

# Les preuves et les mécanismes de l'évolution

## I-INTRODUCTION :

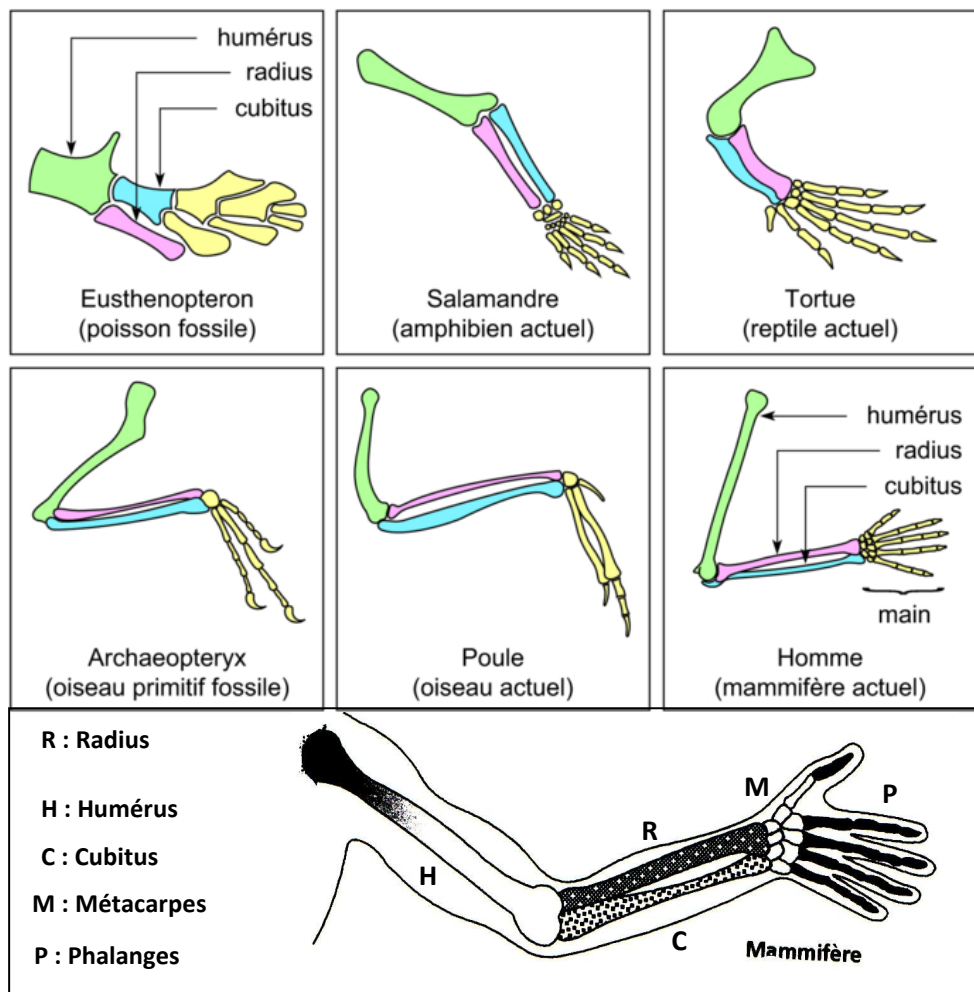
- La théorie de l'évolution biologique suggère que toutes les espèces dérivent d'une seule **espèce ancestrale**.
  - La phylogénie (arbre phylogénétique) est une représentation qui montre les liens de parenté entre les différents groupes et espèces vivants et leur évolution au cours du temps.
  - En 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 différentes espèces?
  - \* Comment peut-on établir la phylogénie des espèces?
  - \* Quels sont les mécanismes de l'évolution?
  - \* Comment des nouvelles espèces peuvent-elles apparaître (la spéciation) ?

## II-LA PHLYOGÉNIE (liens de parenté) DES ESPÈCES:

### 1°- Argumenter l'évolution par les données de l'anatomie comparée

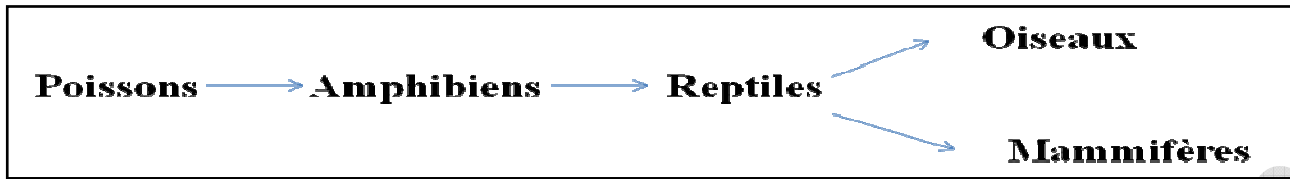
#### Exemple 1: membres des vertébrés tétrapodes

Le document suivant représente le squelette du membre antérieur



Q-Rappelez par un schéma la phylogénie, des différentes classes de vertébrés, établie grâce à la paléontologie.

R• La paléontologie montre que les grands groupes de vertébrés se succèdent au cours du temps comme le suivant:



Q-Comparez (ressemblances et différences) les squelettes des membres des trois classes de vertébrés. Qu'en déduisez-vous ?

R• **La comparaison des squelettes du membre antérieur des trois vertébrés montre:**

- La présence des organes (des os) **homologues** ayant le même plan d'organisation (**H, C, R, M et P**).
- Les organes homologues présentent des tailles et des formes différentes (donc des fonctions différentes) en relation avec le mode de vie des vertébrés (**adaptations particulières**).

**Déduction:**

- Les ressemblances montrent qu'il y a **une filiation** (parenté) entre les différents groupes de vertébrés à partir d'un **ancêtre commun**.
- **Les différences montrent** qu'il y a une complexification des **organes homologues** des poissons aux mammifères.

