



L'inéluctable évolution des génomes



Quels sont les mécanismes de l'évolution des génomes dans les populations ?

I. Le modèle d'Hardy-Weinberg, un équilibre démographique théorique

- A) Le modèle d'Hardy-Weinberg
- B) Un modèle mathématique ne pouvant pas exprimer la complexité du monde vivant

II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

- A) La sélection naturelle et sexuelle
- B) La dérive génétique
- C) Les mutations
- D) Les migrations

III. Le concept biologique de l'espèce

- A) Un nouveau regard sur la définition d'espèce
- B) Le mécanisme de spéciation



I. Les limites du modèle d'Hardy-Weinberg

→ A) Le modèle d'Hardy-Weinberg





Si dans une population, il y a seulement 2 allèles pour un caractère donné, alors :

$$P^2 + 2PQ + Q^2 = 1$$

Fréquence
du génotype
homozygote
dominant

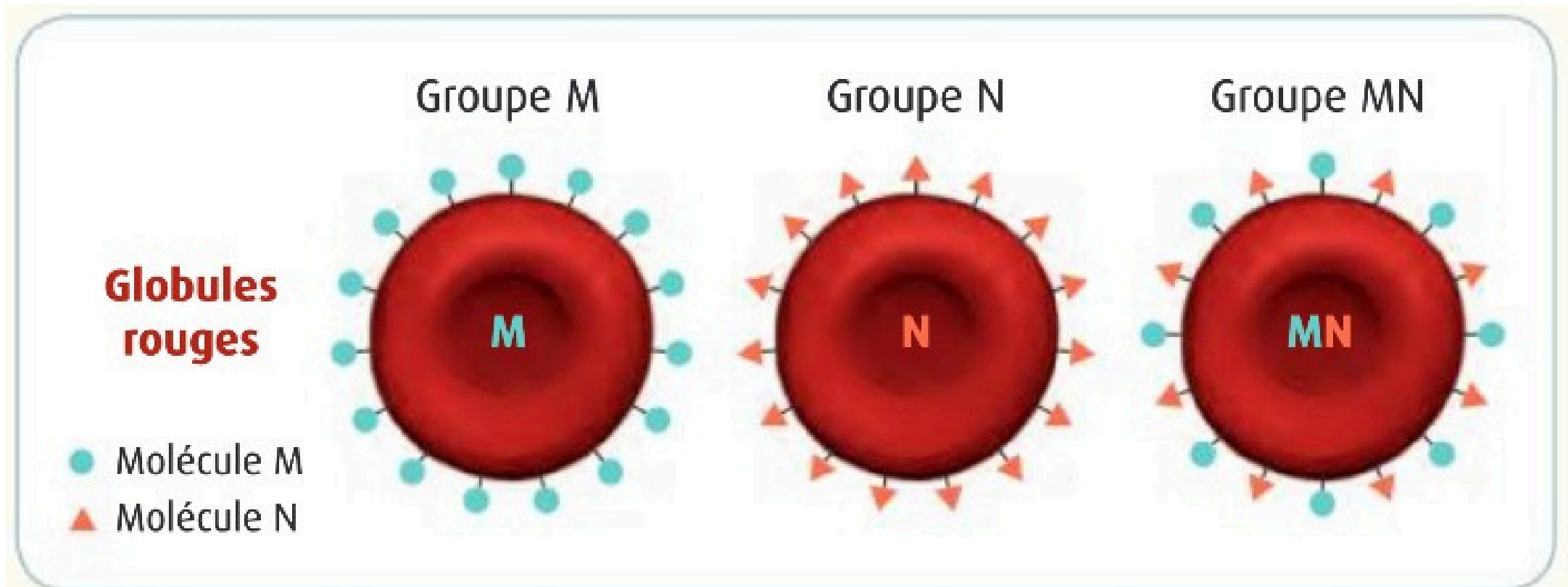
Fréquence
du génotype
hétérozygote

Fréquence
du génotype
homozygote
récessif

Document 1 : Le modèle mathématique d'Hardy-Weinberg



ARGUMENT : Mise en évidence du modèle théorique de Hardy-Weinberg avec les groupes sanguins



Résultats			
Génotype	M//M (groupe M)	M//N (groupe MN)	N//N (groupe N)
Nombre d'individus	406	744	332

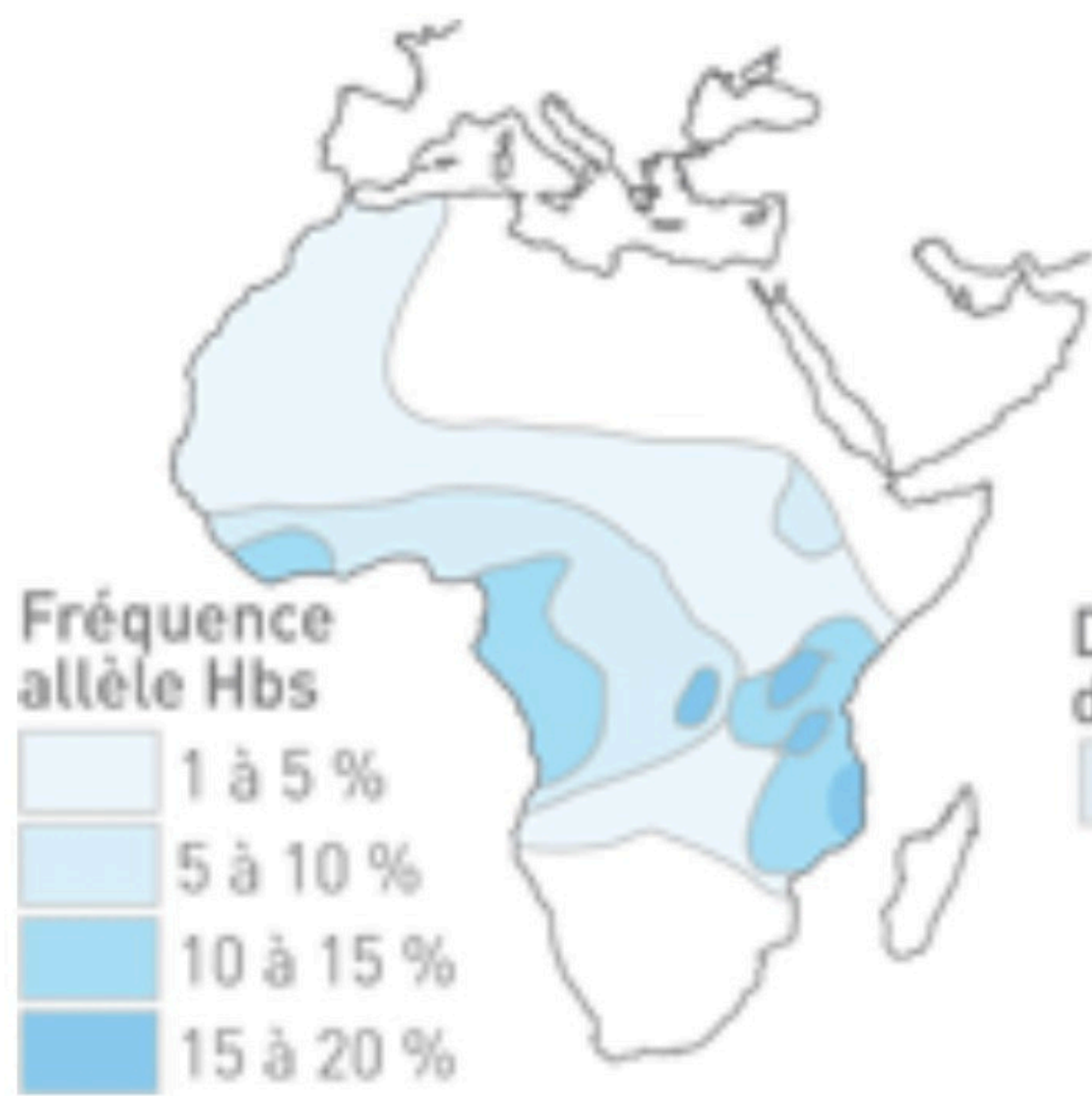
I. Les limites du modèle d'Hardy-Weinberg

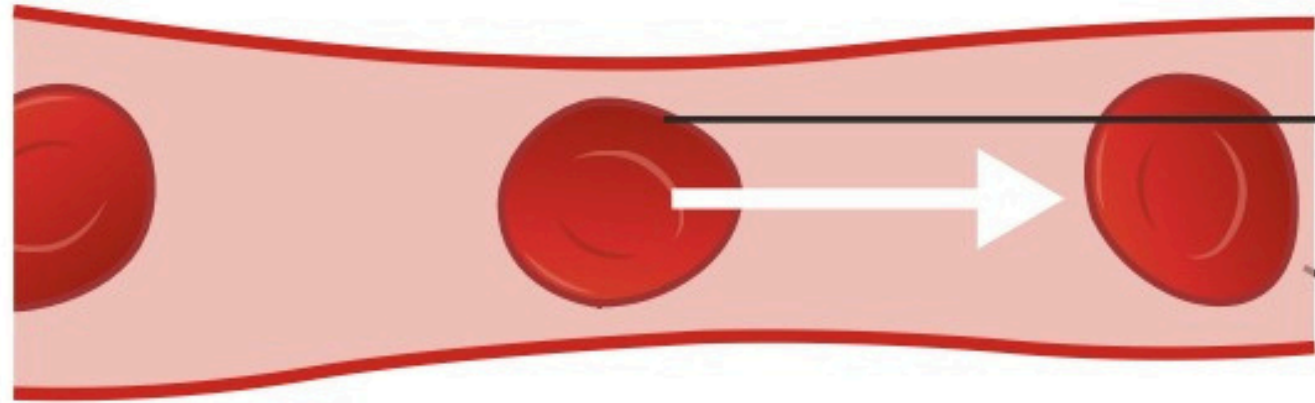
A) Le modèle d'Hardy-Weinberg

→ B) Un modèle théorique n'exprimant pas la complexité du vivant



Afrique équatoriale		USA	
Génotypes	Effectifs observés	Génotypes	Effectifs observés
(HbA//HbA)	9365	(HbA//HbA)	11272
(HbS//HbA)	2993	(HbS//HbA)	1109
(HbS//HbS)	29	(HbS//HbS)	6

