

# **Thème : Génétique et évolution**

## **Chapitre:**

**De la diversification des êtres vivants à  
l'évolution de la biodiversité**

une population:

- Individus vivant au même endroit au même moment pouvant se reproduire entre eux.
- **Tous les individus ne sont pas identiques!**

problématique:

- Quels mécanismes évolutifs sont à l'origine d'une modification des populations au cours des générations ?
- Comment définir « l'espèce » ?

# I. Mécanismes évolutifs et évolution de la biodiversité

## 1. Les modifications sous l'effet du hasard

Cf. doc. p.65

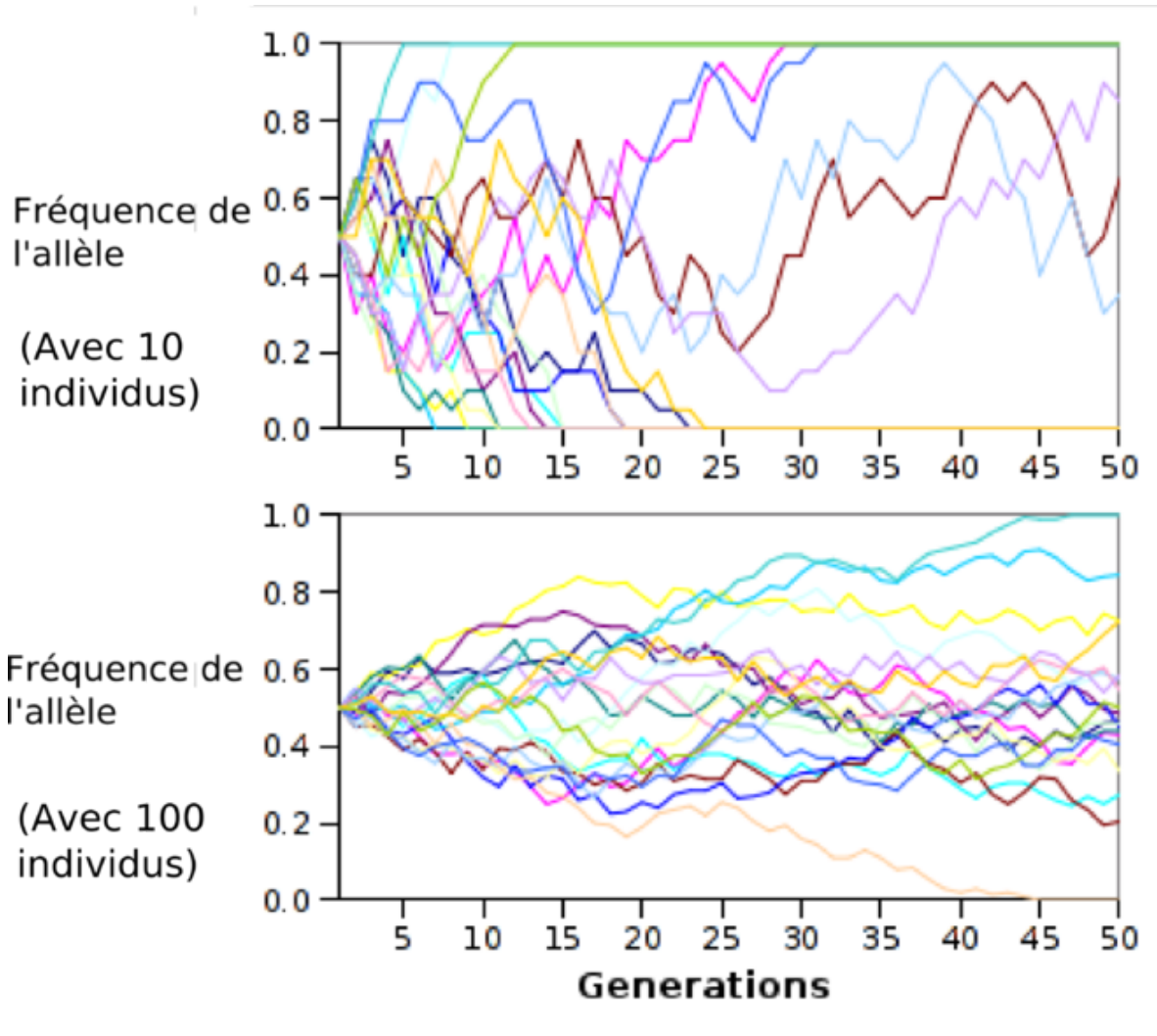
⇒ « Accidents génétiques » sont aléatoire:

- Mutations,
- Duplications génique,
- Transferts horizontaux

⇒ Perturbations « écologiques » majeures sont aléatoires (incendie, éruption volcanique, météorite...)

- Ex disparition des dinosaures: Crise biologique qui libère des niches écologiques qui seront occupées par les espèces survivantes

=> **La dérive génétique** = modification aléatoire de la fréquence d'un allèle dans une population au cours du temps.