**Exemple 2: appareil circulatoire (cœur): document 2 page 144**

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.

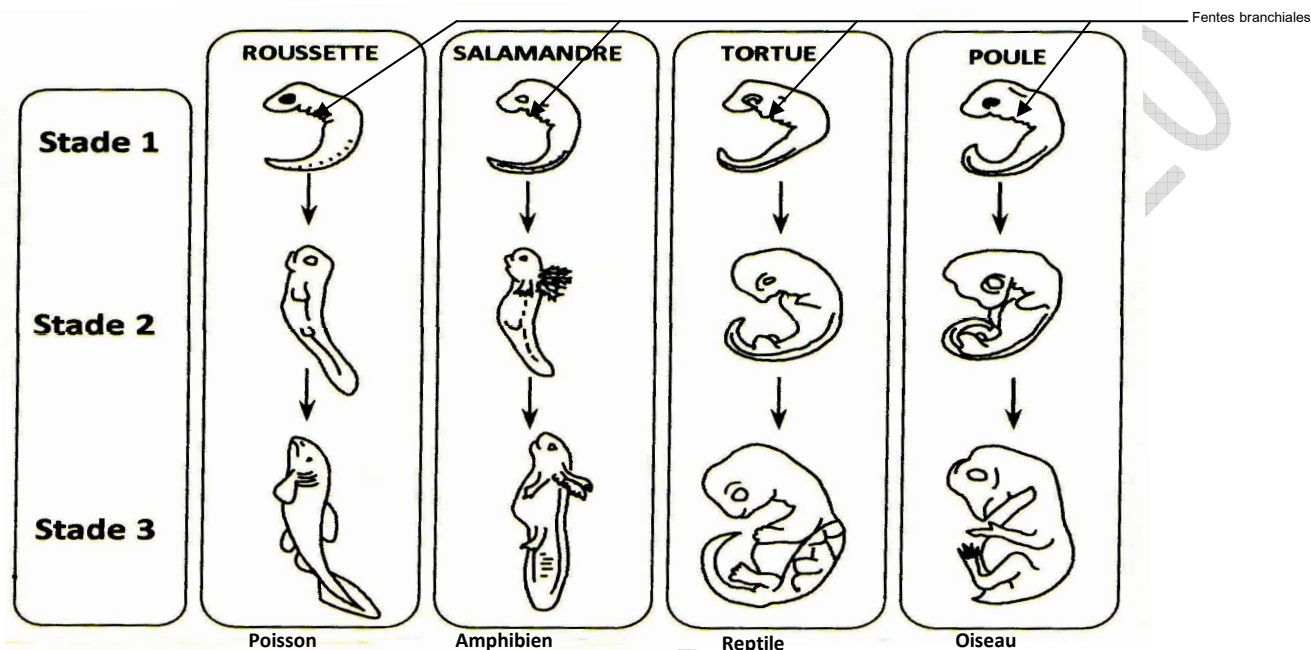
<p>Cœur de poisson</p>	<p>Cœur d'amphibien</p>	<p>Cœur de reptiles</p>	<p>Oiseaux &amp; mammifères</p>
<p>Le cœur des poissons comprend <u>deux loges</u>, une <u>oreillette</u> et un <u>ventricule</u>. L'oreillette est précédée d'un sinus veineux et le ventricule est suivi d'un bulbe artériel.</p>	<p><u>Deux oreillettes</u> et un <u>ventricule</u> où se fait un mélange du sang artériel et du sang veineux.</p>	<p>Le cœur <u>comporte deux oreillettes</u> et un <u>ventricule</u>. Toutefois ce ventricule présente <u>une cloison</u> musculaire incomplète qui constitue une véritable séparation physiologique lors de la contraction du cœur</p>	<p><u>Le cœur possède deux oreillettes</u> et <u>deux ventricules</u>.</p>

**Similitudes :** fonction, présence des oreillettes et des ventricules.

**Différences :** nombre de ventricules et d'oreillettes.

L'anatomie comparée montre qu'il y a **filiation** (origine commune, parenté en évolution) entre les différents groupes de vertébrés à partir d'un **ancêtre commun** (probablement aquatique) avec une **complexification** des organes homologues des poissons (vertébrés aquatiques) aux mammifères.

## 2°- Argumenter l'évolution par les données de l'embryologie comparée



-Comparez les différents embryons au stade 1. Quelle idée peut-on dégager?

-En comparant les embryons de vertébrés au stade 3 à ceux au stade 1, nommez, en le justifiant le groupe le plus primitif.

- **La comparaison des embryons des quatre vertébrés au stade 1 (précoce) montre:**
  - une ressemblance morphologique.
  - la présence des fentes branchiales.
  - la présence d'une queue.
- **La comparaison des embryons des quatre vertébrés aux stades avancés montre la manifestation des différences au cours de l'embryogenèse:**
  - les fentes persistent et se développent chez les poissons dont la respiration sera branchiale.
  - les fentes régressent chez l'animal qui mènera une respiration pulmonaire.
  - la régression ou non de la queue
  - le groupe des mammifères est le plus évolué (l'adulte présente plus de transformations par rapport à l'embryon).

### **Déductions:**

- Les similitudes que manifestent les embryons des vertébrés au cours de leur développement plaident en faveur de leur parenté, d'où l'embryologie comparée montre qu'il y a filiation (évolution) entre les différents groupes de vertébrés à partir d'un ancêtre commun.

- 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.
- Le groupe de poissons dont l'embryon présente le moins de transformations par rapport à l'adulte (persistance des branchies) est le groupe le plus primitif, ce qui confirme que les poissons représentent l'ancêtre commun à tous les groupes de vertébrés.
- Le groupe des mammifères est le plus évolué (l'adulte présente plus de transformations par rapport à l'embryon).