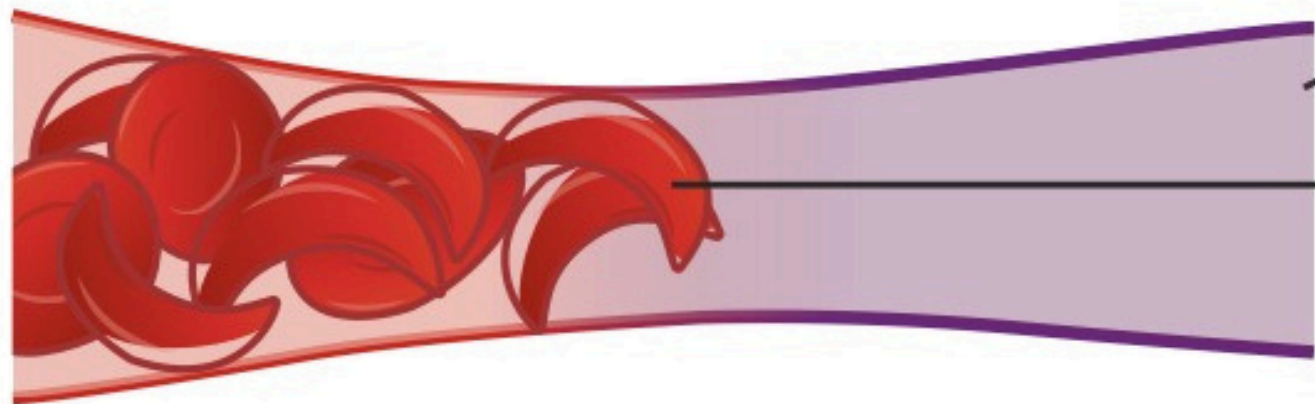




Hématie

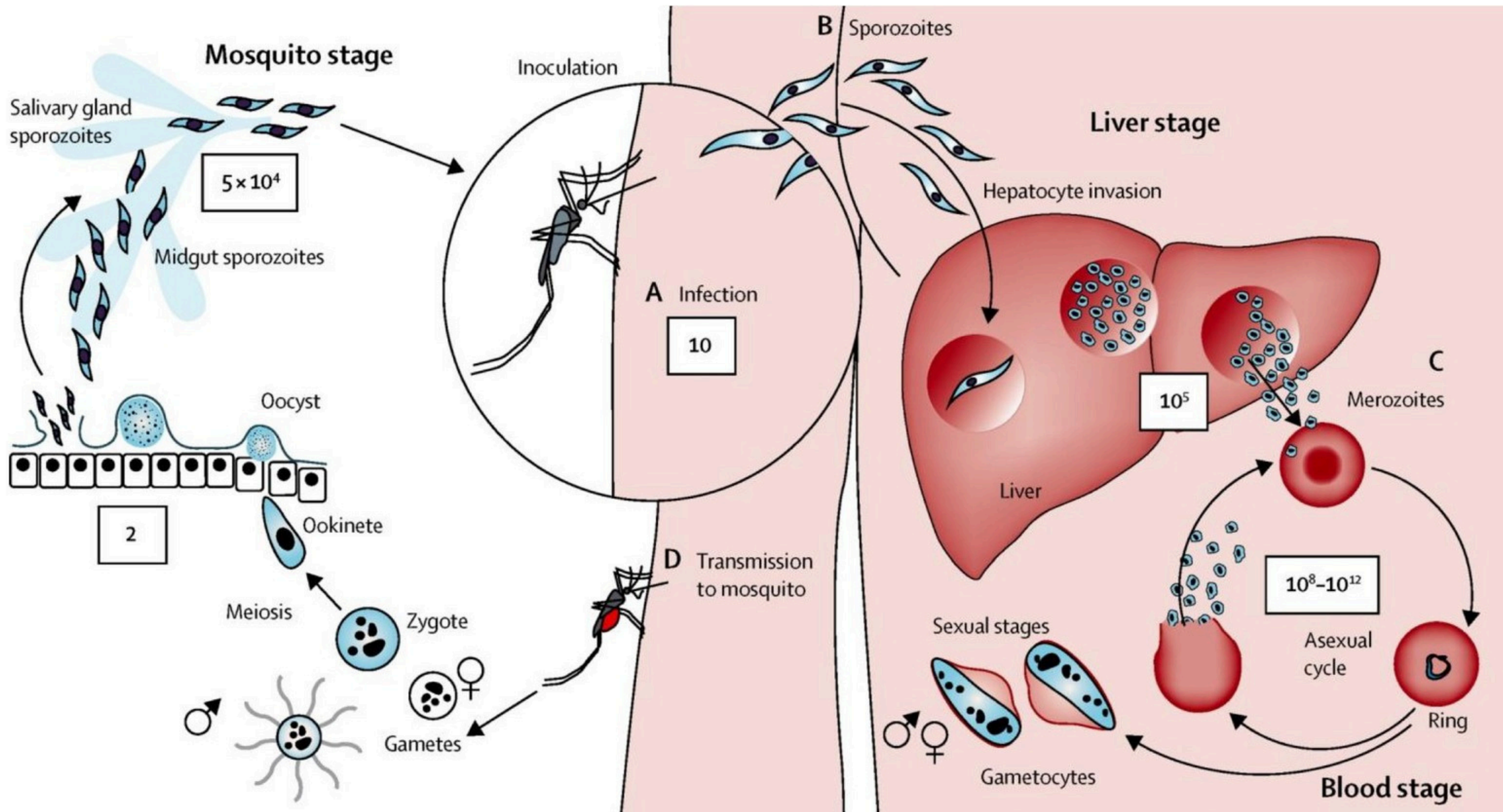
Individu non malade (A//A ou A//S)

