accord avec les exigences du milieu.

Il se produit une **sélection naturelle** qui aboutit à la survie et au développement des **espèces** les plus **adaptées** au milieu.

## I La phylogénie des espèces

La phylogénie ou arbre phylogénétique est une représentation qui montre les liens de parenté (ou relations phylogénétiques) entre les différents groupes et espèces des êtres vivants et leur évolution au cours du temps.

En plus des arguments paléontologiques, les données fournies par l'anatomie comparée, l'embryologie et la biologie moléculaire permettent d'établir des relations phylogénétiques entre les espèces.

### 1- Les arguments de l'anatomie comparée :

**a-** les membres des vertébrés tétrapodes actuels, ont le même plan d'organisation : on parle d'organes homologues. Cependant, ils présentent des adaptations particulières liées à leur mode de vie.

Cette similitude d'organisation suggère une origine commune des vertébrés.

**b-** L'anatomie comparée de l'appareil circulatoire des vertébrés : poissons, batraciens, reptiles, oiseaux et mammifères montre qu'il y a une complexification croissante dans l'organisation de l'appareil circulatoire des poissons aux mammifères.

- Le cœur des poissons comprend deux loges, une oreillette et un ventricule. L'oreillette est précédée d'un sinus veineux et le ventricule est suivi d'un bulbe artériel.

- Chez les batraciens l'appareil circulatoire comprend deux oreillettes et un ventricule où se fait un mélange du sang artériel et du sang veineux.

- Chez les reptiles, le cœur comporte deux oreillettes et un ventricule. Toutefois ce ventricule présente une cloison musculaire incomplète qui constitue une véritable séparation physiologique lors de la contraction du cœur : tout se passe comme s'il y avait deux ventricules distincts.

- Chez les oiseaux et les mammifères le cœur possède deux oreillettes et deux ventricules. L'oreillette et le ventricule gauches ne contiennent que du sang artériel. L'oreillette et le ventricule droits ne contiennent que du sang veineux.

L'anatomie comparée montre qu'il y a une filiation entre les différents groupes de vertébrés à partir d'un ancêtre commun probablement d'origine aquatique avec une complexification des organes homologues des poissons aux mammifères.

(activité 1)

## 2- Les arguments de l'embryologie comparée :

Les embryons de tous les vertébrés se ressemblent. Ils possèdent tous à un stade précoce, des fentes branchiales. Celles-ci persistent et se développent chez les poissons dont l'adulte mène une vie aquatique avec une respiration branchiale. Elles régressent chez l'animal à respiration pulmonaire. Des ressemblances entre embryons de vertébrés terrestres et embryons de poissons apparaissent également au cours du développement embryonnaire pour d'autres organes: cœur, encéphale, appareil digestif, rein, ...

Les similitudes que manifestent les embryons des vertébrés au cours de leur développement plaident en faveur de leur parenté, c'est-à-dire d'une origine commune à tous les vertébrés. La ressemblance des embryons des divers vertébrés terrestres à l'embryon de poissons constitue un argument qui confirme leur origine aquatique, comme en témoigne l'anatomie comparée.

L'embryologie permet de comprendre les tendances évolutives qui ont affecté les différents groupes au cours des temps géologiques. **Le groupe de poissons dont l'embryon présente le moins de transformations par rapport à l'adulte est le groupe le plus primitif.**

L'embryologie donne ainsi une signification évolutive à la classification des êtres vivants.

(activité 2)

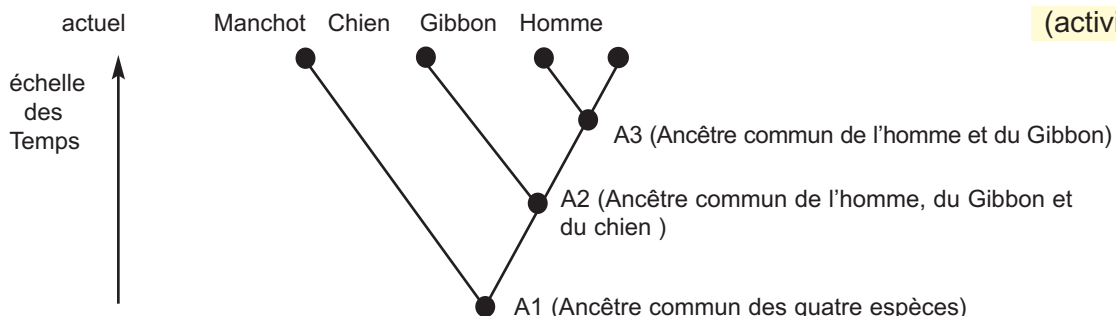
## 3- Les arguments de la biologie moléculaire :

L'étude de séquences de protéines apporte des informations intéressantes sur les relations phylogénétiques entre les espèces.