### 3°- Argumenter l'évolution par les données de la biologie moléculaire

Le tableau suivant représente l'enchaînement de 13 acides aminés d'une protéine chez trois espèces : Homme, chien et poule.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Homme	Gly	Leu	Ser	Asp	Gly	Glu	Trp	Gln	Leu	Val	Leu	Asn	Val
Chien	Gly	Leu	Ser	Asp	Gly	Glu	Trp	Gln	Leu	Val	Leu	Asn	Ile
Poule	Gly	Leu	Ser	Asp	Gly	Glu	Trp	Gln	Gln	Val	Leu	Thr	Ile

-Comparez ces trois séquences d'acides aminés. Que peut-on déduire ?

- Représentez l'arbre phylogénétique de ces trois espèces, justifiez votre représentation.

#### 1. La comparaison des séquences des acides aminés de protéine chez les trois vertébrés montre:

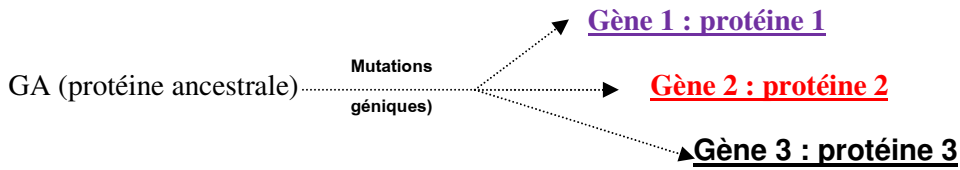
##### ■ des ressemblances moléculaires:

- nature (protéide) et nombre d'acides aminés (13AA)
- il y a dix acides aminés qui sont identiques chez les trois espèces (pourcentage de ressemblance est égale à 10/13), il s'agit des **molécules homologues**. Cette homologie constitue l'idée **d'une filiation, c'est-à-dire ces 3 protéines ont une origine commune ce qui prouve l'existence d'un gène ancestral (GA)** à partir duquel dérivent les gènes qui codent la synthèse de la protéine en question chez les trois espèces.

■ des différences moléculaires: certains acides aminés ne sont pas identiques chez les trois espèces. Le nombre de différence ainsi que leurs positions sont indiqués dans le tableau suivant:

Espèces comparées	Nombre et position des différences
Homme – Chien	1 <i>Substitution de Valine par Isoleucine en 13<sup>ème</sup> AA</i>
Homme – Poule	3 - <i>Substitution de leu par Gln en 9<sup>ème</sup> AA</i> - <i>Substitution de Asn par Thr en 12<sup>ème</sup> AA</i> - <i>Substitution de Valine par Isoleucine en 13<sup>ème</sup> AA</i>
Chien – Poule	2 - <i>Substitution de leu par Gln en 9<sup>ème</sup> AA</i> - <i>Substitution de Asn par Thr en 12<sup>ème</sup> AA</i>

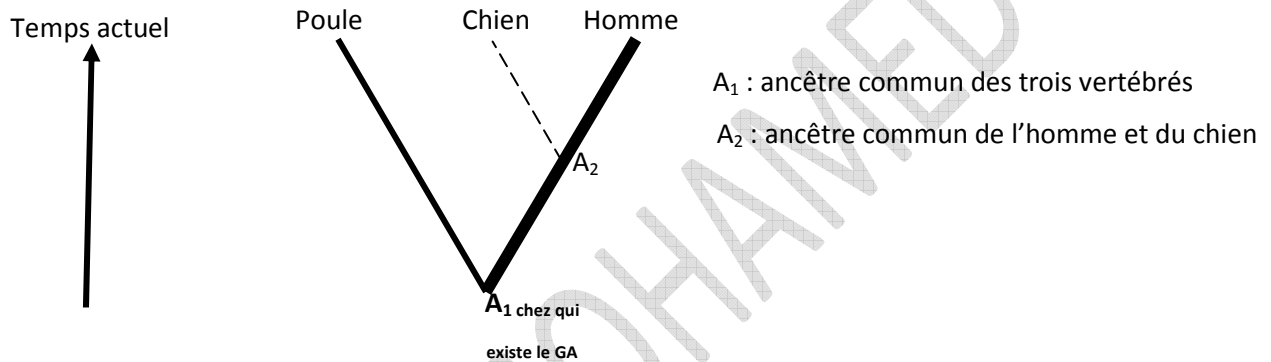
Cette différence moléculaire explique la diversification des vertébrés à partir d'un ancêtre commun : il y a diversification à partir du GA et apparition de nouveaux gènes par des mutations géniques :



## 2. La phylogénie des trois vertébrés :

**Principe:** Plus le nombre de différences est élevé, plus l'ancêtre commun des deux espèces est éloigné dans le temps et inversement (puisque les mutations sont des phénomènes rares et nécessitent un temps géologique)