Vaisseau sanguin

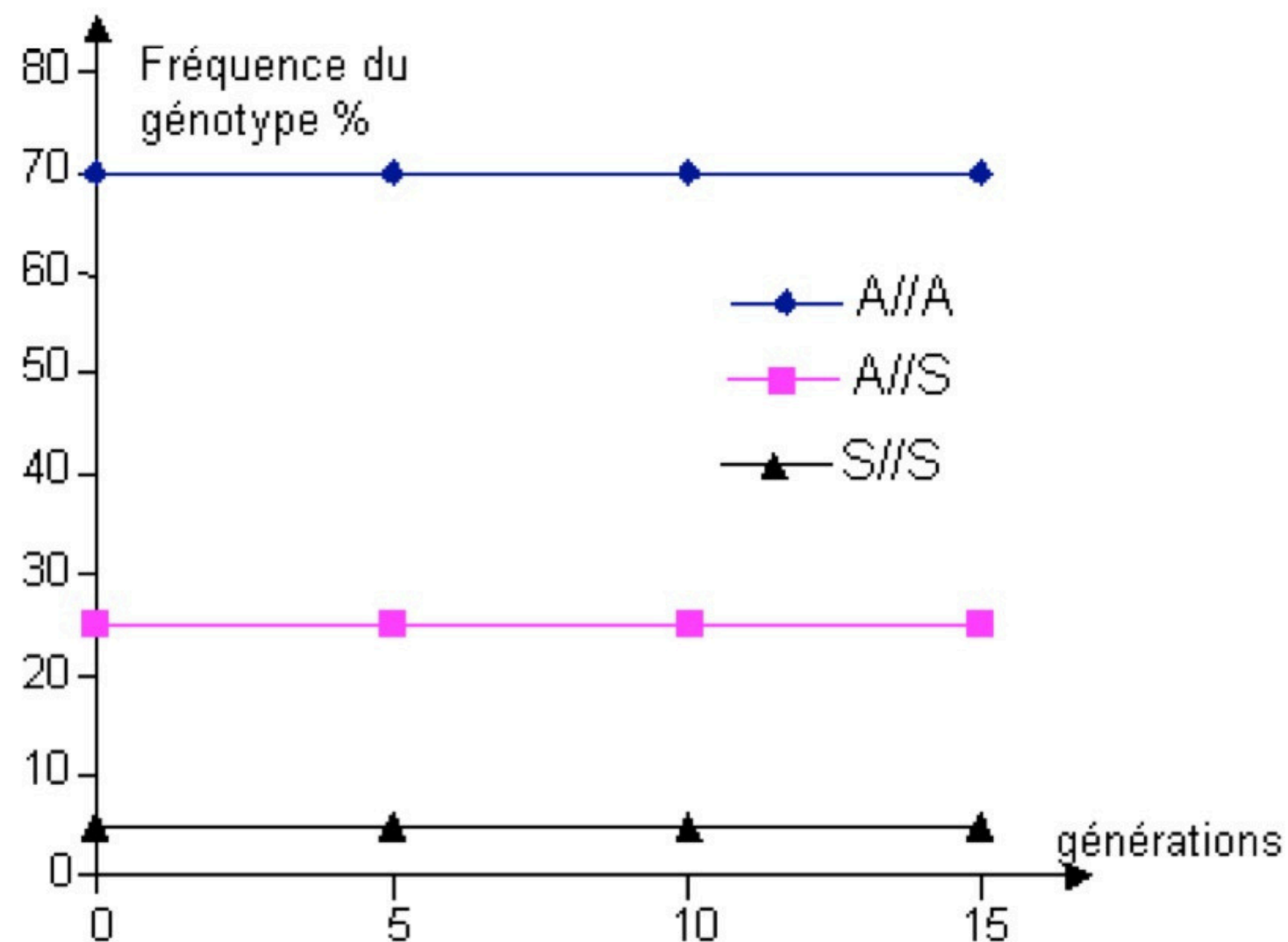


Hématie déformée par
l'hémoglobine mutée HbS

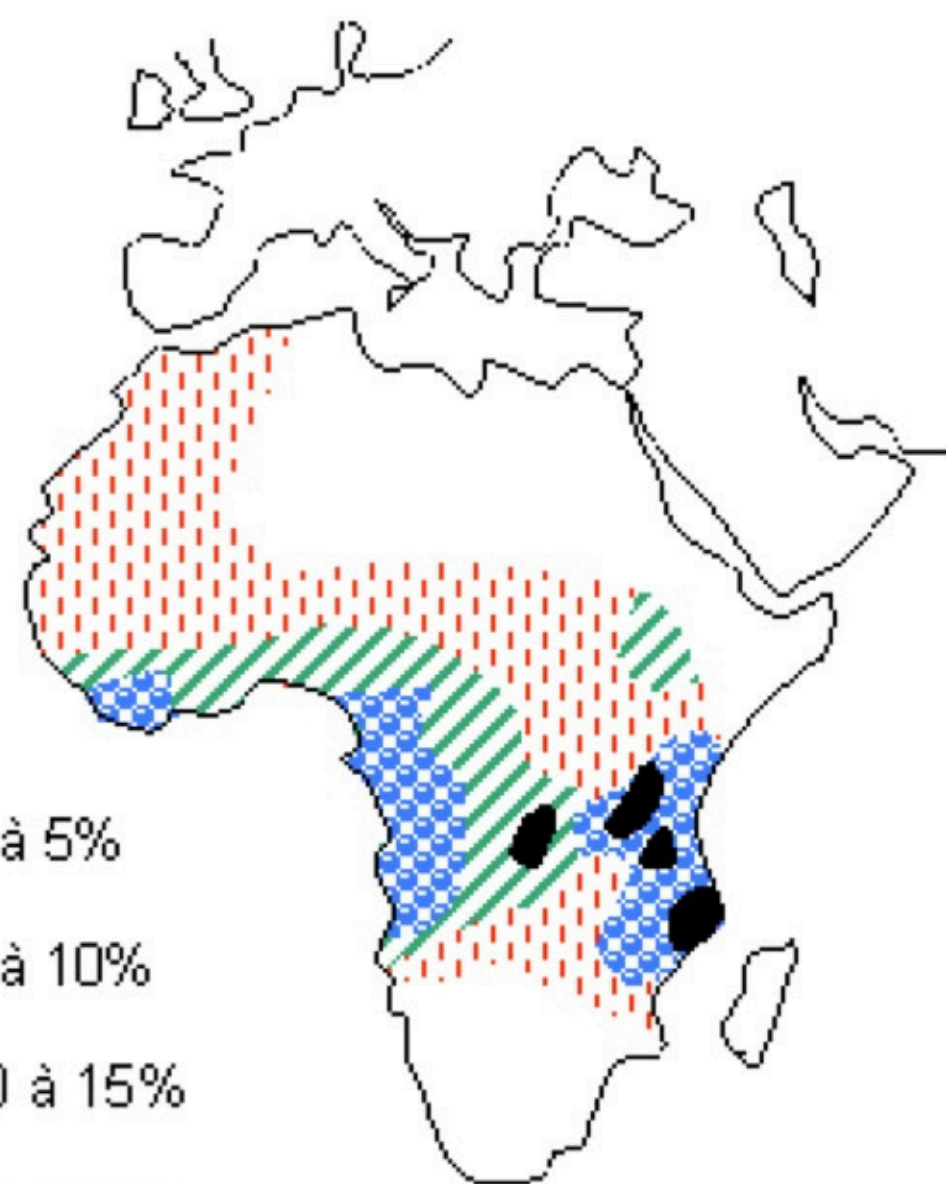
Individu souffrant de drépanocytose (S//S)



Phénotypes drépanocytaires	Sain 100% d'Hb normale, hématies normales.	Forme atténuée de la maladie. 50% d'Hb anormale.	Forme grave de la maladie. 100% d'Hb anormalee Hématies très déformées.
Génotype	A / / A	S / / A	S / / S
Relation au paludisme.	Les hématies sont fortement parasitées, la fréquence des malades chez les homozygotes sains est élevée.	Les hématies sont moins touchées par le parasite, la fréquence de contamination est plus faible.	Les hématies sont très peu touchées, le parasite a du mal à pénétrer dans les cellules. La fréquence de contamination est faible.
Bilan/avantage	Individu sain mais très parasité.	Individu peu malade et peu parasité.	Individu malade mais peu parasité.



fréquence des génotypes d'une population vivant dans une région avec paludisme



Distribution et fréquence de l'allèle S

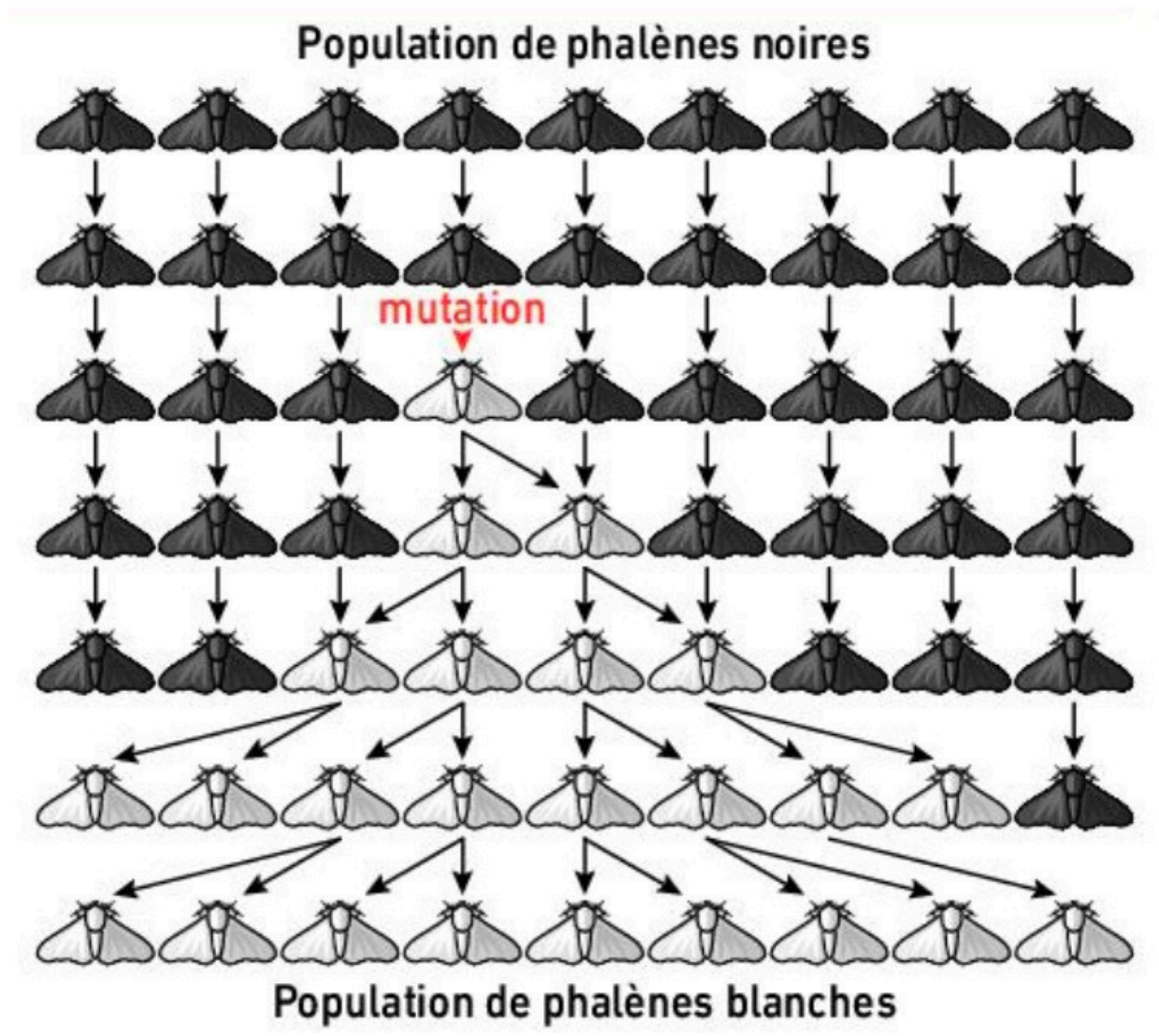


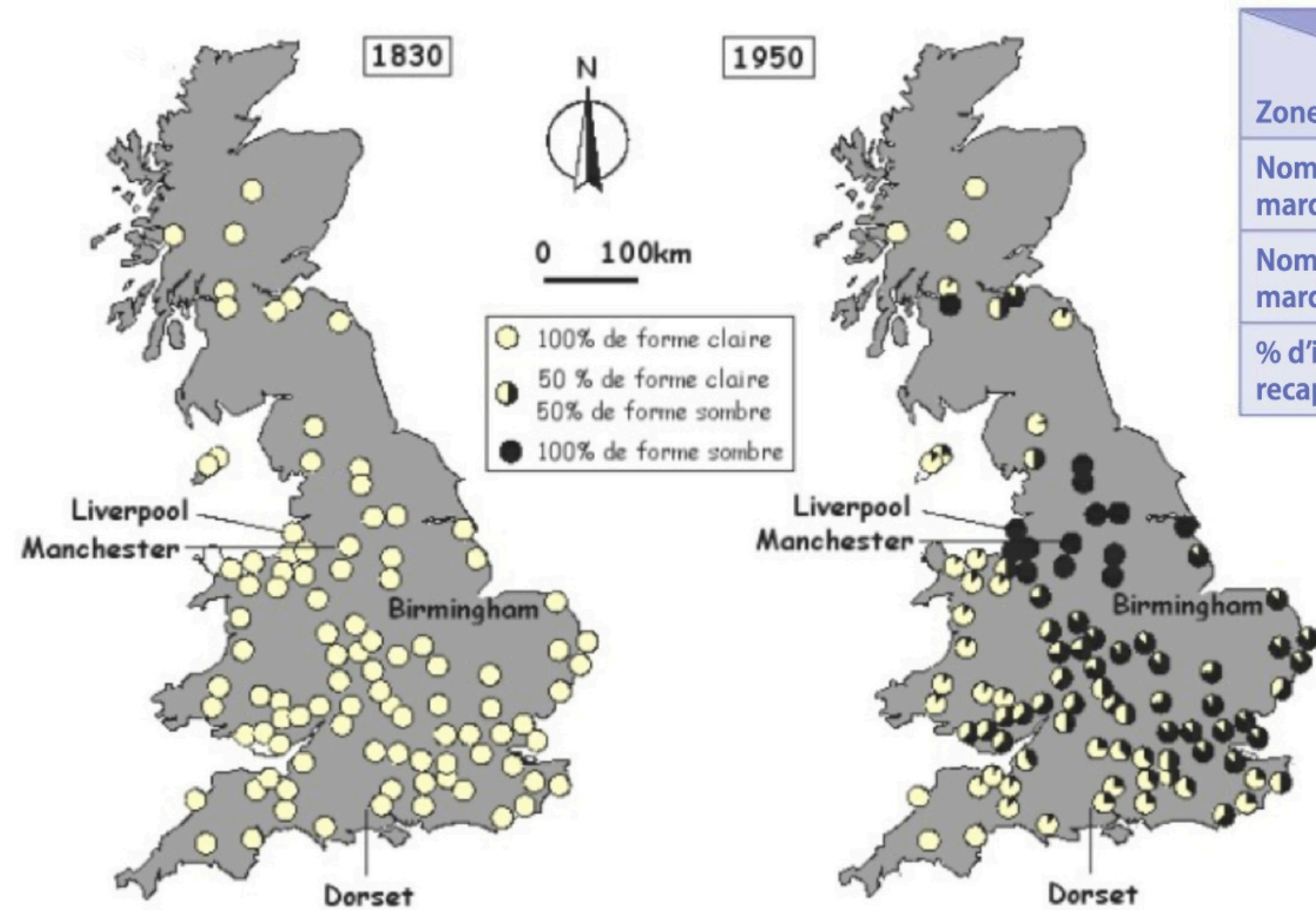
Bilan : Le modèle théorique de Hardy-Weinberg postule que, dans une population d'organismes diploïdes ayant recours à reproduction sexuée, la fréquence des allèles est stable d'une génération à la suivante, sous certaines conditions : population isolée d'effectif infini, absence de sélection naturelle ou sexuelle, pas de mutations. Dans les conditions réelles, cet équilibre théorique n'est jamais parfaitement atteint.