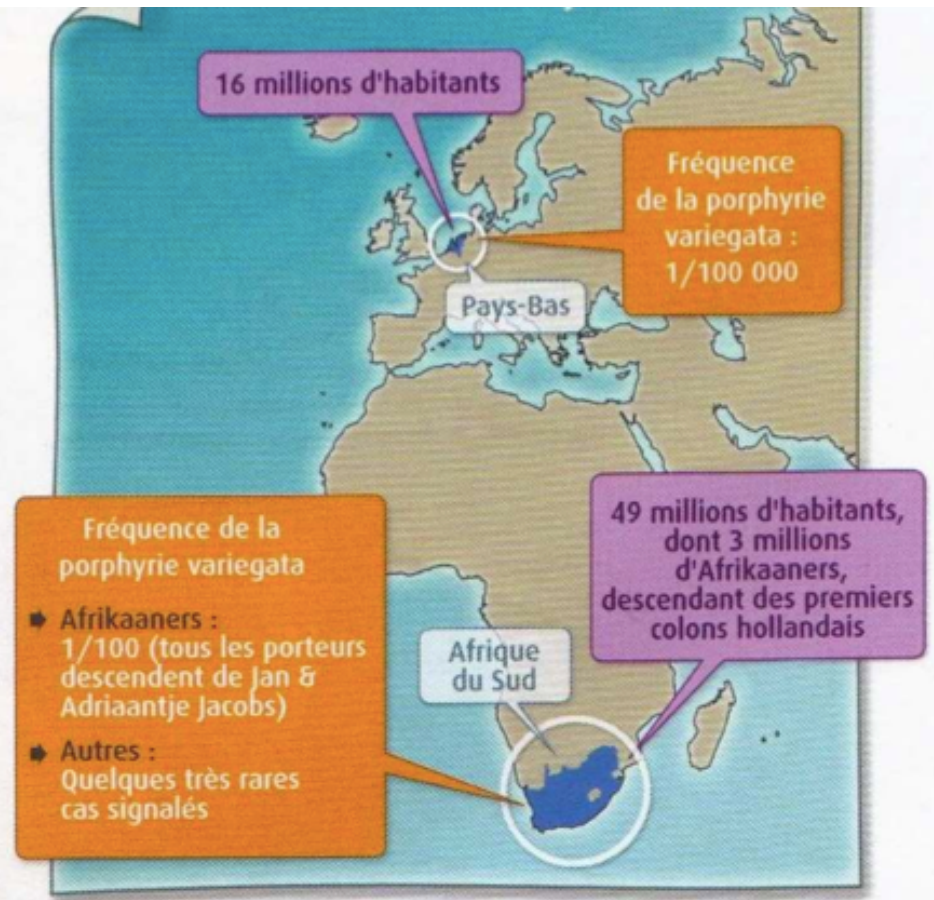
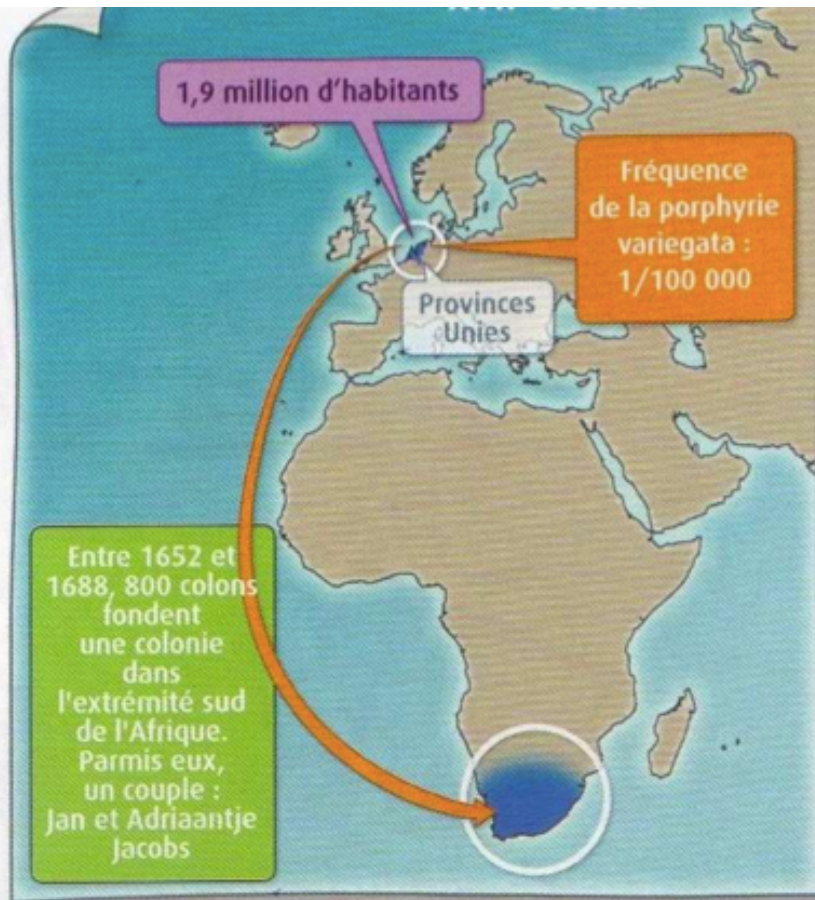