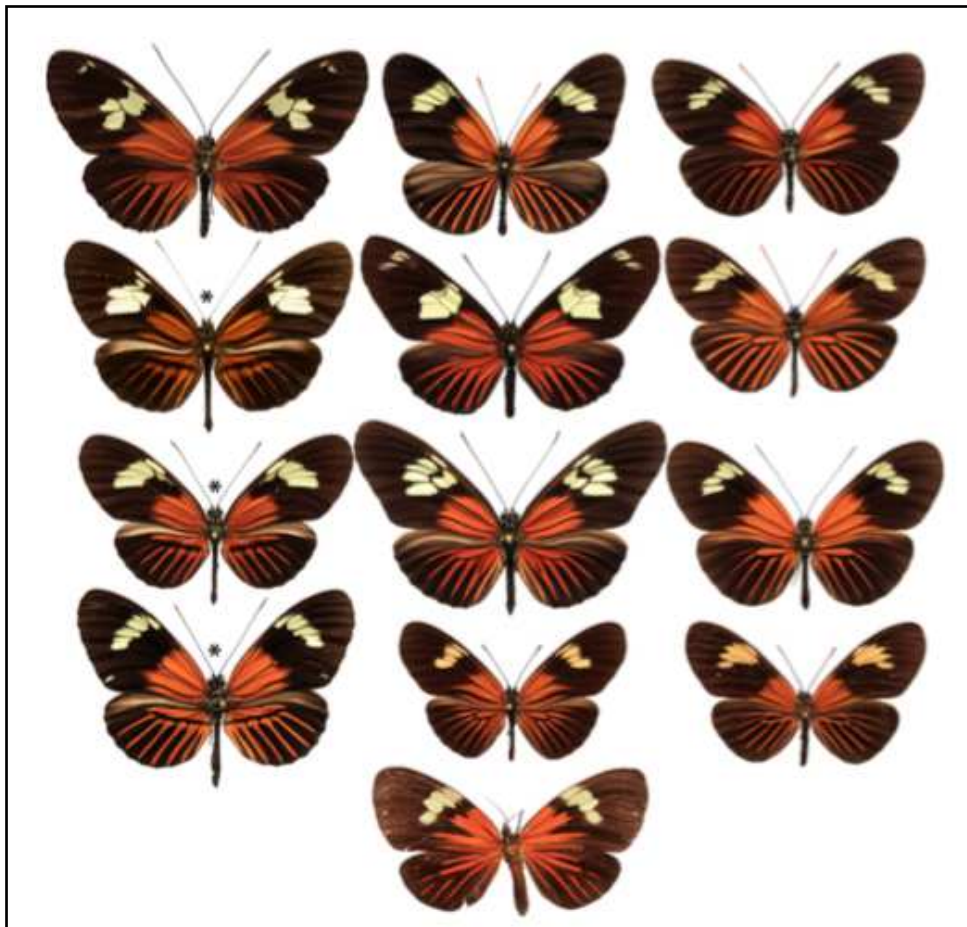
- l'homme et le chien possèdent l'ancêtre commun le plus proche
- l'homme et la poule possèdent l'ancêtre commun le plus éloigné



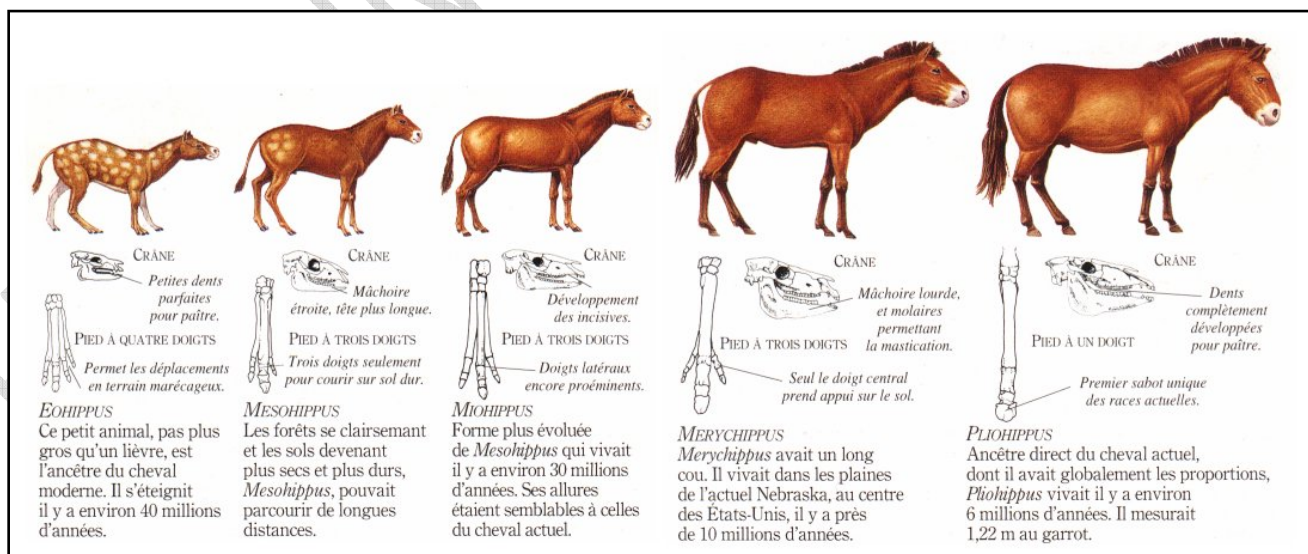
## LES MÉCANISMES DE L'ÉVOLUTION

### I/ - Les mutations géniques

- Le document 6 de la page 148 montre la diversité génétique (variation de la pigmentation des ailes) chez une espèce de papillon.



- Le document 7 de la page 149 montre l'importance de l'évolution du membre du cheval dans sa locomotion.



En vous appuyant sur vos connaissances, expliquez l'importance des mutations dans la diversité, dans l'évolution et dans l'adaptation.

- La mutation génique résulte de **la modification de l'ADN** lors de sa réplication (substitution, addition ou soustraction des nucléotides). Elle a pour conséquence le changement de la structure du gène et **l'apparition des nouveaux allèles**. Il peut en résulter l'apparition **des nouveaux phénotypes**. Les mutations s'opposent donc à la stabilité de l'espèce et permettent de la transformer.
- **La mutation génique et la reproduction sexuée sont génératrices de la diversité biologique**

Exemple 1: La variabilité constatée dans les motifs colorés des ailes de papillon (document 6 page 148)