II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

→ A) La sélection naturelle et sexuelle





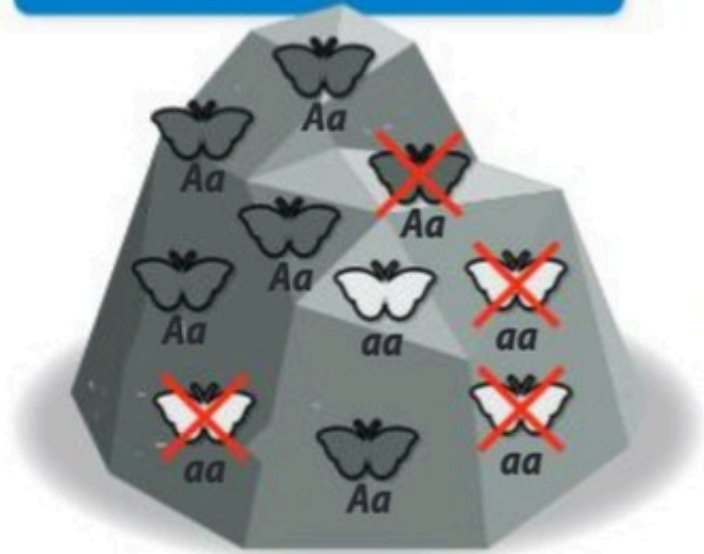


Birmingham	Forme « carbonaria »	Forme « typica »	Total
Zone polluée			
Nombre d'individus marqués relâchés	154	64	218
Nombre d'individu marqués recapturés	82	16	98
% d'individus marqués recapturés	53,25 %	25 %	44,95 %



ARGUMENT : Schéma des forces évolutives modifiant les fréquences alléliques au sein des populations

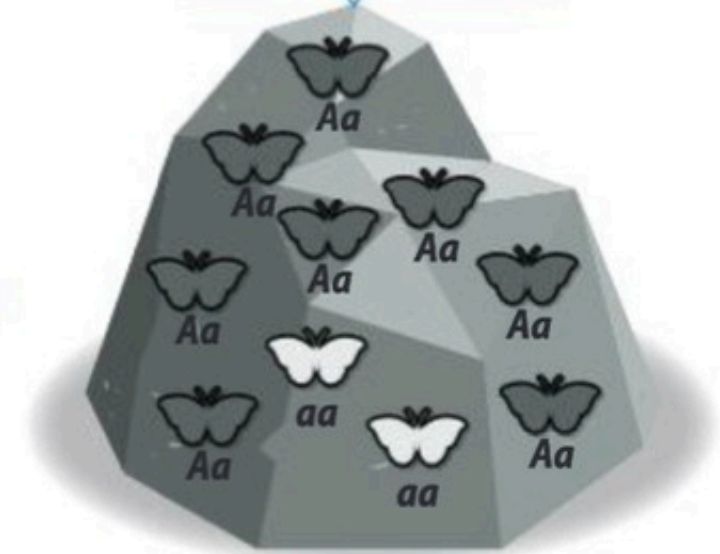
Sélection naturelle



Fréquence de A = 0,3
Fréquence de a = 0,7

X = Tué par un prédateur

Génération suivante

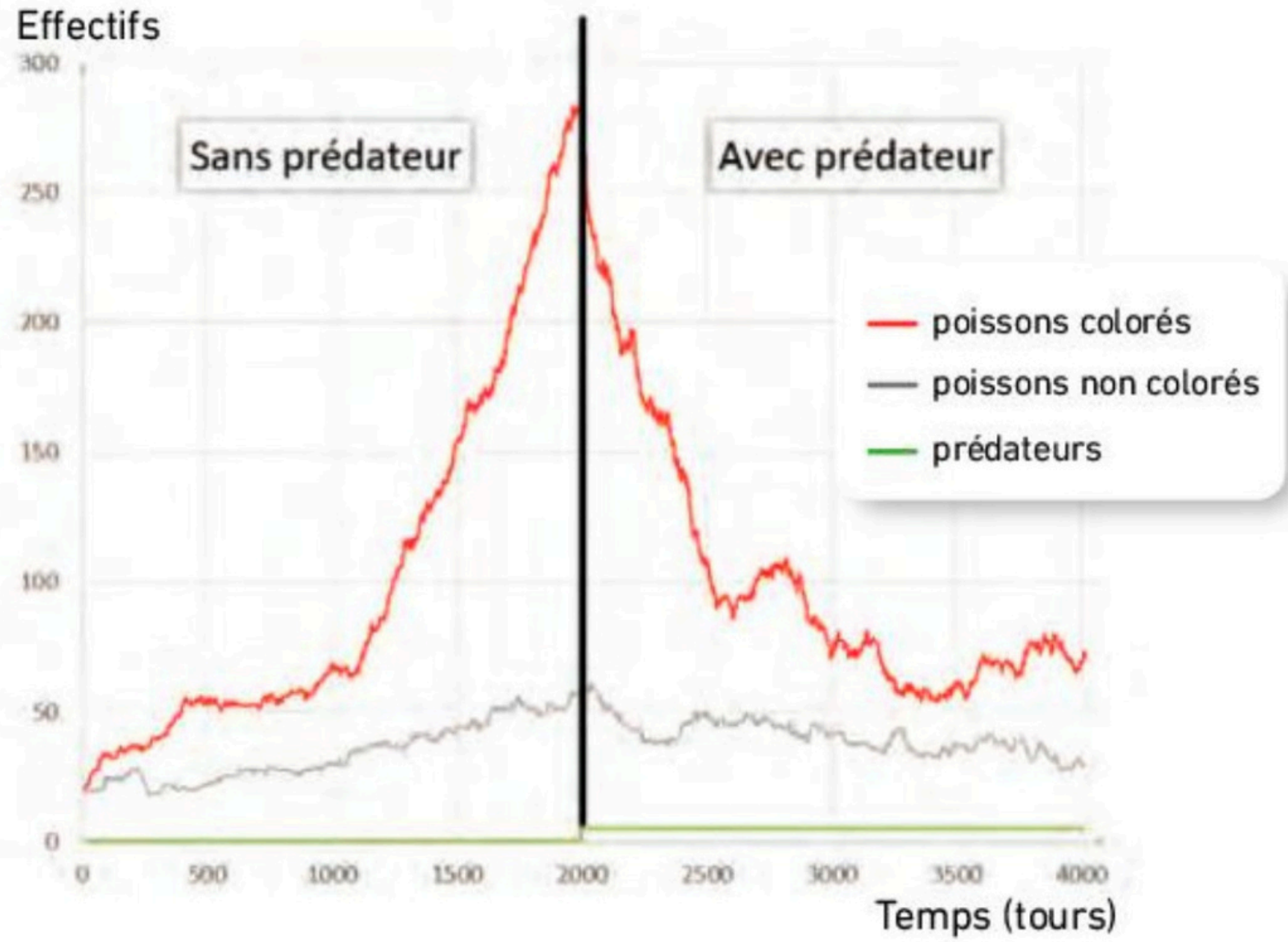


Fréquence de A = 0,6
Fréquence de a = 0,4

Document 2 : Un mécanisme évolutif, la sélection naturelle.



A Guppy mâle (à gauche) et femelle (à droite).