La dérive génétique est d'autant plus **forte** que la population est **petite**



**Perte de diversité** d'autant plus vite que la population est **petite**

# => Dérive génétique et effet de fondation



**3** Évolution de la fréquence d'une maladie génétique (porphyrie variegata) dans deux populations humaines

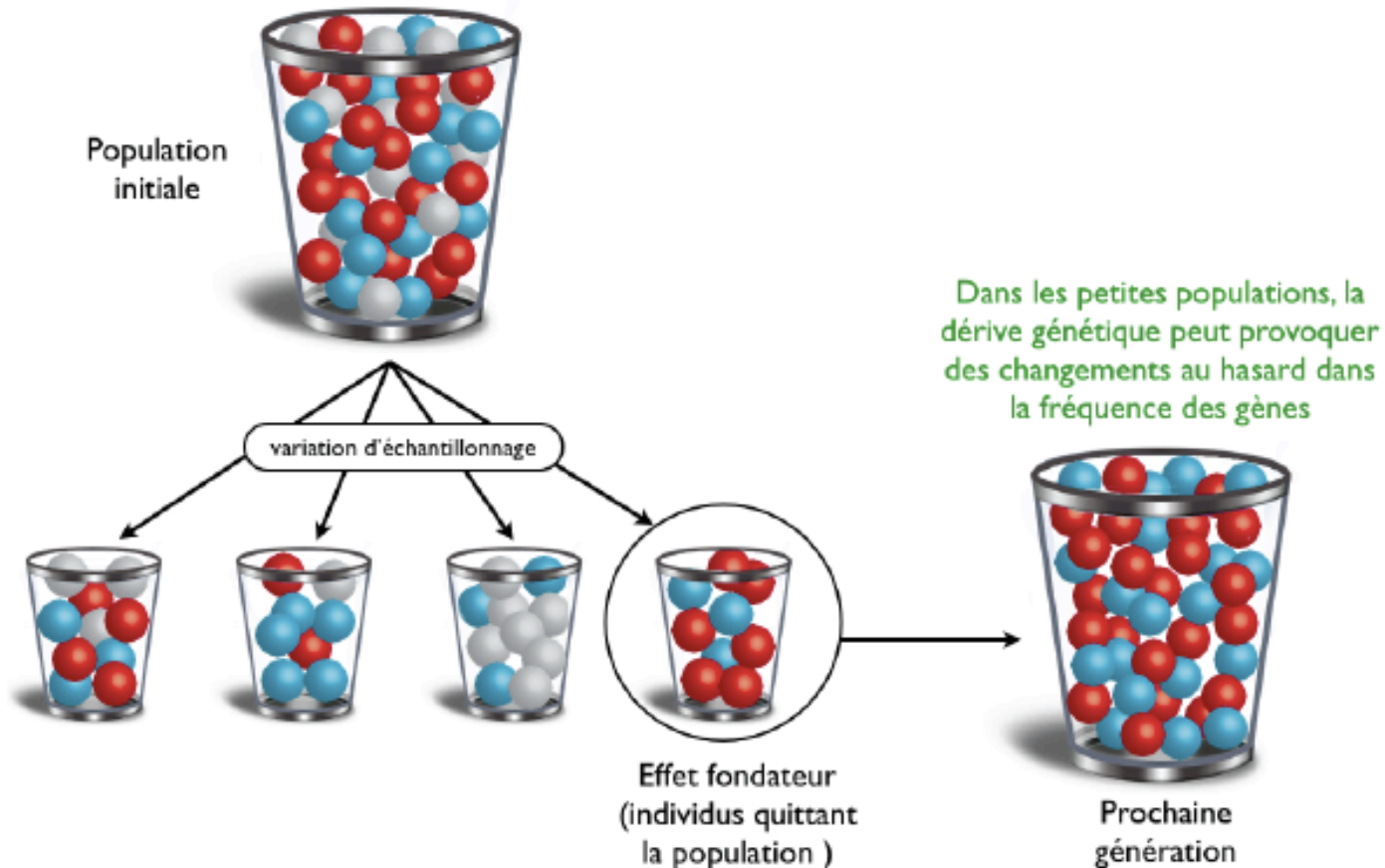
- Lors d'une migration, les émigrants emportent un échantillon aléatoire des allèles de la population.

=> La fréquence des allèles dans la nouvelle population sera différente que dans la population initiale = **EFFET FONDATEUR** (forme de dérive génétique particulière)

Des mutations génétiques peuvent se répandre dans la population sans conférer d'avantages sélectifs particuliers : ce sont des **mutations dites neutres**. Tous les allèles ne sont pas soumis à la sélection naturelle. Les individus d'une population donnée possèdent tous des gènes responsables de leurs caractéristiques propres.

**La dérive génétique** provoque la fixation aléatoire des allèles dans de petites populations (par échantillonnage non représentatif des allèles). Elle agit plus particulièrement sur les allèles neutres, mais peut s'opposer à la sélection naturelle.

Phénomène de dérive génétique dans une petite population



# Exemple de dérive génétique dans une population d'éléphant doc.3 p.67

- Réduction massive population Addo en 1920 => **EFFET FONDATEUR**
- Population très petite => **dérive génétique importante!**
- 2007 fréquence des éléphants sans défenses très élevée

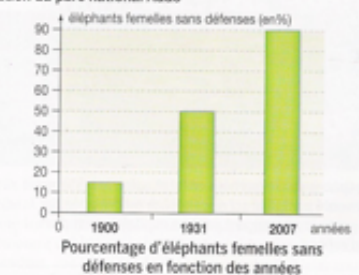
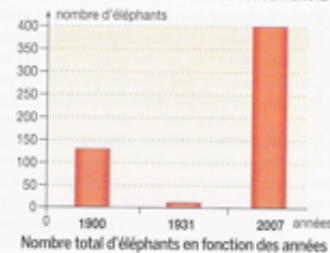
- La diversité génétique est représenté par le nombre d'allèles pour 2 locus dans 3 populations différentes.
  - Population Addo n'a que 2 allèles pour le locus LA4 et 1 allèle pour le locus LA5
- => Il y a perte de diversité génétique sous l'effet de la dérive génétique.**