Exemple 2 : l'évolution divergente du cheval

## II/- Les mutations chromosomiques

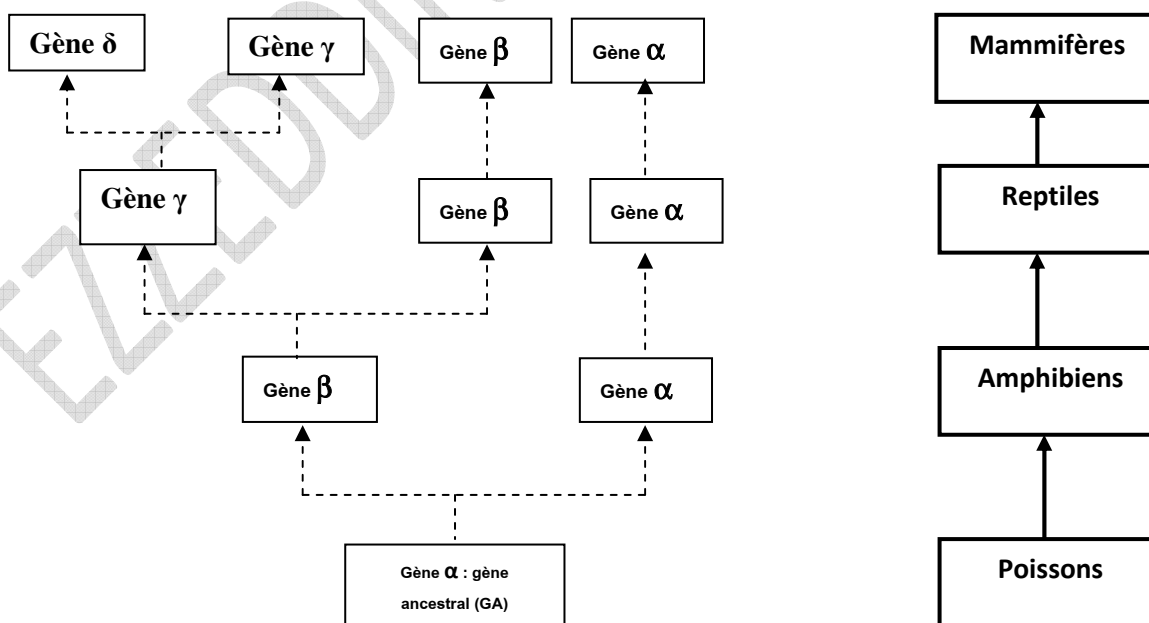
### 1- l'amplification génique :

Le document suivant indique les gènes codant pour l'hémoglobine (protéine localisée dans les globules rouges) chez quatre classes de vertébrés.

Classes de vertébrés	Les gènes codant pour l'hémoglobine
Poissons	Gène $\alpha$
Amphibiens	Gènes $\alpha$ et $\beta$
Reptiles	Gènes $\alpha$ , $\beta$ et $\gamma$
Mammifères	Gènes $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ et $\delta$

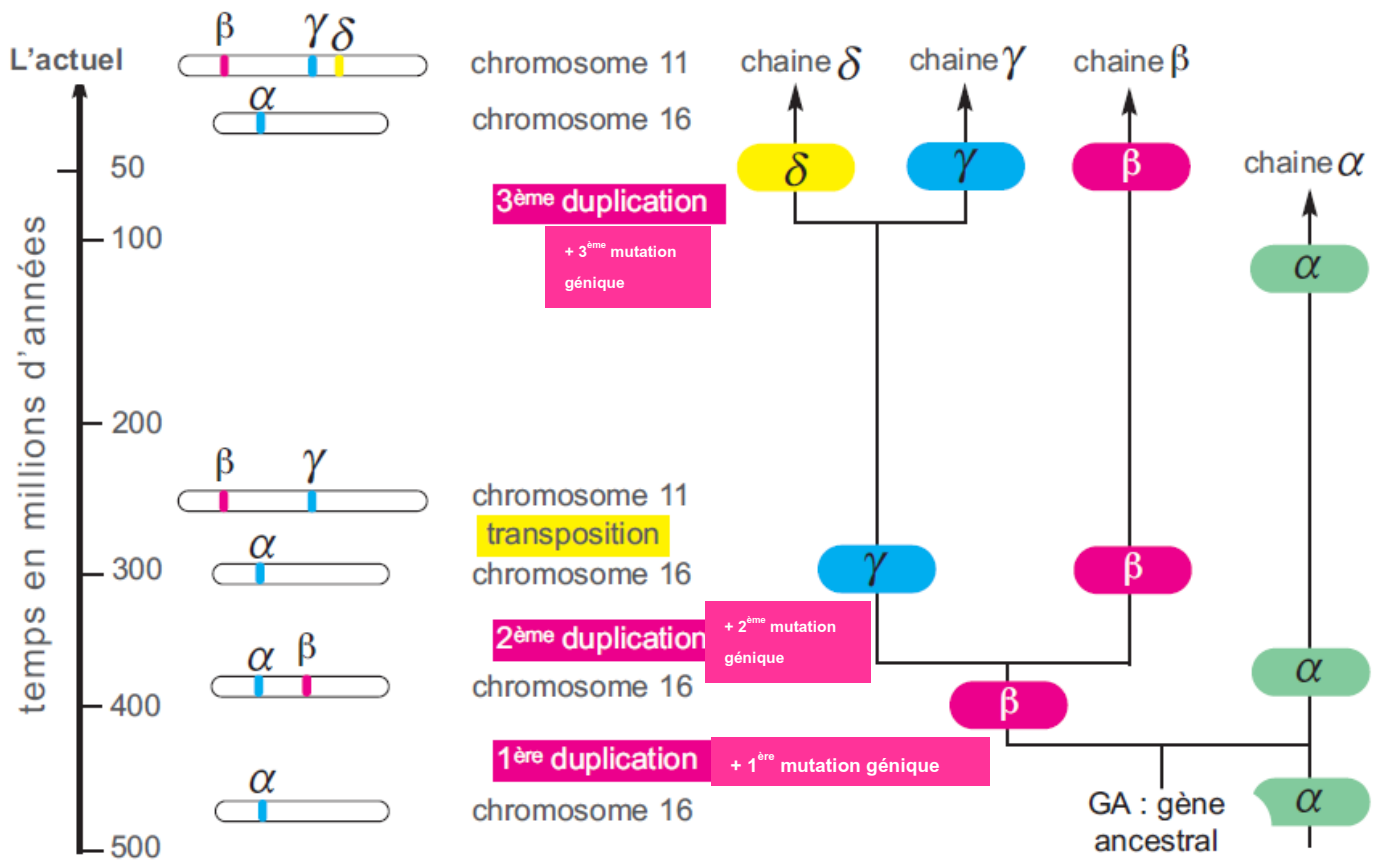
- Représentez à l'aide d'un schéma la phylogénie (l'évolution) des gènes codant pour l'hémoglobine du gène ancestral des poissons aux gènes des mammifères.
- Qu'en déduisez-vous pour l'évolution du nombre des gènes codant pour l'hémoglobine ?
- Expliquez le mécanisme responsable de cette évolution.