II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

A) La sélection naturelle et sexuelle

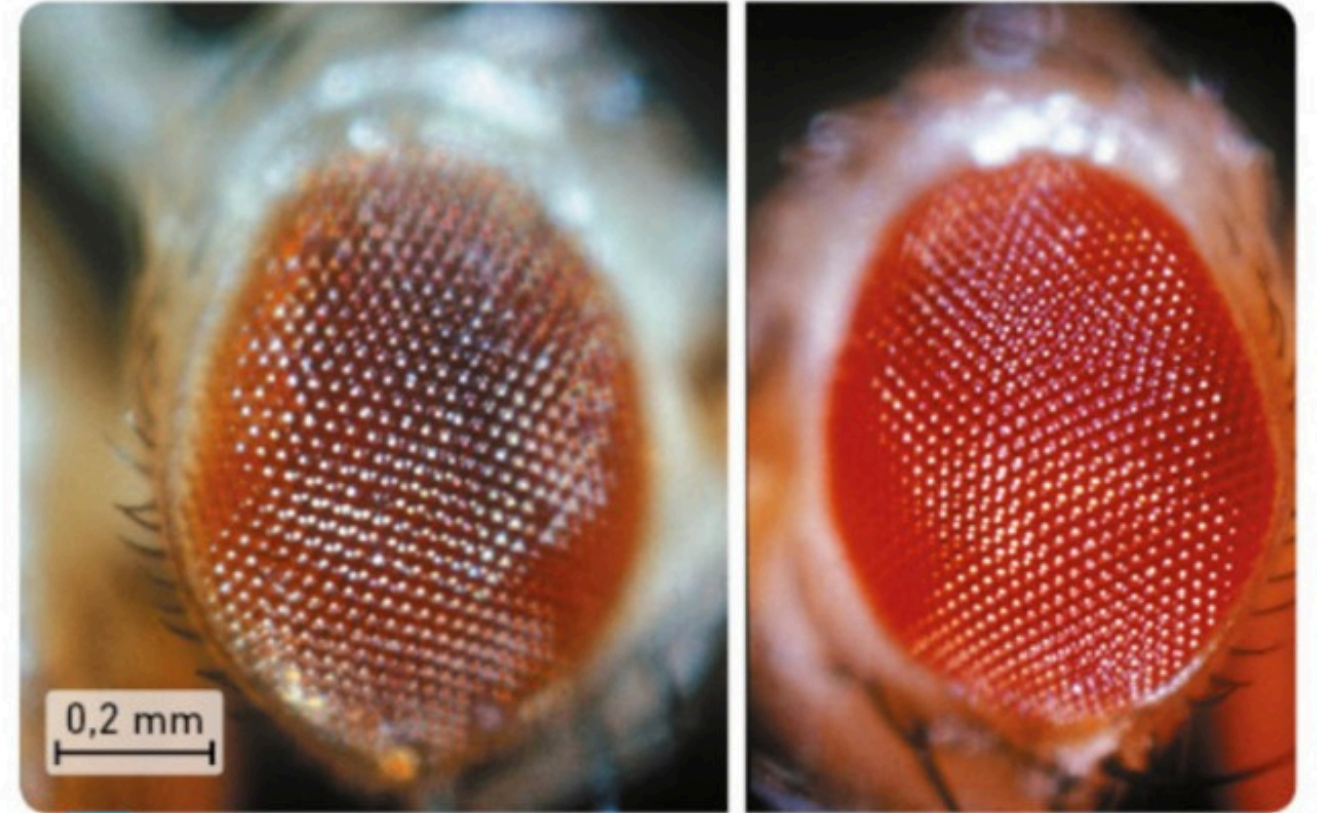
→ B) La dérive génétique



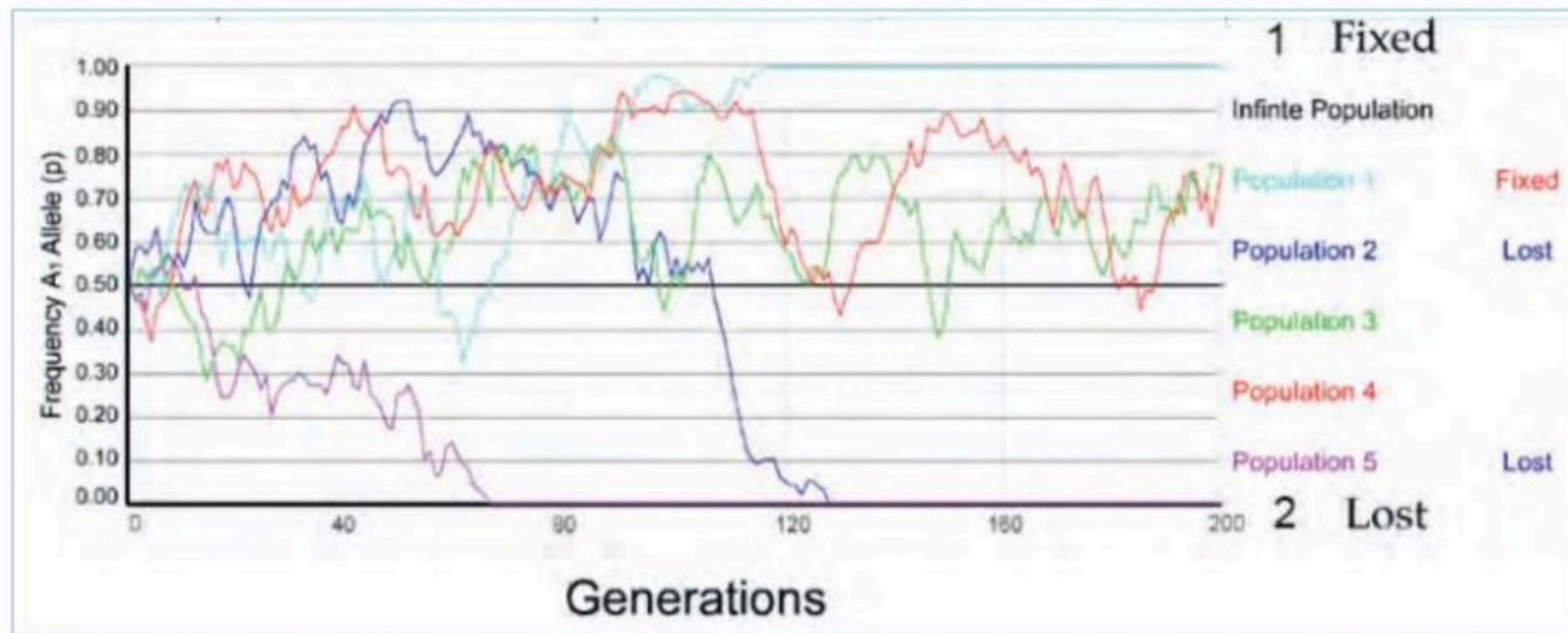
En 1956, le chercheur Peter Buri mène des élevages de drosophiles et génère 107 populations de drosophiles selon le protocole suivant.

Protocole :

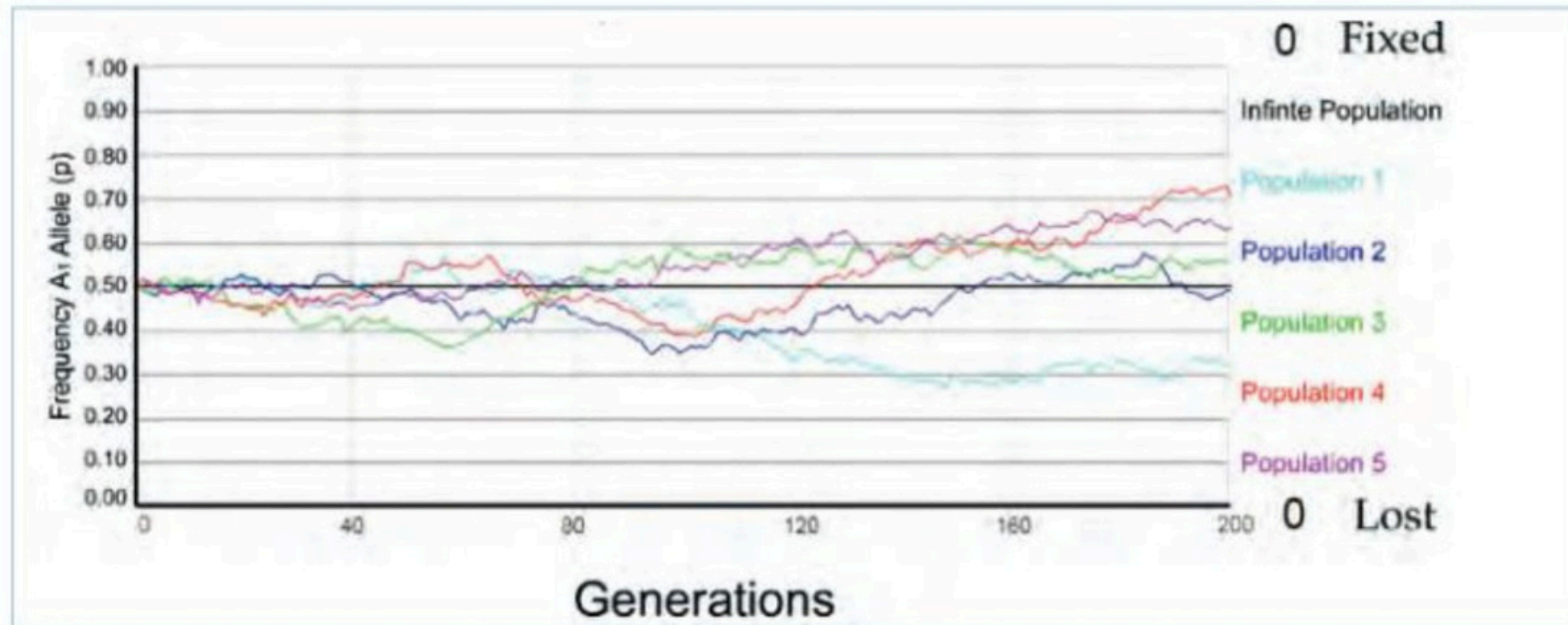
- chaque population est initialement fondée avec 16 individus hétérozygotes pour la mutation « brown eye » : 8 mâles et 8 femelles de génotype $bw75 / bw$;
- à chaque éclosion de génération, seuls 16 individus sont conservés (8 mâles et 8 femelles) pour former la génération suivante. La fréquence de l'allèle $bw75$ est mesurée sur le total de 32 allèles ;
- l'expérience est menée sur 19 générations.



2 Œil d'une drosophile porteuse de la mutation « brown eye » (à gauche) et œil d'une drosophile de phénotype sauvage (à droite).



a Population initiale de 50 individus



b Population initiale de 1 000 individus



ARGUMENT : Schéma des forces évolutives modifiant les fréquences alléliques au sein des populations



Document 3 : Un mécanisme évolutif, la dérive génétique.