• Une étude intéressante concerne la population d'éléphants du parc national Addo en Afrique du Sud. En effet, la fréquence des femelles sans défenses y est aujourd'hui de 98 %, ce qui est extrêmement élevé. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, suite à une chasse très intensive, il ne restait plus que quatre populations d'éléphants en Afrique du Sud, dont celle d'Addo. Entre 1919 et 1920, un chasseur professionnel réduisit cette population de 130 individus à 11 ! Le parc national Addo fut créé en 1931 pour protéger ces 11 individus (8 femelles et 3 mâles) qui sont à l'origine de la population actuelle dont l'effectif atteint un peu moins de 400 individus. Il y a donc eu un effet fondateur important. De plus, dans une telle population de très petite taille, l'effet de la dérive génétique a été particulièrement marqué. Effet de fondation et dérive génétique expliquent la fréquence actuelle très élevée des femelles sans défenses.

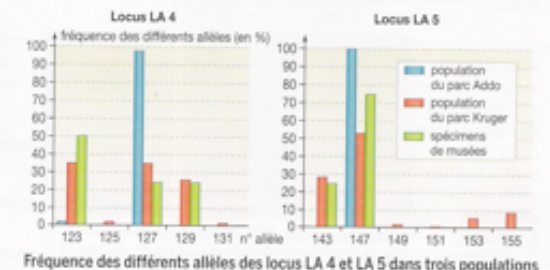


Groupe d'éléphants femelles dans le parc national Addo

Données concernant la population du parc national Addo



• La diversité génétique des populations d'Afrique du Sud a été étudiée en se fondant sur des séquences d'ADN appelées microsatellites, composées par un motif de nucléotides répété en grand nombre. Les allèles se distinguent par le nombre de copies du motif. Les graphiques ci-contre montrent, pour deux locus, les fréquences des différents allèles présents dans trois populations (la population d'éléphants d'Addo, la population d'éléphants du parc Kruger et des spécimens originaires d'Afrique du Sud et conservés dans des musées). Les allèles sont désignés par le nombre de copies du motif répétitif.