Sachant que la synthèse des protéines est contrôlée par les gènes, les similitudes moléculaires constatées chez les vertébrés montrent l'existence d'un gène ancestral et d'un lien de parenté.

Les différences entre les séquences en acides aminés de la même molécule (insuline, hémoglobine, cytochrome...), chez des espèces vivantes actuellement, sont dues à des mutations. Ces mutations se produisent à un rythme donné, pour une protéine donnée et s'accumulent donc au cours du temps. Le nombre de différences, en acides aminés, entre des protéines homologues chez deux espèces, fournit alors de précieux renseignements sur leur degré de parenté. Ainsi on admet que **plus le nombre d'acides aminés différents est élevé, plus l'ancêtre commun des deux espèces est éloigné dans le temps et inversement.**

Le dénombrement des différences entre acides aminés constitue donc une méthode de mesure du degré de parenté entre les êtres vivants. Voici l'arbre phylogénétique établi à partir des données du document 4.



(activité 3)

## II

## Les mécanismes de l'évolution

Les mécanismes de l'évolution des espèces expliquent la diversification du monde vivant et l'apparition de nouvelles espèces. Ils impliquent nécessairement des modifications au niveau de l'information génétique.

En modifiant l'information génétique, **les mutations** s'opposent à la stabilité de l'espèce et tendent à la transformer au cours du temps. Des espèces nouvelles peuvent alors apparaître à partir de l'espèce ancestrale : **c'est la spéciation.**

## 1- Les mutations géniques :

Elles résultent de la substitution, de l'addition ou de la soustraction, lors de la réplication de l'ADN, d'une ou de plusieurs paires de nucléotides d'un gène

La mutation génique a pour conséquence le changement de la structure du gène et **l'apparition d'allèles nouveaux**. Il peut en résulter une variation du caractère contrôlé par ce gène. Exemple: la variabilité constatée dans les motifs colorés des ailes du papillon.

les mutations cumulées et orientées vers une même direction comme chez les équidés, aboutissent à la transformation de certains organes qui deviennent adaptés à de nouvelles fonctions. Ainsi s'ajoute à la reproduction sexuée génératrice de diversité, **la mutation source de variabilité**.

Mutation et reproduction sexuée sont deux processus complémentaires; leurs effets combinés font apparaître, au sein de la même espèce, des individus aux génotypes nouveaux.

La mutation contribue, avec la reproduction sexuée, à la transformation de l'espèce et à l'apparition d'espèces nouvelles.

## 2- Les mutations chromosomiques :

### a- L'amplification génique

Les mutations géniques ne sont pas suffisantes pour expliquer l'accroissement de la diversité génétique au sein d'une espèce. Un autre mécanisme aussi important, l'amplification génique, intervient et fait augmenter la taille de l'information génétique.

#### Cas de l'hémoglobine :

Les gènes codant pour les différents types de chaînes de globine ne sont pas des gènes allèles puisqu'ils n'occupent pas le même locus. Chez l'homme, les principaux loci sont situés d'une part sur le chromosome 11, d'autre part sur le chromosome 16. Ce qu'il faut remarquer c'est que tous les gènes des diverses classes de vertébrés sont similaires. Les similitudes entre gènes s'interprètent comme le résultat d'une ou plusieurs duplications à partir d'un gène ancestral (ou gène originel) unique. On admet que c'est la duplication du gène ancêtre des poissons qui aurait conduit successivement aux gènes des amphibiens puis à ceux des reptiles et enfin à ceux des mammifères.

Les copies du gène issues des duplications peuvent rester proches sur le même chromosome, ou être localisées sur des chromosomes différents. Les génomes se diversifient donc aussi par création de nouveaux gènes à partir de gènes préexistants: **c'est l'amplification génique**.

### b- Les modifications du caryotype

En comparant les caryotypes d'espèces différentes de drosophiles, on peut remarquer que leurs caryotypes diffèrent par quelques remaniements chromosomiques. C'est ainsi que les fusions de 2 chromosomes de l'espèce souche (ancestrale) : *Drosophila virilis*, ont pu donner naissance à trois nouvelles espèces.

