

Royaume du Maroc



Ministère de l'éducation nationale du préscolaire et des sports
Académie régionale de l'éducation nationale de Marrakech
Direction provinciale Marrakech

Résumé de cours de génétique des populations

2^{ème} bac – série SVT – option français

Proposé par prof : Khadija Zekrite
2025/2026

Unité 4 : Génétique des populations

I/ Génétique des populations : définition et objectifs.

- La génétique des populations s'intéresse de la transmission des caractères héréditaires à partir de croisements non contrôlés, qui surgissent entre de nombreux parents au sien d'une même population.
- La génétique des populations vise les objectifs suivants
 - Le calcul des fréquences des allèles, des génotypes et des phénotypes pour constituer une idée claire sur la structure génétique d'une population.
 - Prévoir théoriquement la structure d'une population au fil des générations.
 - L'étude des facteurs susceptibles de modifier la structure génique d'une population.

II/ Notion d'espèce et population naturelle

- **Espèce** : Plusieurs critères sont utilisés pour définir une espèce :
 - Le critère de ressemblance morphologique, mais ce critère rencontre des problèmes, en effet quelques individus présentent de grandes différences morphologiques malgré leur appartenance à la même espèce.
 - Les critères écologiques : habitat, régime alimentaire...
 - Le critère génétique et biochimique : Les individus de la même espèce partagent les mêmes gènes et des molécules semblables.
 - Le critère **d'interfécondité** : deux individus de la même espèce sont capables de se reproduire entre eux et donner une descendance viable et fertile (féconde) sur plusieurs générations.C'est la dernière définition qui est la plus admise de nos jours et qui tient compte du concept biologique, cette définition a été énoncé la première fois par le chercheur **Ernst Mayr** en 1942.

• **Une population naturelle** est un ensemble d'individus appartenant à la même espèce, vivant sur un territoire plus ou moins bien limité par des barrières géographiques ou écologiques. Les individus de la même population interagissent entre eux au moment de la reproduction. La notion de population fait donc appel à des critères d'ordres spatiaux, temporels et génétiques.

La population est une structure dynamique caractérisée par :

- Un flux des individus: entrée de nouveaux individus (naissances, migration d'individus de la même espèce vers la population concernée), perte d'individus: mortalité, migration de certains individus de la population vers d'autres territoires.
- La mutations, la sélection naturelle, la dérive génétique (ou génique).

III/ Notion du pool génique et calcul des fréquences réelles alléliques et génotypiques d'une population

• **Pool génique** : c'est l'ensemble des allèles qui se trouvent sur les locus des gènes des chromosomes de tous les individus de la population. Le pool génique se caractérise par sa continuité et son évolution au cours des générations, et aussi par sa variabilité sous l'influence de certains facteurs naturels.

• Comment Calculer les fréquences observée des phénotype?

- On symbolise la fréquence par la lettre f. la valeur de f est comprise entre 0 et 1.
- On calcule la fréquence des différents phénotypes par la relation suivante :

$$f[A] = \frac{\text{Nombre d'individus porteurs du phénotype [A]}}{\text{Effectif total de la population N}}$$

f[A] : désigne la fréquence du phénotype [A]

Rappel : Si l'allèle A est dominant : nombre[A] = nombre (AA) + nombre (Aa)

$$f[A] + f[a] = 1$$

• Comment Calculer les fréquences génotypiques observée ?

$$f(AA) = \frac{\text{Nombre d'individus porteurs du génotype (AA)}}{\text{Effectif total de la population N}}$$

f(AA) : désigne la fréquence du génotype AA.

On note f(AA) = D (individus homozygotes porteur du caractère dominant)

f(aa) = R (individus homozygotes porteur du caractère récessif)

f(Aa) = H (individus hétérozygotes)

$$D + H + R = 1$$

• Comment Calculer les fréquences alléliques observée ?