• la phylogénie des gènes codants pour l'hémoglobine :



Histoire évolutive du gène ancestral

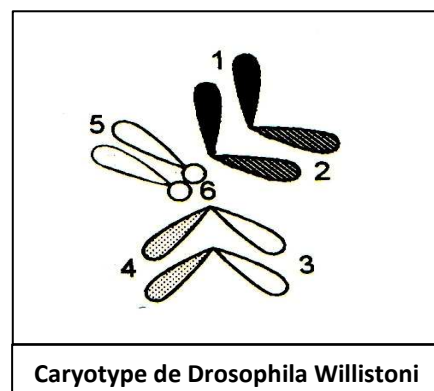
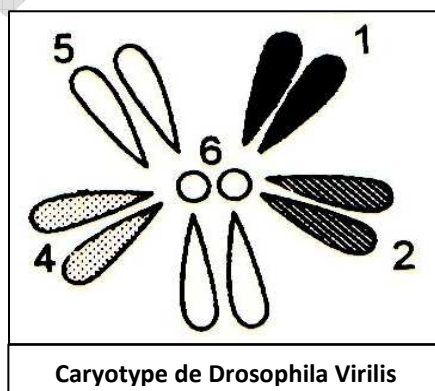
- **La duplication** du gène ancestral des poissons (gène  $\alpha$ ) qui aurait conduit à deux copies du gène  $\alpha$  dont l'une reste intacte, l'autre copie subit une **1<sup>ère</sup> mutation génique** et transforme  $\alpha$  en  $\beta$  d'où les deux gènes ( $\alpha$  et  $\beta$ ) chez les amphibiens puis à ceux des reptiles et enfin à ceux des mammifères, donc il y a création de nouveaux gènes à partir des gènes préexistants: c'est l'amplification génique.



- L'amplification génique (**duplication + mutation génique ± transposition**) est une mutation chromosomique qui fait augmenter la taille de l'information génétique et participe à la complexification des structures et des fonctions.

## 2- la modification du caryotype :

- Diminution du nombre des chromosomes par fusion ce qui assure l'évolution de certaines drosophiles**





- Le caryotype de *Drosophila Virilis* est  $2n=12$ .
- Le caryotype de *Drosophila Willostoni* est  $2n=6$ .

**Explication :** Les chromosomes de *Drosophila Willostoni* proviennent des remaniements chromosomiques de ceux de *Drosophila Virilis*. Ces remaniements ont dû avoir lieu au cours de la méiose. Il en résulte l'apparition de caryotypes nouveaux différents du caryotype de l'espèce originelle. Il se crée alors entre l'espèce originelle et la nouvelle espèce une barrière à la reproduction.

b. Augmentation du nombre de chromosomes ou polyploïdie par fusion de(s) gamète(s) n'ayant pas subi la réduction chromatique c'est à dire de(s) gamète(s) diploïde(s) au lieu d'être haploïde(s) : La polyploïdie chez le blé.

Formules chromosomiques de trois espèces de blé :

-Triticum monococcum (blé tendre)( $2n=14$ )

-Triticum durum (blé dur)( $4n=28$ )

-Triticum aestivum (petit épeautre)( $6n=42$ )

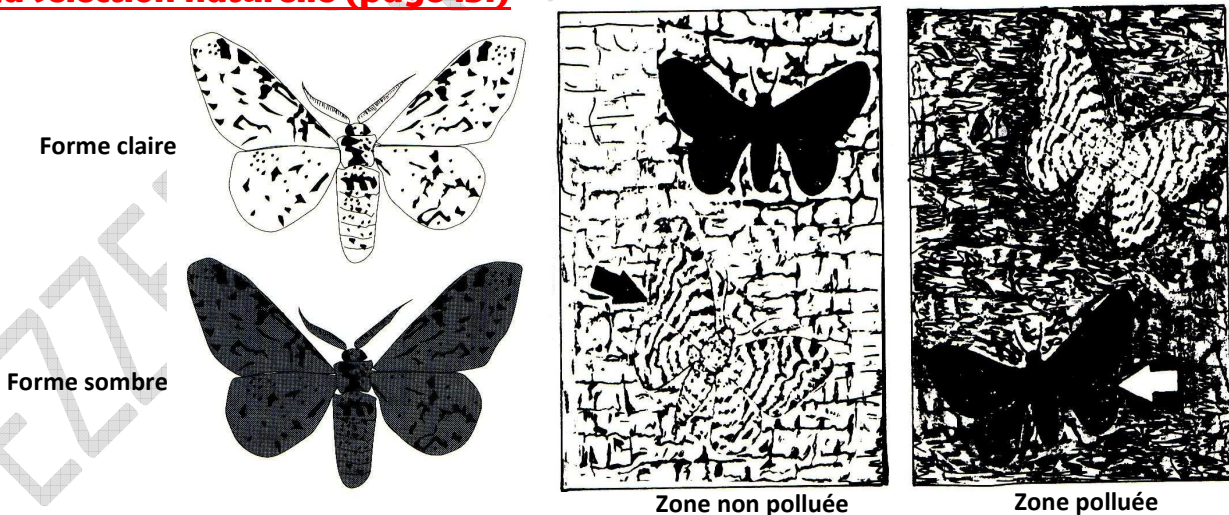
-On connaît une graminée sauvage à  $2n=14$  chromosomes