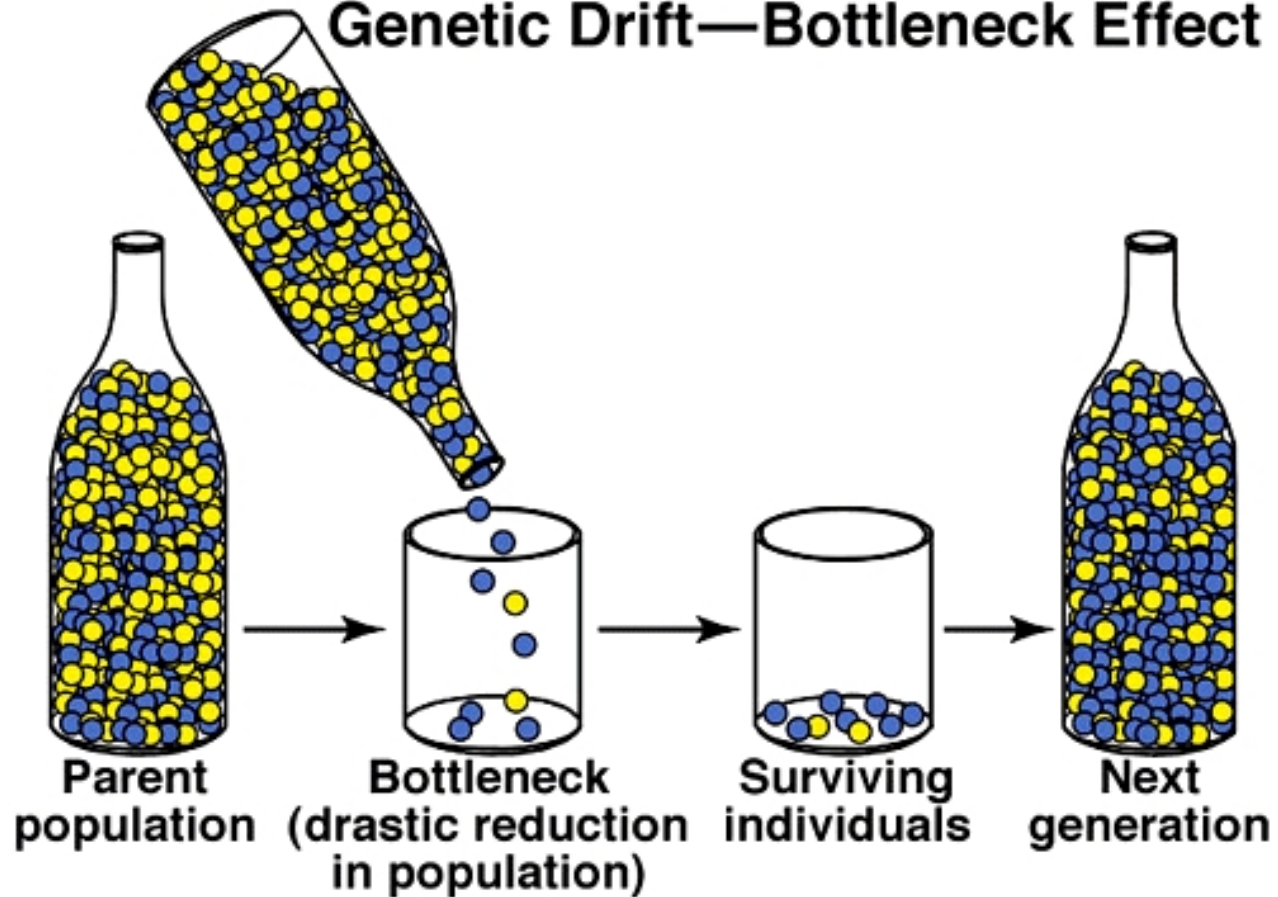




# Bilan

- Le hasard peut être à l'origine d'une diversité biologique (mutations, duplications géniques, brassages méiotiques, polyploïdie...) mais il influence également son devenir.
- **La dérive génétique est une variation aléatoire de la fréquence des allèles au cours du temps dans une population. Elle est d'autant plus marquée que l'effectif est faible et contribue à éloigner des populations d'une même espèce.**

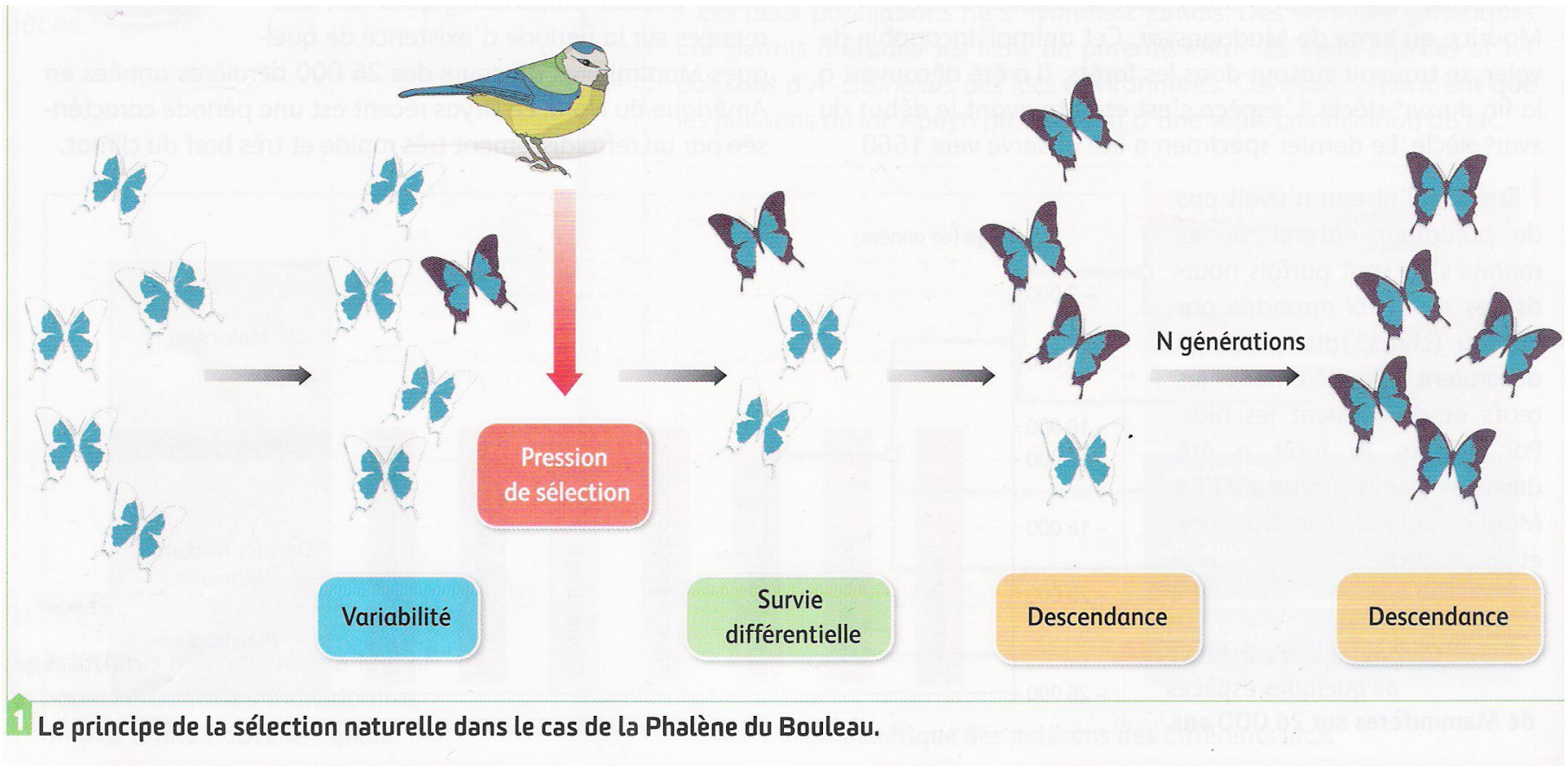
## Genetic Drift—Bottleneck Effect



## 2. Les modifications sous l'effet de l'environnement

Cf. doc. p.64

- Exemple de sélection naturelle des Phalène de bouleau



- En fonction des caractéristiques de l'environnement, la survie et la reproduction des deux formes de phalène n'est pas la même.

⇒ Environnement et prédateurs sont des pressions de sélection => évolution des populations.

⇒ La sélection naturelle correspond à une variation **non aléatoire** de la fréquence des allèles au sein d'une population sous l'effet du milieu de vie.

⇒ La fréquence des allèles qui confèrent un avantage reproductif tend à augmenter dans une population.