On calcule la fréquence des allèles : par l'application du théorème des probabilités composées. La fréquence de l'allèle A peut être définie comme la probabilité de tirer cet allèle au hasard dans la population, ce qui suppose d'abord de tirer un individu, puis l'un de ses deux allèles :

$$f(A) = p = (D \times 1) + (H \times \frac{1}{2}) + (R \times 0) = D + \frac{H}{2}$$

$$f(a) = q = (D \times 0) + (H \times \frac{1}{2}) + (R \times 1) = R + \frac{H}{2}$$

avec : f(A) : fréquence de l'allèle dominant A, on note cette fréquence **p**

f(a) : fréquence de l'allèle récessif a, on note cette fréquence **q**

$$p + q = 1$$

En règle générale :

$$\text{Fréquence d'un allèle} = \frac{\text{Effectifs d'individus homozygotes pour cet allèle}}{\text{Effectif total des individus}} + \frac{1}{2} \times \frac{\text{Effectifs d'individus hétérozygotes pour cet allèle}}{\text{Effectif total des individus}}$$

IV/ Population idéale ou équilibrée ou théorique :

La population théorique-idéale est équilibrée, elle se définit par les caractéristiques suivantes :

- Population d'organismes diploïdes à reproduction sexuée et sans chevauchement entre les générations (pas de croisements entre individus de générations différentes).
- Effectif de la population infini (très grand nombre).
- Rencontre aléatoire entre les mâles et les femelles (**Panmixie**) et rencontre aléatoire entre les gamètes mâles et les gamètes femelles lors de la fécondation (**Pangamie**)
- Absence des facteurs d'évolution de la population : migration, sélection et mutations.

II/ La loi de Hardy-Weinberg

La théorie de la loi de Hardy – Weinberg s'applique sur les populations théoriques idéales qui n'évoluent pas. Selon cette loi :

- Les fréquences alléliques et génotypiques ne changent pas avec le temps.
- On détermine les fréquences théoriques des génotypes à partir des fréquences des allèles. Dans le cas d'un gène di-allélique, où p est la fréquence de l'allèle dominant A et q la fréquence de l'allèle récessif a,
 - ☞ Si le gène est autosomal, on adopte une relation simple qui correspond au développement du binôme $(p+q)^2$:

$$\begin{aligned} f(AA) + f(Aa) + f(aa) &= (p+q)^2 = 1 \\ &= p^2 + 2pq + q^2 = 1 \end{aligned} \quad \rightarrow \begin{aligned} f(AA) &= p^2 \\ f(Aa) &= 2pq \\ f(aa) &= q^2 \end{aligned}$$

- ☞ Si le gène est lié au sexe,
 - ☞ On adopte la même relation précédente chez les femelles

$$\begin{aligned} f(X_A X_A) + f(X_A X_a) + f(X_a X_a) &= (p+q)^2 = 1 \\ &= p^2 + 2pq + q^2 = 1 \end{aligned} \quad \rightarrow \begin{aligned} f(X_A X_A) &= p^2 \\ f(X_A X_a) &= 2pq \\ f(X_a X_a) &= q^2 \end{aligned}$$

- ☞ Chez les mâles, la fréquence des génotypes est égale à la fréquence des allèles :

$$\begin{aligned} f(X_A Y) &= p \\ f(X_a Y) &= q \end{aligned}$$

- L'écart entre les effectifs génotypiques théoriques et les effectifs génotypiques observés permet de juger si la population est équilibrée ou pas :
 - ☞ Si cet écart est négligeable, on dit que la population est théorique équilibrée et par conséquent elle répond à la loi de Hardy-Weinberg.
 - ☞ Si cet écart est important, on dit que la population n'est pas équilibrée et par conséquent elle n'obéit pas à la loi de Hardy-Weinberg.