La comparaison du nombre de chromosomes de quelques espèces de blé montre qu'elles diffèrent par la multiplication du nombre de chromosomes de base ( $n = 7$ ).

Ce sont des espèces **polyploïdes**. Le blé cultivé possède 42 chromosomes et provient d'une espèce de graminées sauvage à 7 paires de chromosomes. Le blé est donc un hexaploïde.

Les **remaniements chromosomiques** constatés chez la drosophile et la multiplication du nombre de chromosomes (cas du blé) se sont produits au cours de la méiose. Il en résulte de nouveaux caryotypes différents de celui de l'espèce originelle. Il se crée alors entre les individus porteurs de ces caryotypes nouveaux et l'espèce originelle une barrière à la reproduction (ces caryotypes sont tellement différents qu'ils ne peuvent plus s'apparier correctement au cours de la méiose).

Ces individus se seraient isolés reproductivement des autres membres de l'espèce et auraient été à l'origine d'espèces nouvelles.

### 3- La sélection naturelle :

Soumis aux **conditions du milieu**, certains individus ont une probabilité plus grande que d'autres de survivre et de transmettre leurs gènes à la descendance.

La sélection naturelle privilégie donc la transmission de certaines mutations, notamment celles qui donnent un avantage dans des conditions environnementales données.

L'exemple des phalènes du bouleau est très démonstratif : au sein de la population coexistent des formes de phénotypes variés, et suivant les conditions du milieu, les individus qui ont plus de chance d'échapper à leurs prédateurs, transmettent leurs gènes à la descendance. Contrairement aux innovations génétiques qui sont des remaniements moléculaires aléatoires non orientés, la sélection naturelle est un processus orienté qui favorise la survie des individus dont les phénotypes sont les mieux adaptés à un milieu donné.

(activité 4)

## III

### III. Histoire d'une spéciation : les pinsons des îles Galápagos

La spéciation est l'ensemble des processus qui aboutissent à l'apparition de nouvelles espèces à partir d'une espèce originelle. Le phénomène de spéciation peut être illustré par les études de Darwin concernant les pinsons des îles Galápagos.

Une forme ancestrale de pinsons terrestres, granivores, venue de l'Amérique du Sud a envahi l'archipel des Galápagos, alors dépourvu d'oiseaux. Elle s'est installée dans les groupes d'îles centrales où des niches écologiques étaient disponibles.

La migration des pinsons vers les îles périphériques a divisé l'espèce en groupes qui ont évolué indépendamment en accumulant les mutations. Dans leurs nouveaux milieux, les pinsons ont pu modifier leurs exigences écologiques ; leur nourriture est faite de grains, d'insectes de fruits ou de bourgeons ce qui se traduit sur le plan morphologique par des becs de formes différentes grâce à l'acquisition de nouveaux phénotypes (formes du bec) générés par les mutations et la sélection naturelle.

La spéciation des pinsons des îles Galápagos s'est effectuée par un isolement géographique qui aboutit à un isolement reproductif.

L'isolement reproductif peut être la conséquence d'un :

a- isolement écologique: les conjoints potentiels peuvent ne plus se rencontrer parce qu'ils occupent des niches écologiques différentes.

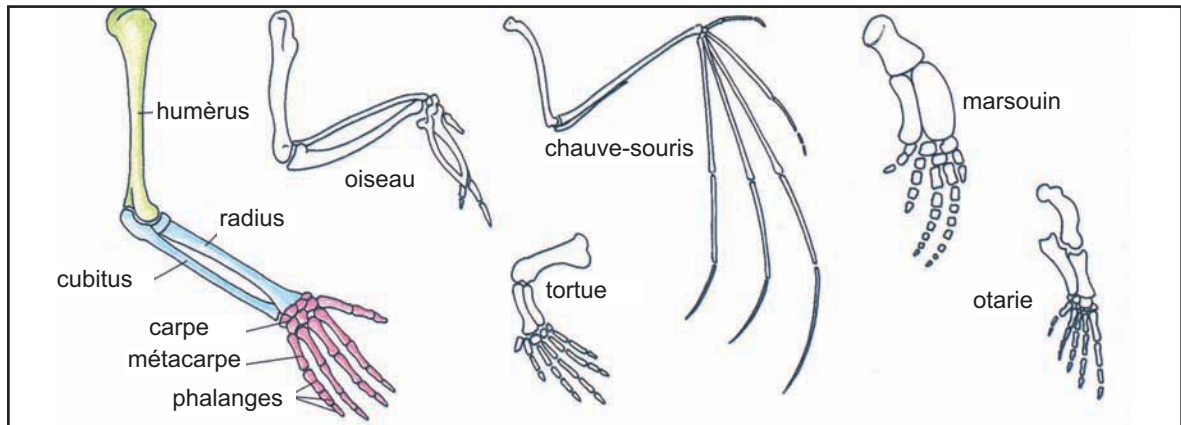
b- isolement saisonnier: la période de l'accouplement survient à des moments différents.