II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

A) La sélection naturelle et sexuelle

B) La dérive génétique

→ C) Les mutations



Embryon
Cellule avec mutation



Cellule

Formation d'un clone cellulaire qui se différencie en cellule de peau

Mutation au sein d'une cellule de la lignée somatique



Descendants



Embryon
Cellule avec mutation



Mutation au sein d'une cellule de la lignée germinale

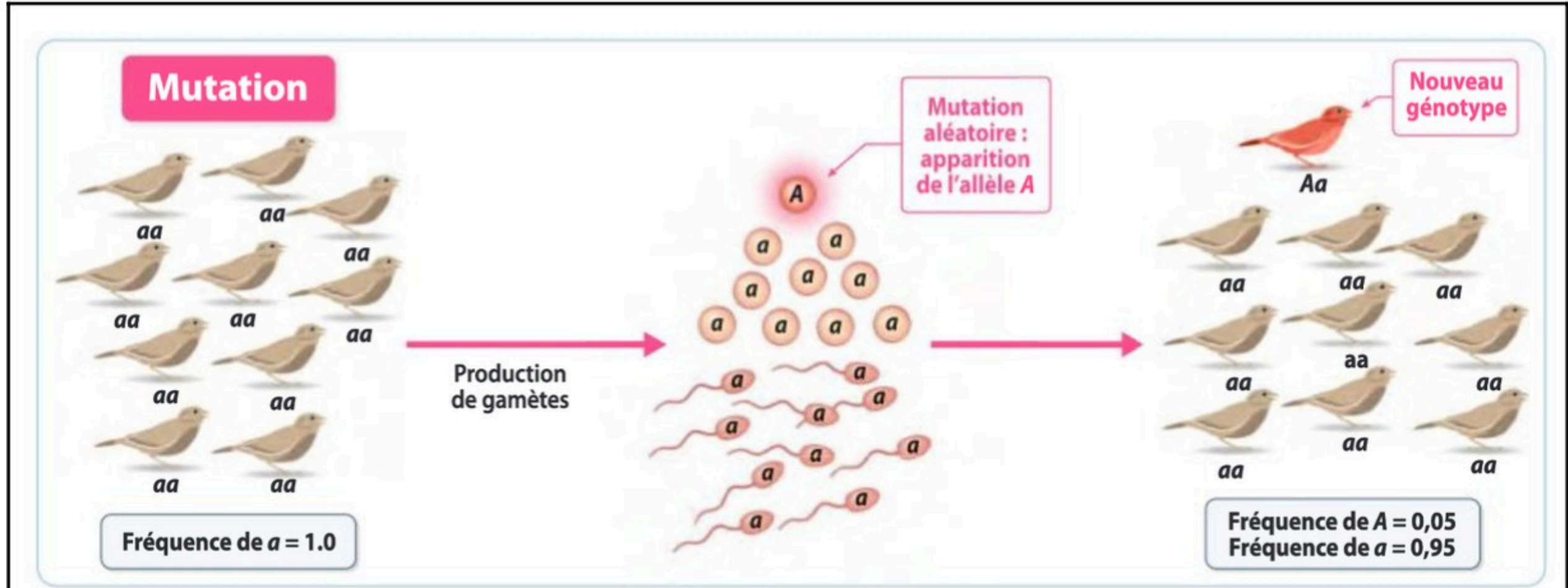


Descendants





ARGUMENT : Schéma des forces évolutives modifiant les fréquences alléliques au sein des populations



Document 4 : Un mécanisme évolutif, les mutations.

II. Les forces évolutives à l'origine de la différenciation génétique des populations

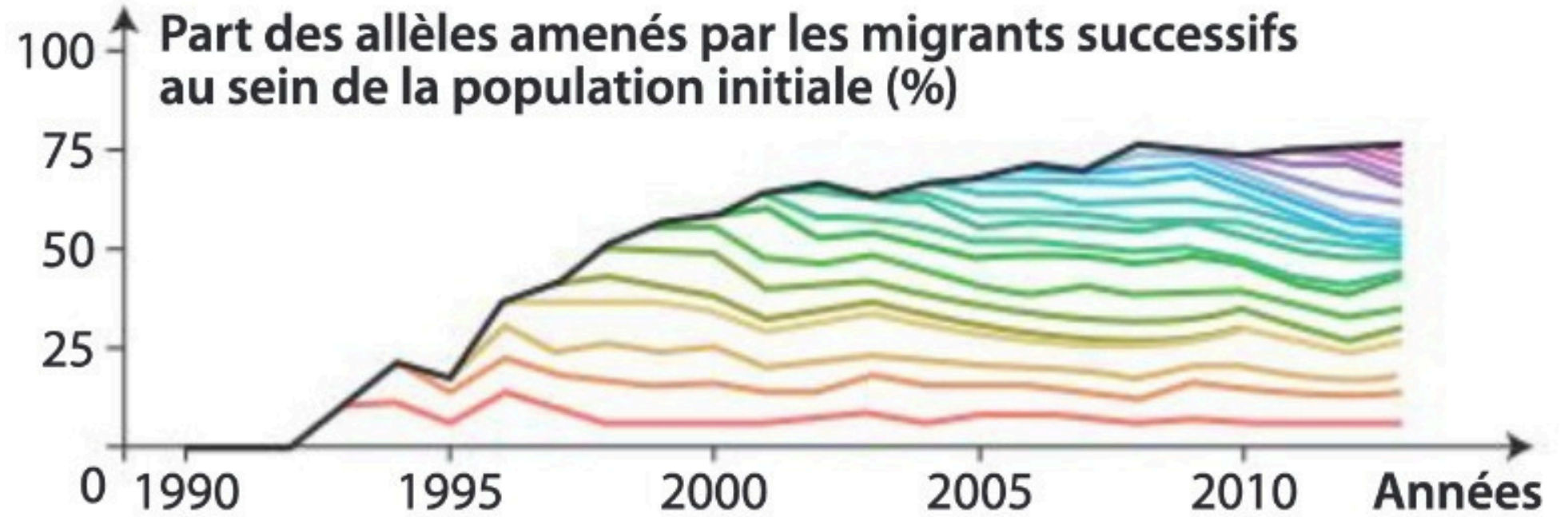
A) La sélection naturelle et sexuelle

B) La dérive génétique

C) Les mutations

→ D) Les migrations

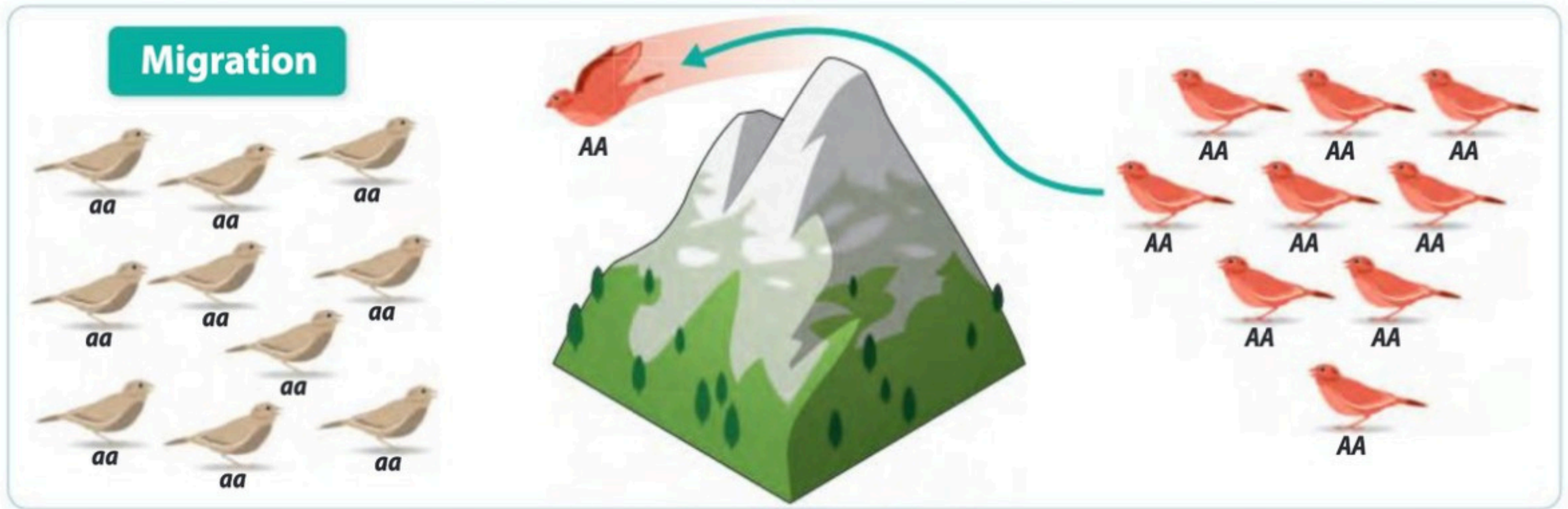




Courbe noire = Contribution génétique totale des immigrants
Chaque courbe colorée indique la contribution génétique de cohortes successives de migrants



ARGUMENT : Schéma des forces évolutives modifiant les fréquences alléliques au sein des populations



Document 5 : Un mécanisme évolutif, la migration.



Bilan : La fréquence des allèles dans une population varie au cours du temps sous l'effet des facteurs de l'environnement : c'est la sélection. Les allèles qui confèrent un avantage reproducteur dans un environnement donné ont tendance à se répandre dans une population, tandis que les allèles défavorables ont tendance à se raréfier. La dérive génétique correspond à une variation aléatoire de la fréquence des allèles dans une population. Elle est particulièrement marquée dans les populations de petite taille. Dans les conditions réelles, cet équilibre théorique n'est jamais parfaitement atteint, du fait entre autres des mutations, à l'origine de nouveaux allèles. Cependant, du fait de leur rareté, leur impact sur l'évolution des fréquences alléliques est modeste. Les populations ne sont pas toujours isolées : les migrations apportent de nouveaux allèles et permettent des échanges d'allèles entre populations, ce qui a tendance à les rendre plus homogènes.