- Exemple de sélection naturelle des éléphants sans défenses Doc.2 p.66
  - Le caractère « sans défense » est héritable
  - Les défenses confèrent un avantage pr la recherche de nourriture et pour la reproduction
  - ⇒ la sélection naturelle favorise le caractère « défense » dans la population d'éléphant.
  - 1900-1989: Nouvelle pression de sélection = commerce d'ivoire qui favorise la sélection du caractère « sans défense » dans la population

# Bilan:

- Le concept de sélection naturelle développé par **Charles Darwin** repose sur **trois observations** :
  - Au sein d'une population, les individus présentent une variabilité
  - Certains caractères sont transmis de génération en génération
  - La variabilité peut être corrélée à une variation du succès reproducteur.
- Un caractère qui permet à un individu de survivre et de se reproduire mieux que s'il en était dépourvu est **une adaptation**.
- Seules les innovations génétiques qui affectent les cellules germinales peuvent avoir un impact évolutif.
- Les innovations génétiques sont soumises au crible de l'environnement.
- A un moment donné, dans un milieu donné, certaines innovations génétiques peuvent apporter un avantage sélectif aux individus qui les portent : elles ont alors une probabilité plus grande de se répandre dans la population.

## II. Espèces et spéciation

### 1. La notion d'espèce : Un concept qui évolue

*Doc.1 p.68*

*« Une espèce est un ensemble d'individus qui engendrent, par reproduction, d'autres individus **semblables à eux-mêmes**....Nous comptons aujourd'hui autant d'espèces qu'il y a eu au commencement de formes diverses créées. »*

*Carl von Linné, 1736*

« Les **variations** quelque faibles qu'elles soient et de quelque cause qu'elles proviennent, tendent à préserver les individus d'une espèce et se transmettent ordinairement à leur descendance, pourvu qu'elles soient utiles à ces individus dans leurs rapports infiniment complexes avec les autres êtres organisés et avec la nature extérieure »

Charles Darwin, 1859



- Jusqu'au XIXe siècle l'espèce était conçue comme une entité stable et immuable : c'est le **fixisme**. Toute variation par rapport au type de référence est considérée comme une anomalie.
- A la fin du XIX, un nouveau courant de pensée est né : l'**évolutionnisme**. La variabilité n'est plus considérée comme une anomalie mais comme un moteur de l'évolution.

## 2. Comment définir une espèce ?

Doc.3 p.69

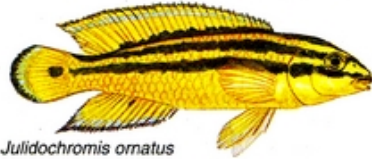
- Il faut trouver des critères qui montrent qu'un ensemble d'individu appartient à une communauté de reproduction ayant une histoire évolutive commune:
  - Critères de ressemblance ou phénétique
  - Critères biologiques ou d'interfécondité
  - Critères génétiques ou moléculaires
  - Critères écologiques

## Critères phénetiques:

- reposent sur des ressemblances morphologiques : Deux individus qui se ressemblent appartiennent à la même espèce ; en d'autres termes deux individus d'une même espèce se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent aux individus d'une autre espèce.
- ✓ **Limites:** l'existence d'une grande variabilité des individus dans certaines espèces, par exemple les cas de dimorphisme sexuel conduit parfois à des groupement erronés ou au contraire à des distinctions injustifiées.

# Des limites au critère de ressemblance : la convergence de forme

ESPÈCES DU LAC TANGANYIKA



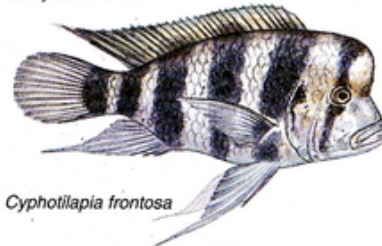
*Julidochromis ornatus*



*Tropheus brichardi*



*Bathybates ferox*



*Cyphotilapia frontosa*



*Lobochilotes labiatus*

ESPÈCES DU LAC MALAWI



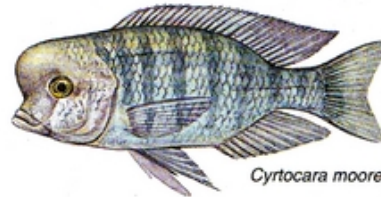
*Melanochromis auratus*



*Pseudotropheus microstoma*



*Ramphochromis longiceps*



*Cyrtocara moorei*



*Placidochromis milomo*

Roberto Oyar

**6. DES CICHLIDÉS** faiblement apparentés des lacs Tanganyika et Malawi sont devenus semblables en occupant des niches écologiques similaires. Tous les cichlidés du lac Malawi sont plus étroitement apparentés entre eux qu'ils ne le sont aux cichlidés du lac Tanganyika. Les ressemblances morphologiques ne sont parfois que faiblement corrélées à la parenté génétique ou à la lignée évolutive.

# Une limite au critère de ressemblance: un cas de dimorphisme sexuel

mâles de 82 et 32 mm



femelles de 27 et 42 mm



le LUCANE ou CERF-VOLANT !  
(*Lucanus cervus*, Coléoptère Lucanidae)

**Un exemple de dimorphisme sexuel**

## Critère biologique ou critère d'interfécondité

- C'est Ernst Mayr qui en 1942 propose ce qu'on appelle aujourd'hui la définition biologique de l'espèce : « Une espèce est une population ou un ensemble de populations dont les individus peuvent effectivement ou potentiellement se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et féconde, dans des conditions naturelles. ».
- ✓ **Limite:** il n'est pas toujours vérifiable (cas des fossiles par exemple) et certaines "espèces" encore très proches les unes des autres peuvent se croiser et avoir des descendants fertiles!