c- isolement éthologique (comportemental) dû à la non attraction sexuelle entre les deux partenaires..

d- isolement génétique dû à une incompatibilité génétique entre les deux individus : il n'y a plus d'appariement chromosomique et de brassage génétique entre leur matériel génétique.

(activité 5)

## EXERCICE 1



1- En prenant pour référence la représentation du squelette du membre antérieur de l'homme, repérer par des couleurs identiques les parties homologues des membres des autres espèces.

2- Que peut-on déduire de l'existence d'une unité du plan d'organisation au niveau du membre des vertébrés ?

## EXERCICE 2

Le tableau suivant présente l'enchaînement de 9 acides aminés d'une hormone hypophysaire : l'ocytocine, chez trois groupes de vertébrés actuels : les poissons (P), les batraciens (B) et les mammifères (M).

| Acides aminés<br>groupes | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Poissons                 | Cys | Tyr | Ile | Ser | Asp | Cys | Pro | Ile | Gly |
| Batraciens               | Cys | Tyr | Ile | Glu | Asp | Cys | Pro | Ile | Gly |
| Mammifères               | Cys | Tyr | Ile | Glu | Asp | Cys | Pro | Leu | Gly |

1- Que peut-on déduire de la comparaison de l'enchaînement des acides aminés de l'ocytocine chez les trois groupes de vertébrés ?

2- Construire l'arbre phylogénétique de ces trois groupes.

## Corrigé exercice 2

1- La comparaison des séquences d'acides aminés de l'ocytocine chez les trois groupes montre :

- L'existence d'une ressemblance moléculaire : 7 acides aminés sont identiques chez les trois espèces. On pense donc que ces trois séquences d'acides aminés sont codées par trois gènes qui dérivent d'un gène ancestral. Ceci laisse supposer l'existence d'un ancêtre commun.

- Ces trois séquences diffèrent par quelques acides aminés. Le tableau suivant présente le nombre d'acides aminés différents entre ces molécules prises deux à deux.

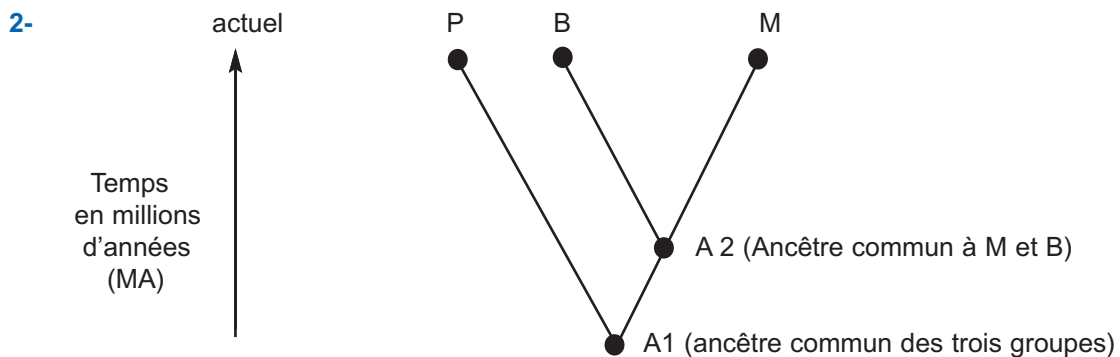


|   | P | B | M |
|---|---|---|---|
| P |   | 1 | 2 |
| B |   |   | 1 |
| M |   |   |   |

Ces différences nous renseignent sur le degré de parenté qui existe entre les trois groupes:

\* La différence entre les poissons et les mammifères est la plus importante, donc ces deux groupes possèdent l'ancêtre commun le plus éloigné dans le temps;

\* La différence entre les batraciens et les mammifères est la moins importante, donc ces deux groupes possèdent l'ancêtre commun le plus proche dans le temps



### EXERCICE 3

l'étude des chaînes polypeptidiques de la myoglobine de quatre espèces (150 acides aminés) a été faite. Le tableau suivant donne le nombre de différences observées pour ces espèces prises deux à deux.

|         |       |         |       |       |
|---------|-------|---------|-------|-------|
| Homme   | 0     |         |       |       |
| Macaque | 7     | 0       |       |       |
| Chien   | 22    | 21      | 0     |       |
| Poule   | 30    | 36      | 32    | 0     |
|         | Homme | Macaque | Chien | Poule |

- 1- expliquer la méthode utilisée permettant de dresser un tel tableau
- 2- quelles conclusions peut-on dégager de cette étude ?
- 3- En prenant l'homme comme référence, représenter l'arbre phylogénétique.