Les stocks de matière dans un écosystème forestier

III. Un nouveau regard sur la définition d'espèce

→ A) Les critères de définition de l'espèce

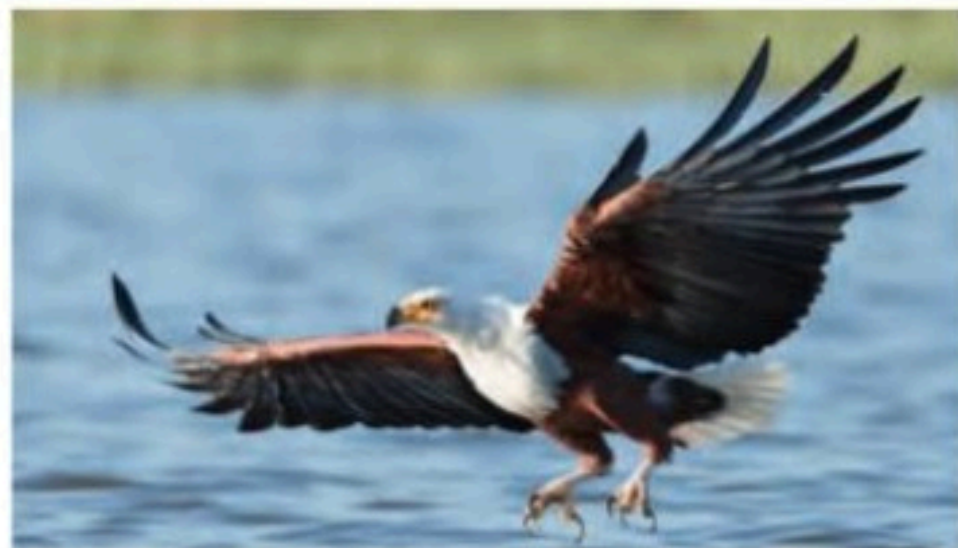


1 Les limites du concept d'espèce

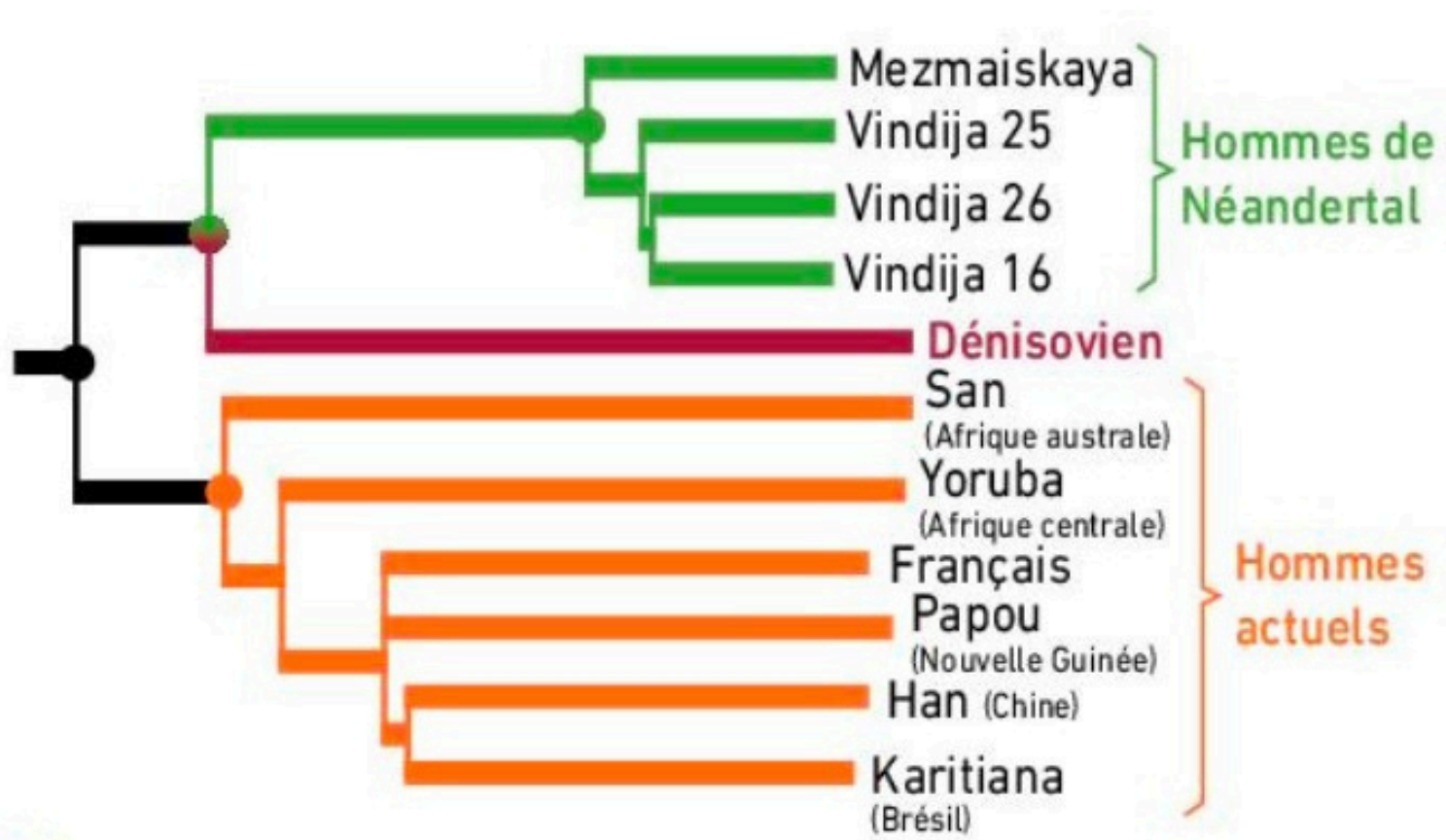
Définir une espèce n'est pas si simple ! La délimitation des espèces a longtemps reposé sur des similitudes de caractères morphologiques. Ernst Mayr, en 1942, propose une définition biologique de l'espèce introduisant le critère d'interfécondité : des espèces sont des groupes d'individus isolés reproductivement les uns des autres. Les techniques de génétique moléculaire permettent aujourd'hui d'étudier la proximité génétique des individus (définition génétique de l'espèce), ou de leur attribuer un ancêtre commun (concept phylogénétique). Finalement, c'est la combinaison de plusieurs approches qui permet de délimiter les espèces.



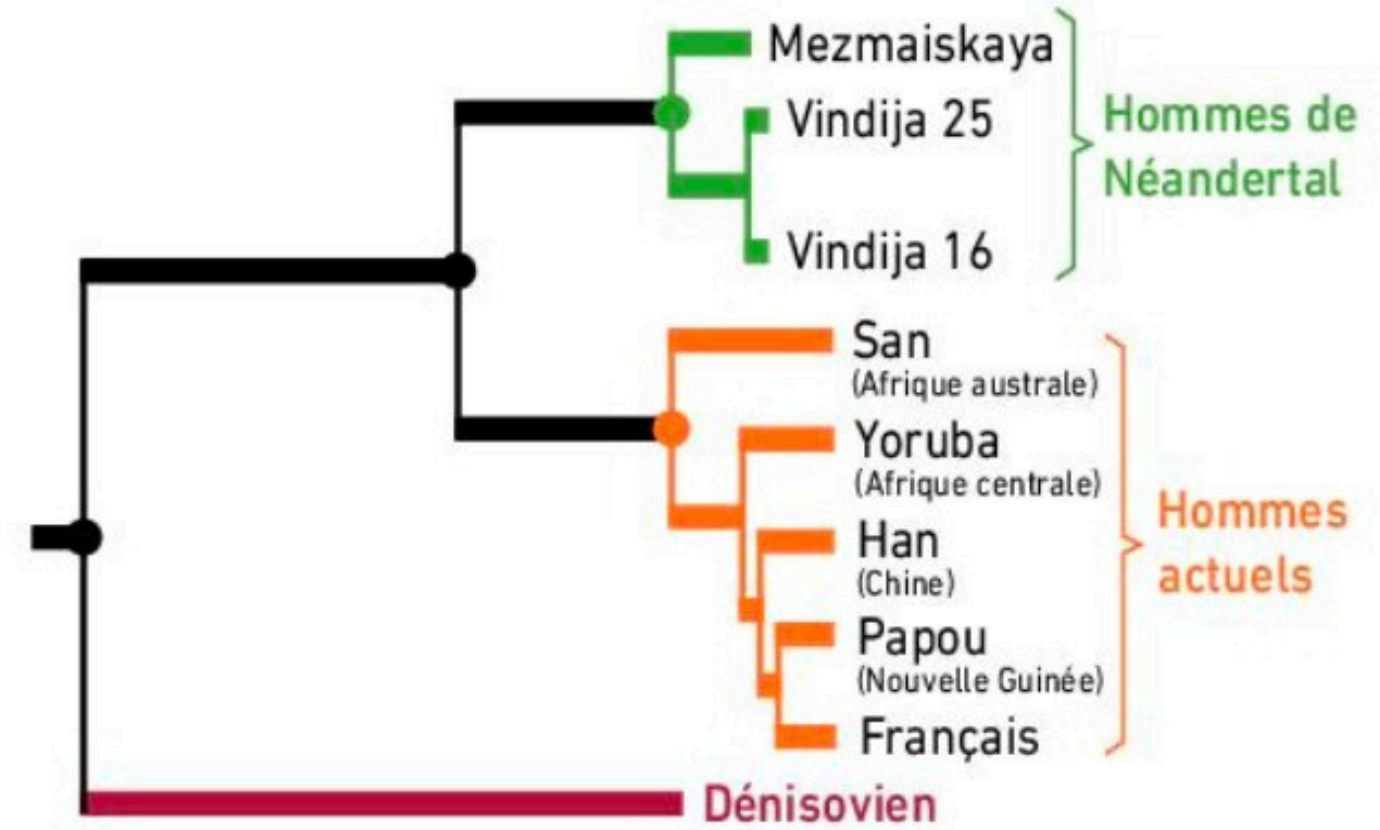
a Individus de même espèce (*Canis familiaris*)



b Deux individus d'espèces différentes : Aigle pêcheur d'Afrique (en haut) et Pygargue à tête blanche (en bas)



B Arbre phylogénétique obtenu par comparaison de l'ADN nucléaire de 11 individus.