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

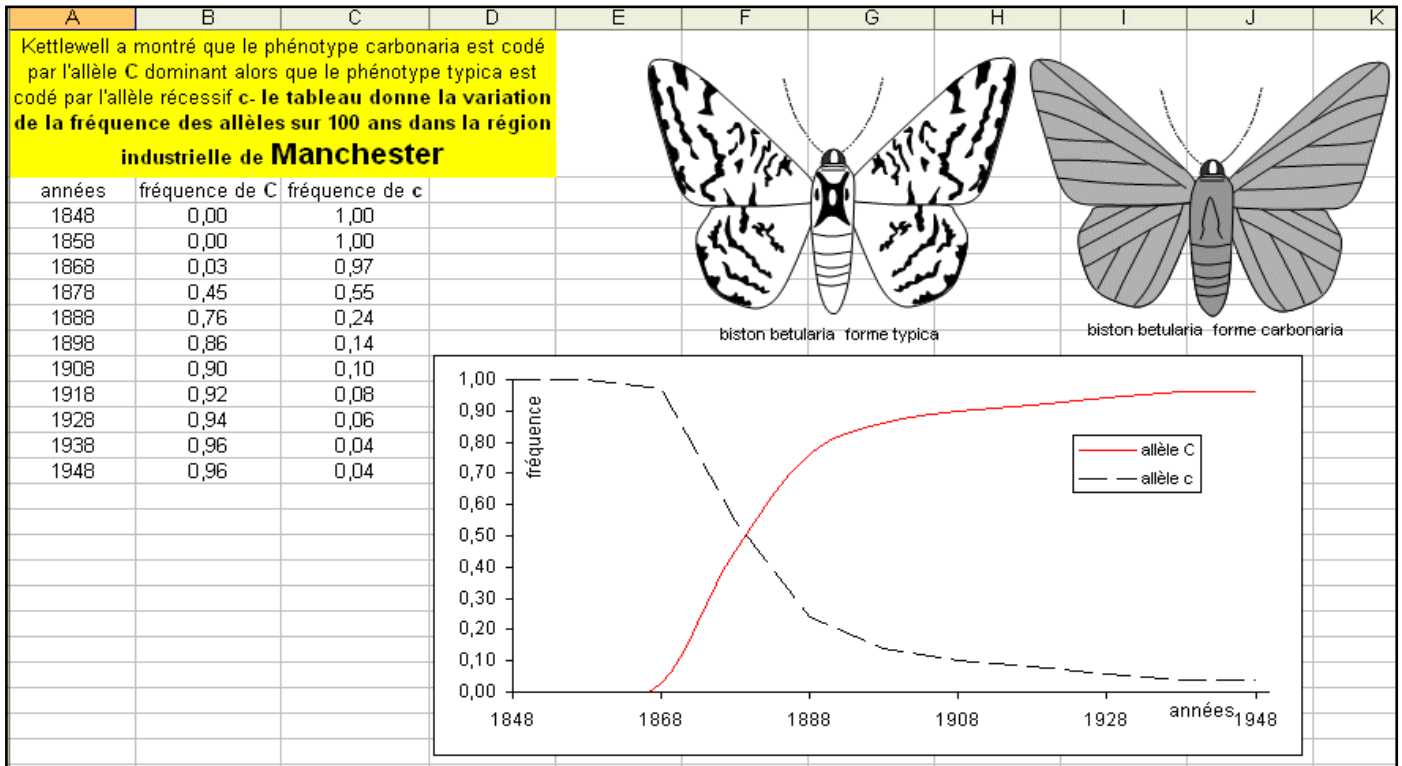
Deux gamètes *Triticum monococcum*  $2n=14 + 2n=14$  donnent  $4n=28$  (*Triticum durum*) un gamète de *Triticum durum* ( $4n=28$ ) + un gamète de *Triticum monococcum* ( $2n=14$ ) donnent  $6n=42$  (*Triticum aestivum*).

- 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 (page 151)



La fréquence de la forme sombre ainsi que de la forme claire des phalènes du bouleau dépend des conditions du milieu, donc il y a un choix opéré par les conditions de l'environnement: **c'est la sélection naturelle**, processus orienté qui favorise la survie des individus dont les phénotypes (ayant apparu par mutations géniques) sont les mieux adaptés à un milieu donné.