### EXERCICE 4

**A-** Choisissez la (ou les) expression(s) correcte(s).

- 1- La théorie de l'évolution biologique :
  - a- implique une transformation du génome des espèces au cours du temps
  - b- explique l'existence d'espèces fossiles, différentes des espèces actuelles.
  - c- admet que tous les êtres vivants sont les descendants d'un ancêtre commun.

2- Les meilleurs critères de comparaison pour étudier l'évolution sont :

- a- le milieu de vie des êtres vivants.
- b- les séquences de certaines molécules.
- c- l'adaptation d'organes homologues.

3- La construction d'un arbre phylogénétique suppose :

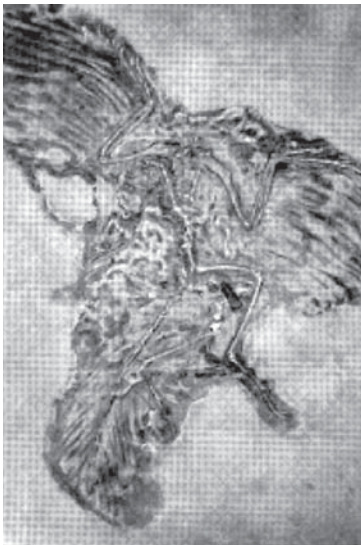
- a- un ordre d'apparition entre les différentes espèces.
- b- que toutes les espèces comparées sont au même niveau évolutif
- c- l'existence d'un ancêtre commun à toutes les espèces.

4- La spéciation :

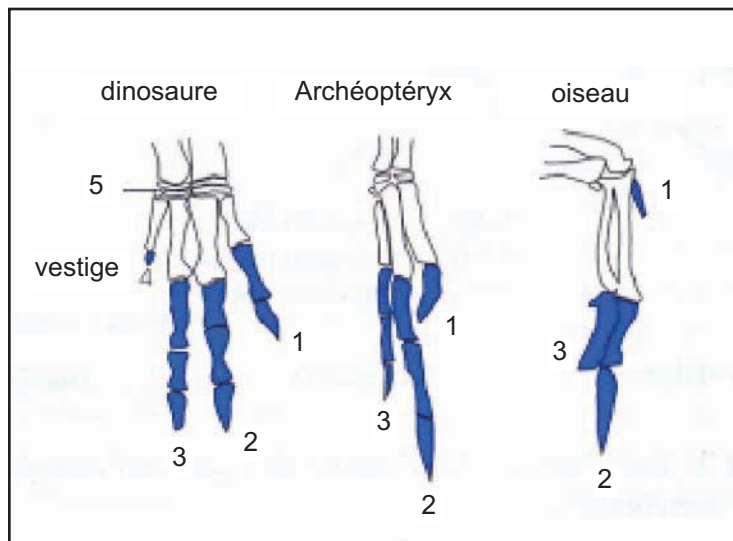
- a- est la formation de nouvelles espèces à partir d'une espèce originelle.
- b- est le résultat uniquement de mutations géniques.
- c- peut être obtenue après un isolement géographique de populations.

**B-** L'archéoptéryx est un animal qui a vécu il y a 150 Ma. Les premiers exemplaires fossiles auraient été confondus avec un petit dinosaure aux os creux comme ceux des oiseaux, mais certains exemplaires (doc.1 ci-dessous) montrent des empreintes de plumes.

Il avait des dents, des griffes au bout des ailes et une longue queue soutenue par des vertèbres.



Document 1 : empreinte d'archéoptéryx



Document 2 : squelettes du membre antérieur comparés

Le doc. 2 compare le squelette des membres antérieurs de dinosaure, d'archéoptéryx et d'oiseau actuel.

En utilisant les renseignements fournis, montrer l'importance d'un tel fossile pour la théorie de l'évolution. Quels renseignements nous fournit-il sur l'origine des oiseaux ?