V/ Les facteurs de variabilité des populations naturelles

La loi de Hardy-Weinberg décrit une population théorique qui reste stable et n'évolue pas. En réalité, les populations naturelles évoluent car des facteurs comme les mutations, la sélection naturelle, la dérive génétique et les migrations modifient la fréquence des allèles :

1/ Les mutations : الطفرات

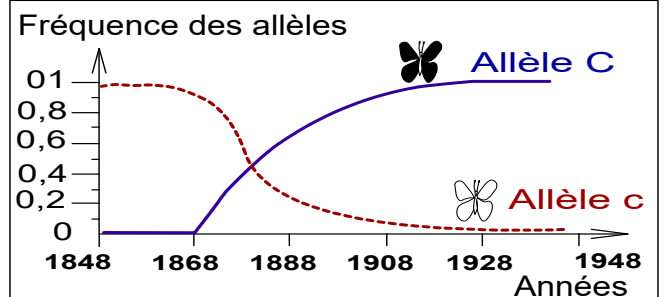
- Les mutations sont des modifications de l'ADN pouvant toucher :
 - ↪ la séquence d'un gène, appelées mutations ponctuelles, elles peuvent altérer sa fonction et se classent en trois types : substitution, addition et délétion.
 - ↪ Les chromosomes, on les appelle mutations chromosomiques, ce sont des modification importante qui touchent la structure ou le nombre des chromosomes, on distingue entre :
 - Mutations du nombre : elles changent le nombre total de chromosomes : addition, délétion, ou duplication d'un chromosome ou plus, exemple : trisomie 21 (3 chromosomes 21 au lieu de 2)
 - Mutations de la structure : elles modifient la forme ou l'organisation des chromosomes :
 - Délétion : perte d'un fragment de chromosome
 - Duplication : répétition d'un fragment
 - Inversion : un segment est inversé
 - Translocation : échange de fragments entre chromosomes
- Les mutations créent de nouveaux allèles à partir de ceux qui existent déjà. Cela modifie la fréquence des allèles, des génotypes et des phénotypes dans une population. Les mutations causent donc l'augmentation de la diversité et l'évolution génétique des populations (التنوع والتطور الوراثي للسكان).

2/ La sélection naturelle : الانتقاء الطبيعي

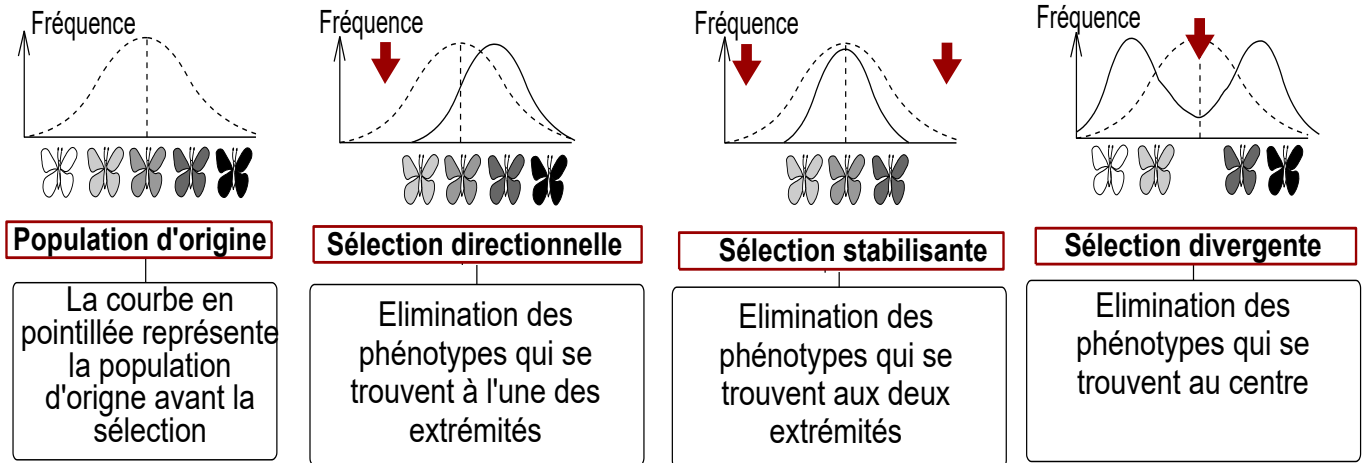
- La sélection naturelle s'applique à la population, et non pas à l'individu, c'est le processus par lequel les individus les mieux adaptés à leur environnement survivent et se reproduisent davantage que les autres. Avec le temps, ces caractéristiques avantageuses deviennent plus fréquentes dans la population. La sélection est dite positive pour les individus les plus favorisés dans ce milieu et négative pour les individus les moins aptes à survivre ou à se reproduire.
- Les individus avantagés transmettent davantage leurs allèles, ce qui augmente leur fréquence tandis que les autres diminuent. Cela modifie la structure génétique de la population en favorisant les caractères les mieux adaptés à l'environnement.