## critère génétique

- L'analyse de l'ADN peut révéler l'existence de flux de gènes entre des populations, indicateurs de reproduction.
- ✓ **Limite:** invérifiable pour la plupart des fossiles et inaccessible en dehors du labo
- ✓ deux populations qui se côtoient mais n'échangent plus de gènes appartiennent à deux espèces distinctes.

## **Critère écologique :**

- deux individus de la même espèce partagent la même niche écologique (lieu de vie, nourriture...)
- À l'inverse deux individu qui n'ont pas la même période de reproduction ou qui occupent des milieux différents, ne peuvent pas se reproduire et appartiennent sans doute à des espèces différentes.



# 3. La spéciation

- Une espèce est temporaire et peut donc être définie comme une population d'individus suffisamment isolés des autres populations :

**=> Elle n'existe que durant une durée de temps finie.**

- Une espèce disparaît
  - si l'ensemble des individus concernés disparaît : On parle d'extinction
  - ou bien si elle cesse d'être isolée génétiquement
- Une espèce apparaît
  - si un nouvelle ensemble s'individualise, une espèce supplémentaire appariât

=> on parle alors de spéciation

## a. La spéciation avec isolement géographique

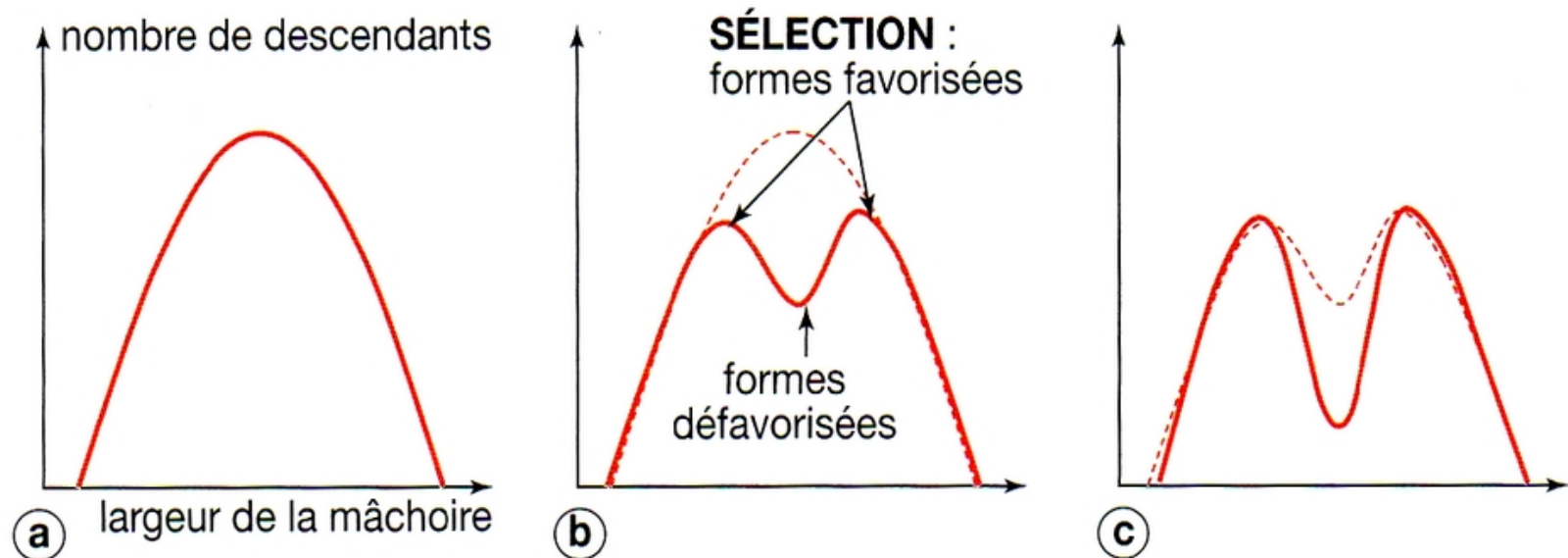
Exemple des papillons *Zerynthia* doc.p70

2 espèces jumelles (morphologiquement très similaires mais qui ne peuvent se reproduire)

espèce ancestrale => isolement géographique de 2 populations => isolement reproducteur => isolement génétique => 2 espèces jumelles

- Deux populations d'une même espèce peuvent se retrouver isolées par des **barrières géographiques** (un glacier, une vallée, un continent, un océan...) et évoluer indépendamment sous l'effet de la sélection naturelle et de la dérive génétique.
- Si les différences deviennent telles que, même réunies à nouveau, elles ne sont plus interfécondes; elles forment alors deux espèces distinctes.