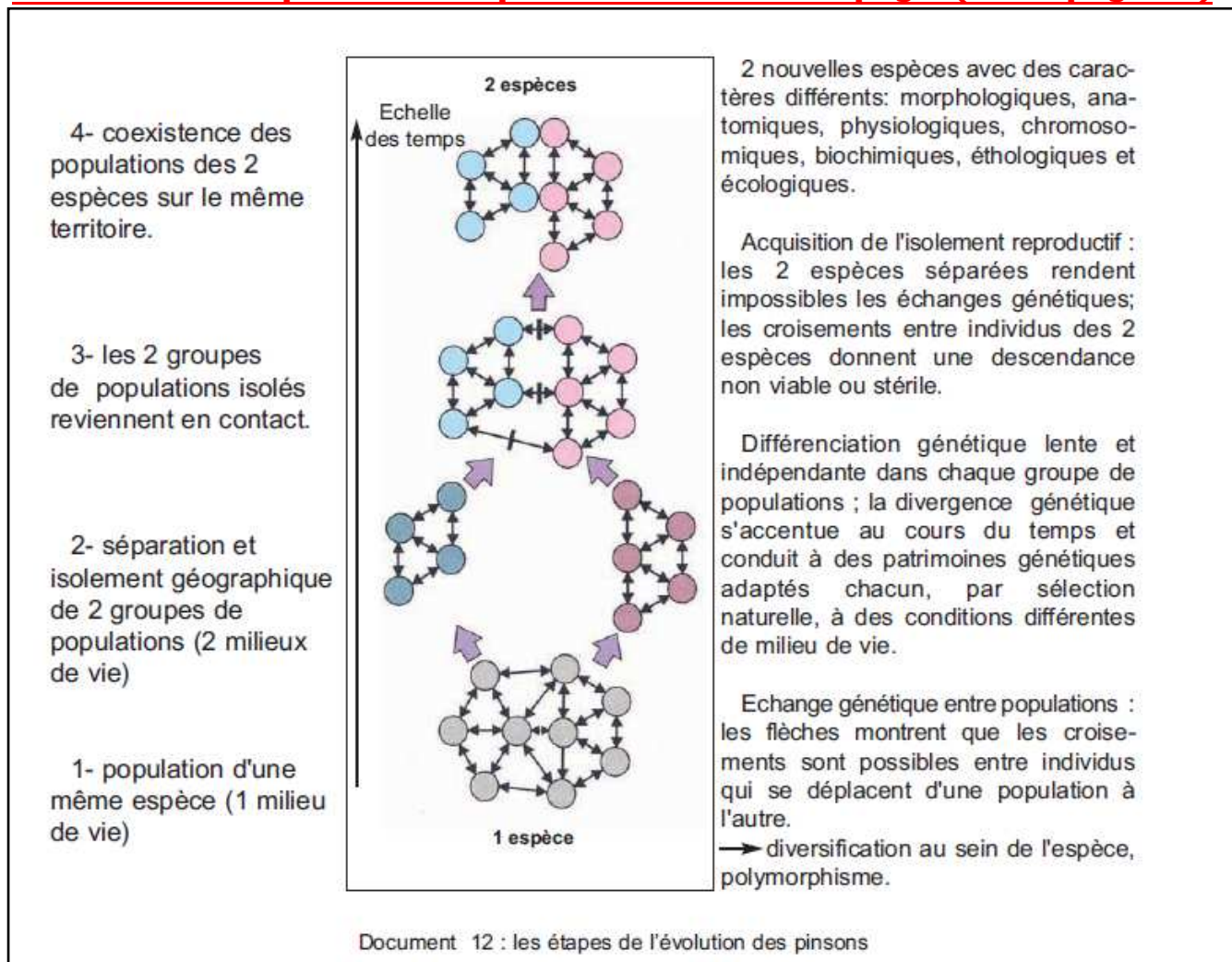


# LA SPÉCIATION

## I/ définition de la spéciation

C'est l'ensemble des processus qui aboutissent à l'apparition des nouvelles espèces à partir d'une espèce originelle.

## III/ histoire d'une spéciation : les pinsons des îles de Galápagos (doc 12 page 152)



- une forme ancestrale (échanges génétiques entre les individus de cette espèce) de pinsons venue de l'Amérique du sud s'est installée dans les groupes d'îles centrales de l'archipel des Galápagos.
- la migration de pinsons (isolement géographique) vers les groupes d'îles périphériques de l'archipel des Galápagos a divisé l'espèce en groupes qui ont évolué indépendamment en accumulant des mutations, d'où l'acquisition des nouveaux phénotypes (formes du bec) générés par les mutations et la sélection naturelle, et par suite chaque groupe s'adaptera progressivement à la nouvelle niche écologique.
- acquisition d'un **isolement reproductif** qui résulte d'un **isolement géographique (îles périphériques)**.
- formation **d'une barrière à la reproduction** entre les différents groupes de pinsons.
- apparition des **nouvelles espèces** de pinsons à partir de l'espèce originelle.

### III / LES ÉTAPES DE LA SPÉCIATION :

- Population d'une même espèce originelle occupant le même milieu et caractérisée par l'échange génétique.
- ↓
- Séparation et isolement géographique de deux groupes de populations suite à une migration vers deux milieux différents (nouvelles niches écologiques) ; la divergence génétique s'accroît dans chaque groupe par accumulation des mutations et conduit à des génotypes adaptés chacun par sélection naturelle, à des conditions différentes de milieu de vie.
- ↓
- Acquisition d'un **isolement reproductif** : les deux espèces séparées rendent impossibles les échanges génétiques.
- ↓
- Apparition de deux nouvelles espèces avec des caractères différents (morphologiques-anatomiques .....)

### IV/ LES FACTEURS DE LA SPÉCIATION :

La spéciation s'est effectuée sous l'influence d'un isolement reproductif (provoqué par un isolement géographique) qui peut être la conséquence :

- d'un isolement écologique (occupation des niches écologiques différentes).
- d'un isolement saisonnier (la période d'accouplement survient à des moments différents).
- d'un isolement éthologique (la non attraction sexuelle entre les deux partenaires).
- d'un isolement génétique (incompatibilité génétique entre les deux individus).

# Evolution biologique

## Phylogénie des espèces :

Liens de parenté argumentés par

- L'anatomie comparée.
- L'embryologie comparée.
- La biologie moléculaire.

### Ressemblances



**Ancêtre commun**  
(organe ancestral, gène ancestral,

### Différences



**Diversification**  
à partir de l'ancêtre commun.

## Mécanismes de l'évolution

1. **Mutations géniques** : apparition de nouveaux allèles → nouveaux phénotypes → d'où diversification et variabilité.
2. **Mutations chromosomiques** :
  - a. **Amplification géniques** → augmentation de la taille de l'IG.
  - b. **Remaniements chromosomiques** (fusion et polyploïdie) → Modification du caryotype → barrière reproductive → spéciation.
3. **Sélection naturelle** : choix orienté et non aléatoire des phénotypes les plus favorisés par le milieu de vie.

## Spéciation

1. Définition
2. Etapes
3. Facteurs.