Exemple : Effet de la sélection naturelle dans une région industrielle polluée (arbres sombres) sur la fréquence d'un allèle dominant (C) codant pour la couleur noir d'un papillon et sur l'allèle (c) codant pour la couleur claire de ce même papillon.

Dans cette région polluée, les papillons clairs sont facilement repérables par les oiseaux prédateurs et donc plus exposés à la prédation ce qui provoque la diminution de leur effectif et donc ces allèles (c) sont moins transmis aux générations suivantes ce qui conduit à une diminution qui tend vers une extinction اندثار de ces allèles. Inversement dans l'environnement rural non pollué.



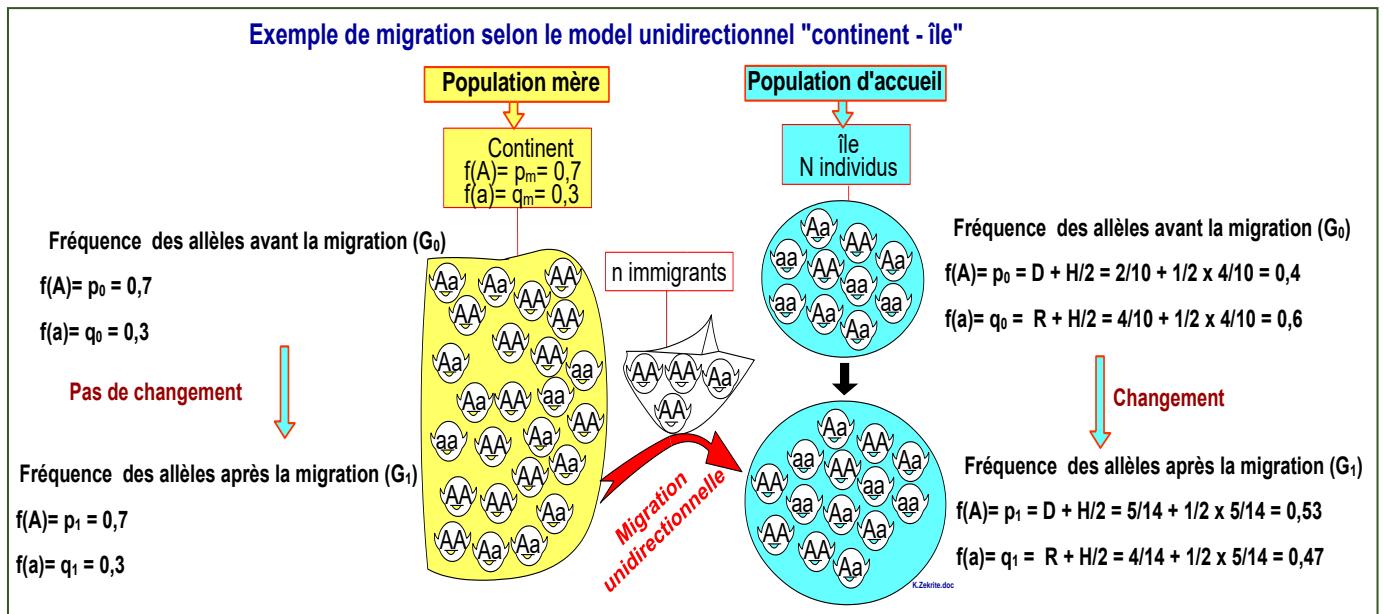
* On distingue trois types de sélections naturelle selon les phénotypes favorisés dans un milieu : directionnelle, stabilisante et divergente.