## b. La spéciation sans isolement géographique (p.71)

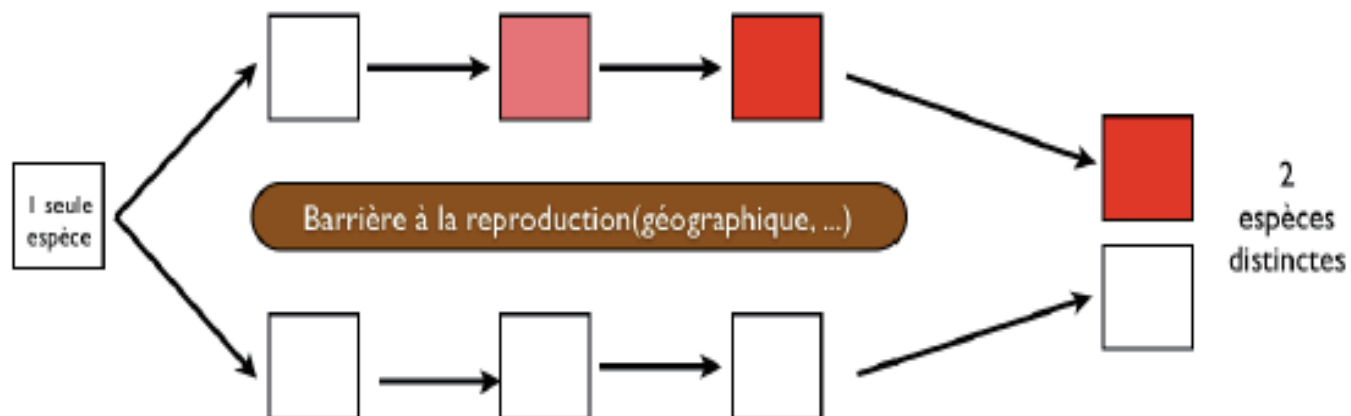


**Nombre moyen de descendants en fonction de la largeur de la mâchoire :**

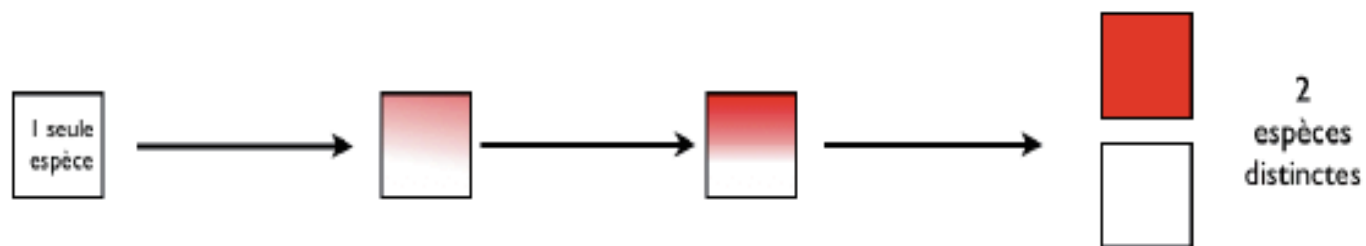
- **a** : distribution normale initiale (courbe de Gauss) ;
- **b** : les formes intermédiaires sont défavorisées alors que les formes extrêmes sont favorisées ;
- **c** : deux populations distinctes apparaissent et forment deux espèces distinctes.

- Dans une population d'une même espèce, il arrive parfois que les **caractères "intermédiaires" soient défavorisés.**
- La sélection naturelle va alors favoriser les formes extrêmes qui vont avoir tendance à se reproduire entre elles.
- Avec le temps, les différences vont s'accumuler jusqu'au jour où l'isolement reproducteur est atteint : de nouvelles espèces se seront formées sans avoir été isolées géographiquement.

Spéciation allopatrique



Spéciation parapatric



Spéciation sympatrique



# Concept du critère d'interfécondité

Le concept reproductif de l'espèce est apparu en 1919 lorsque le généticien américain Alfred H. Sturtevant, croisant des lignées mutantes de la mouche *Drosophila melanogaster*, constata qu'il ne parvenait pas à croiser certaines lignées entre elles. Les lignées se répartissaient en deux lots mutuellement interstériles. Il avait là deux espèces de drosophiles qu'il ne pouvait identifier que par croisement. En effet, la nouvelle espèce était identique à l'autre, à l'exception de différences microscopiques des pièces génitales des mâles, visibles seulement à la loupe. Il appela cette deuxième espèce *Drosophila simulans* ("l'imitatrice").

- La notion d'espèce jumelle" était née. Elle montrait que deux espèces étaient avant tout des "pools géniques" distincts, comme le généralisera le zoologiste américain Ernst Mayr vers 1940.

## Remarque

Une "sous-espèce" est une race géographique, c'est à dire un ensemble de populations locales occupant une subdivision géographique de l'espèce, et différant morphologiquement des autres populations de l'espèce.



# Exemples de sujets de synthèse

- La biodiversité résulte notamment de la survie différentielle des organismes dans leur environnement. Cette survie est la conséquence pour partie de la diversité génétique des organismes.

=> Présentez l'ensemble des processus à l'origine d'une diversification génétique du vivant, aussi bien dans la diversification des espèces que des individus au sein des espèces.

Votre exposé, structuré, comportera une introduction, un développement et une conclusion. Il s'appuiera sur la plante cultivée de votre choix. Les mécanismes de sélection naturelle, de dérive génétique et de spéciation ne sont pas attendus.

- La diversité du vivant est en partie décrite comme une diversité d'espèces. Cette biodiversité varie au cours du temps.

Après avoir défini ce qu'est une espèce, vous présenterez quelques mécanismes permettant l'apparition ou la disparition de celle-ci. Votre exposé devra être structuré par une introduction, un développement et une conclusion.

- Montrez que la biodiversité est une étape de l'évolution des espèces résultant de différents mécanismes de diversification des populations