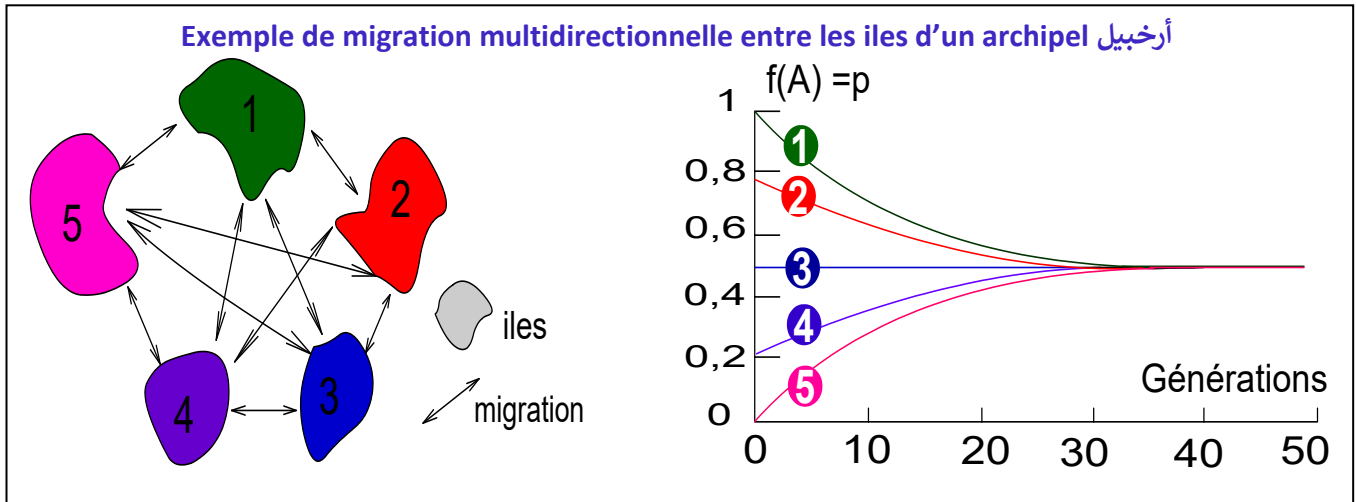
2/ La migration : الهجرة

* La migration des individus entre populations permet d'échanger des allèles. Cela change leur fréquence et modifie le pool génique des populations.

* La migration unidirectionnelle selon le modèle insulaire conduit à la modification de la structure génique de la population d'accueil de petit effectif (île) qui évolue vers la structure génétique de la population mère de grand effectif (continent), alors que cette dernière reste en équilibre, protégée par son grand effectif.



* La migration multidirectionnelle selon le modèle d'archipel réduit les différences entre les populations, augmente la diversité génétique et les rapproche vers une structure génétique commune : la variabilité génétique entre les populations disparaît (voir le model).

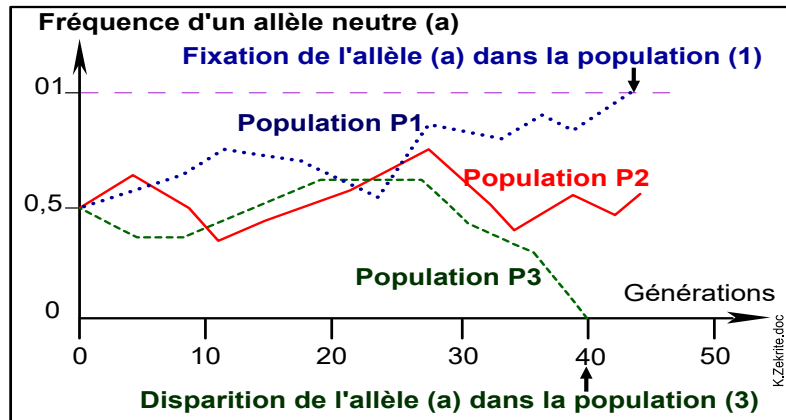


4/ La dérive génétique (ou génique) : الانحراف الجيني

* La dérive génétique est un changement aléatoire des fréquences des allèles neutres dans une population, dû au hasard (et non à la sélection naturelle ou à la migration ou à la mutation). Elle est surtout importante dans les petites populations et peut entraîner la disparition ou la fixation de certains allèles au fil des générations, de ce fait elle entraîne une diminution du polymorphisme génétique au sein de la population.

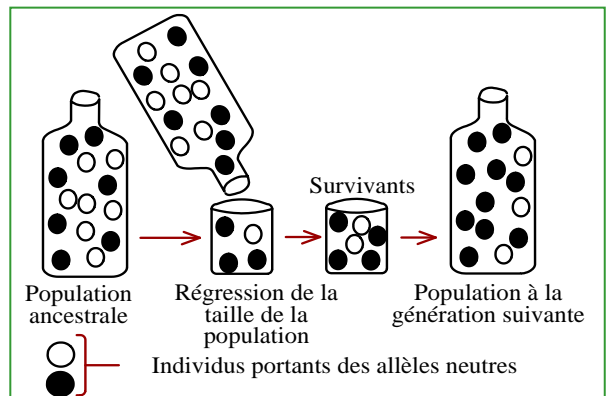
* En raison de son caractère aléatoire, la dérive génétique est donc un phénomène imprévisible.

Influence de la dérive génétique sur la structure génétique des populations de petite taille

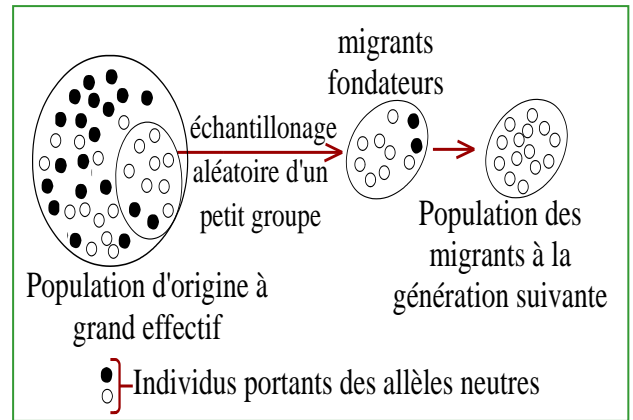


* Les deux causes de la dérive génétique sont :

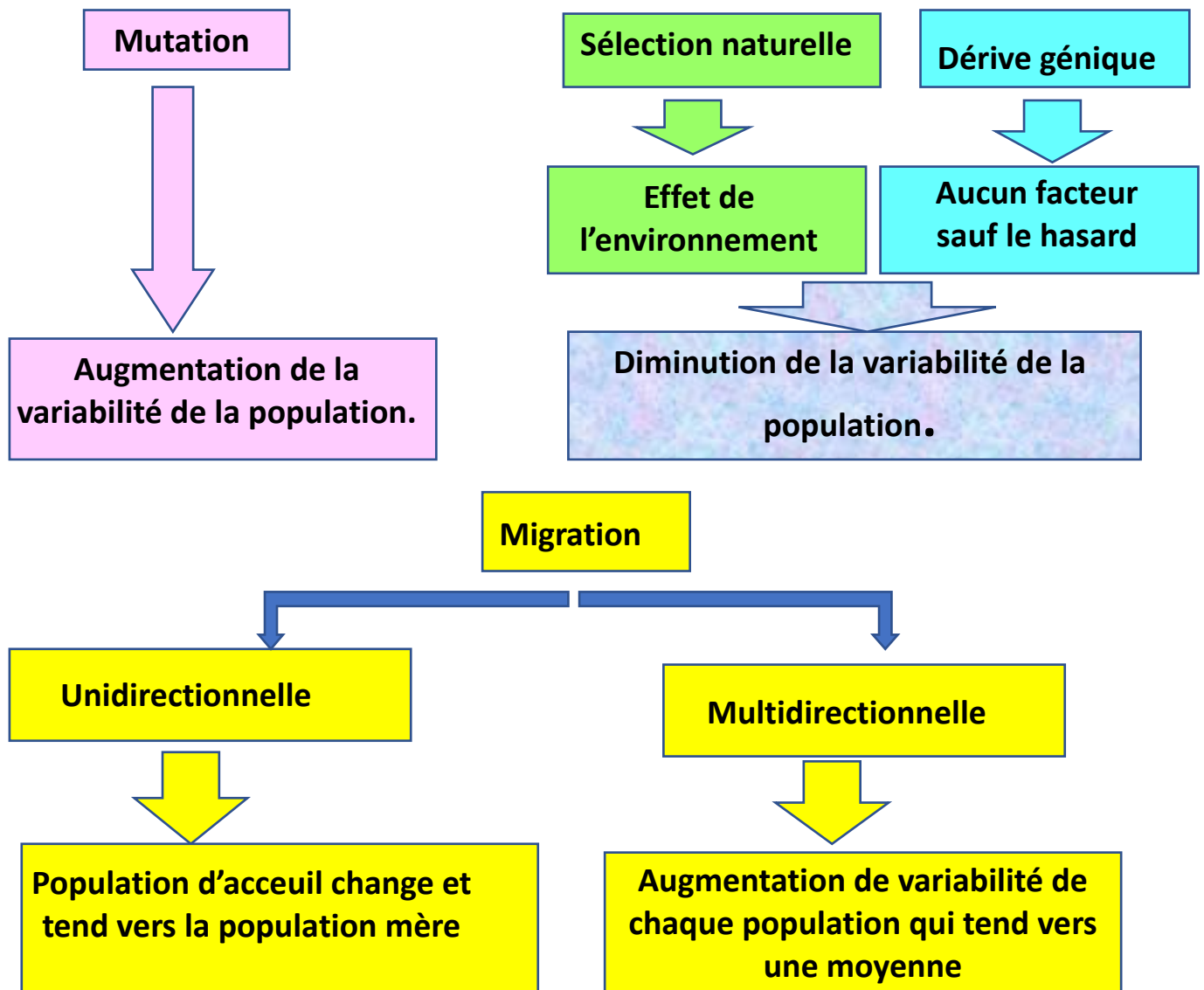
▪ Le goulot d'étranglement (ou goulet d'étranglement): فعل تضيق عنق الزجاجة
 correspond à un épisode de réduction sévère d'une population mère (suite à une épidémie, sécheresse, catastrophe naturelle...), aléatoirement, quelques allèles neutres se trouvent moins représentés que d'autres dans la population. Les survivants se reproduisent exclusivement entre eux, ce qui conduit à une perte de ces allèles au fil des générations.



▪ **L'effet fondateur** : الفعل المؤسس se produit lorsqu'un **petit sous-groupe d'une population s'isole d'une manière aléatoire** du groupe principal et **fonde une nouvelle population**. L'effet fondateur se traduit également par une faible diversité génétique de départ.



5/ Résumé des facteurs de variation



فضلا لا تنسوني من صالح الدعاء