A Arbre phylogénétique obtenu par comparaison de l'ADN mitochondrial de 9 individus.

III. Un nouveau regard sur la définition d'espèce

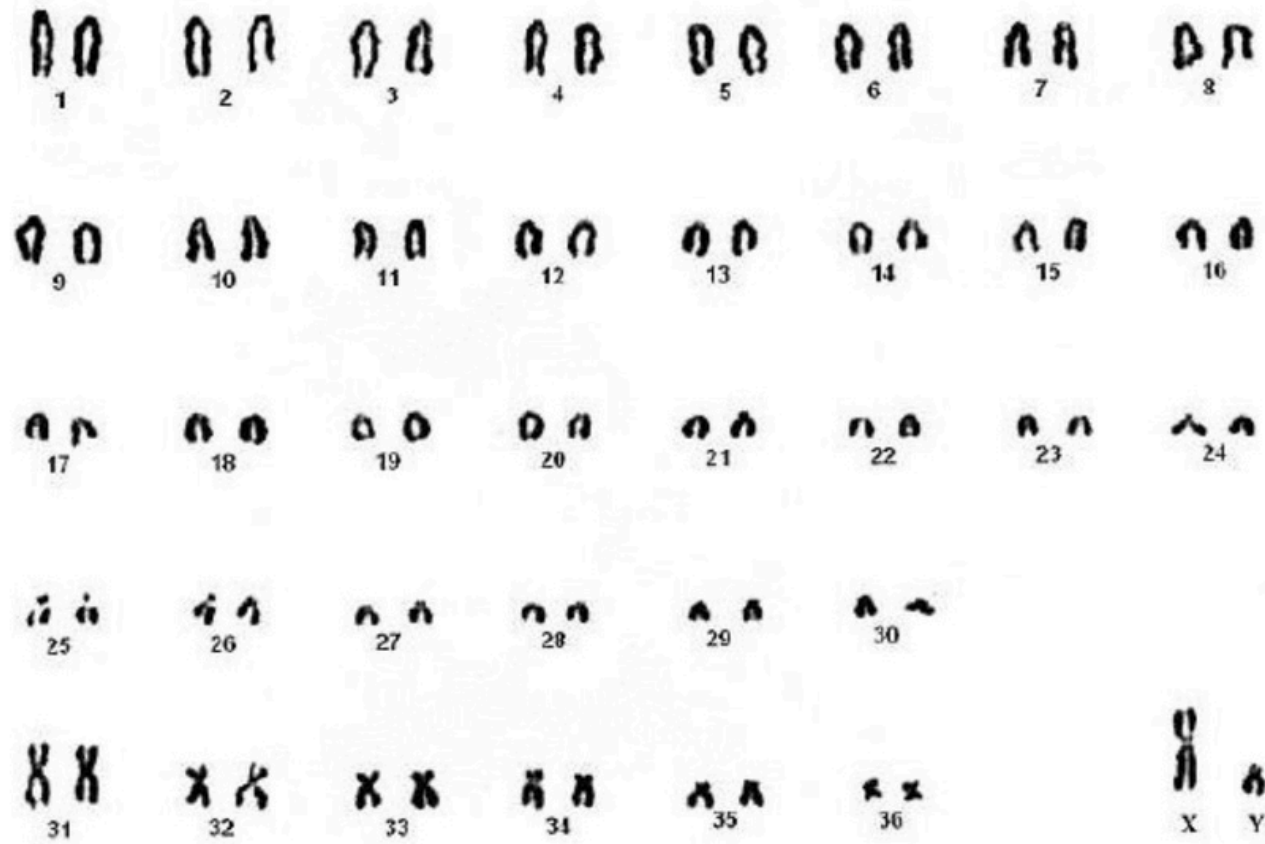
A) Les critères de définition de l'espèce

→ B) Le mécanisme de spéciation

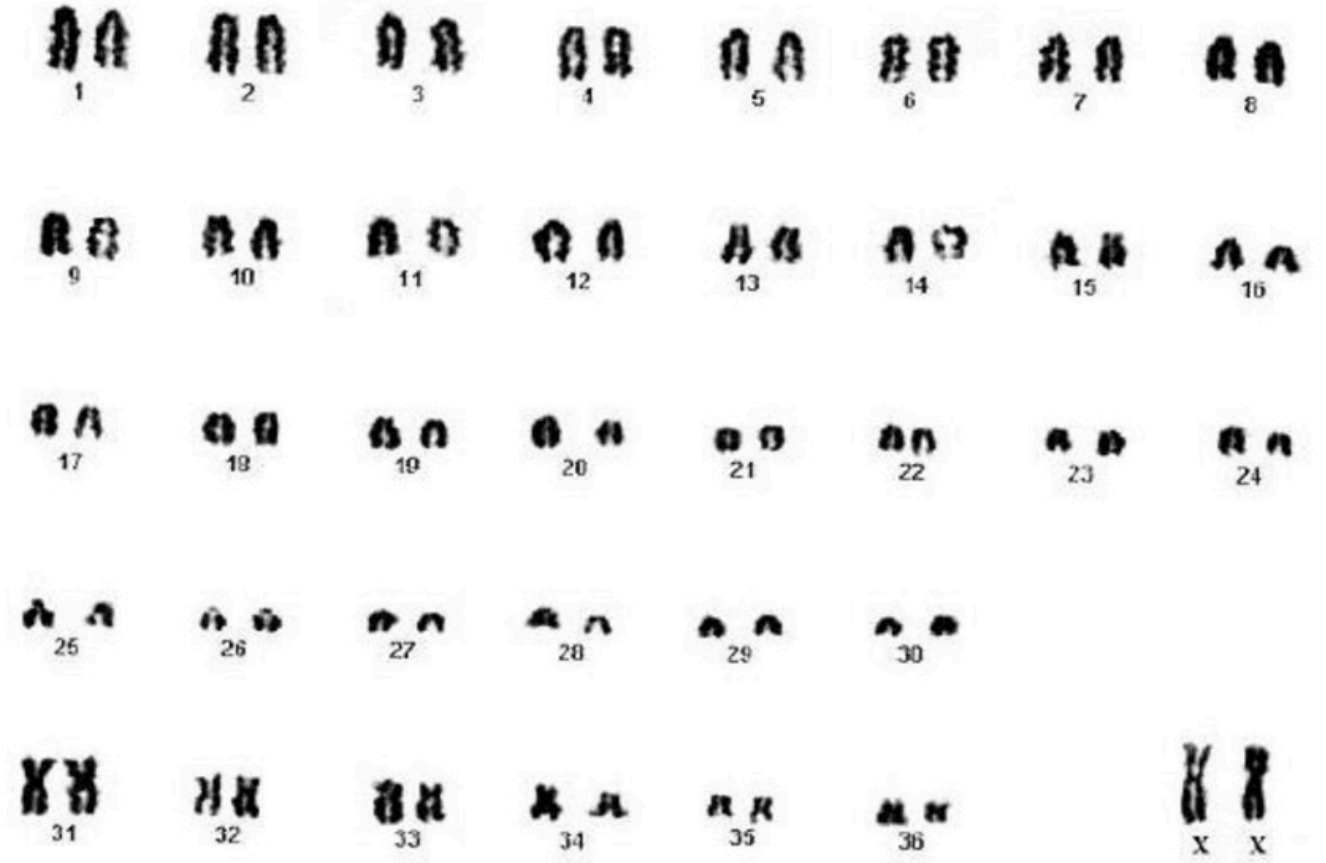




Caryotype d'un ours blanc (mâle)



Caryotype d'un grizzly (femelle)

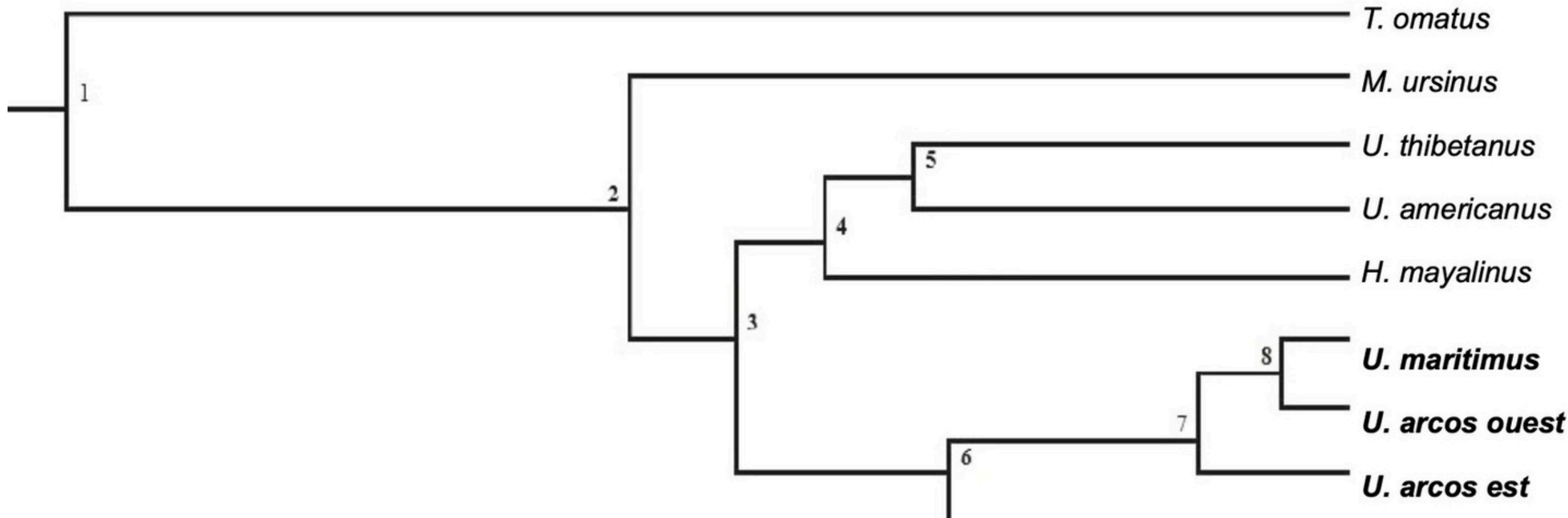


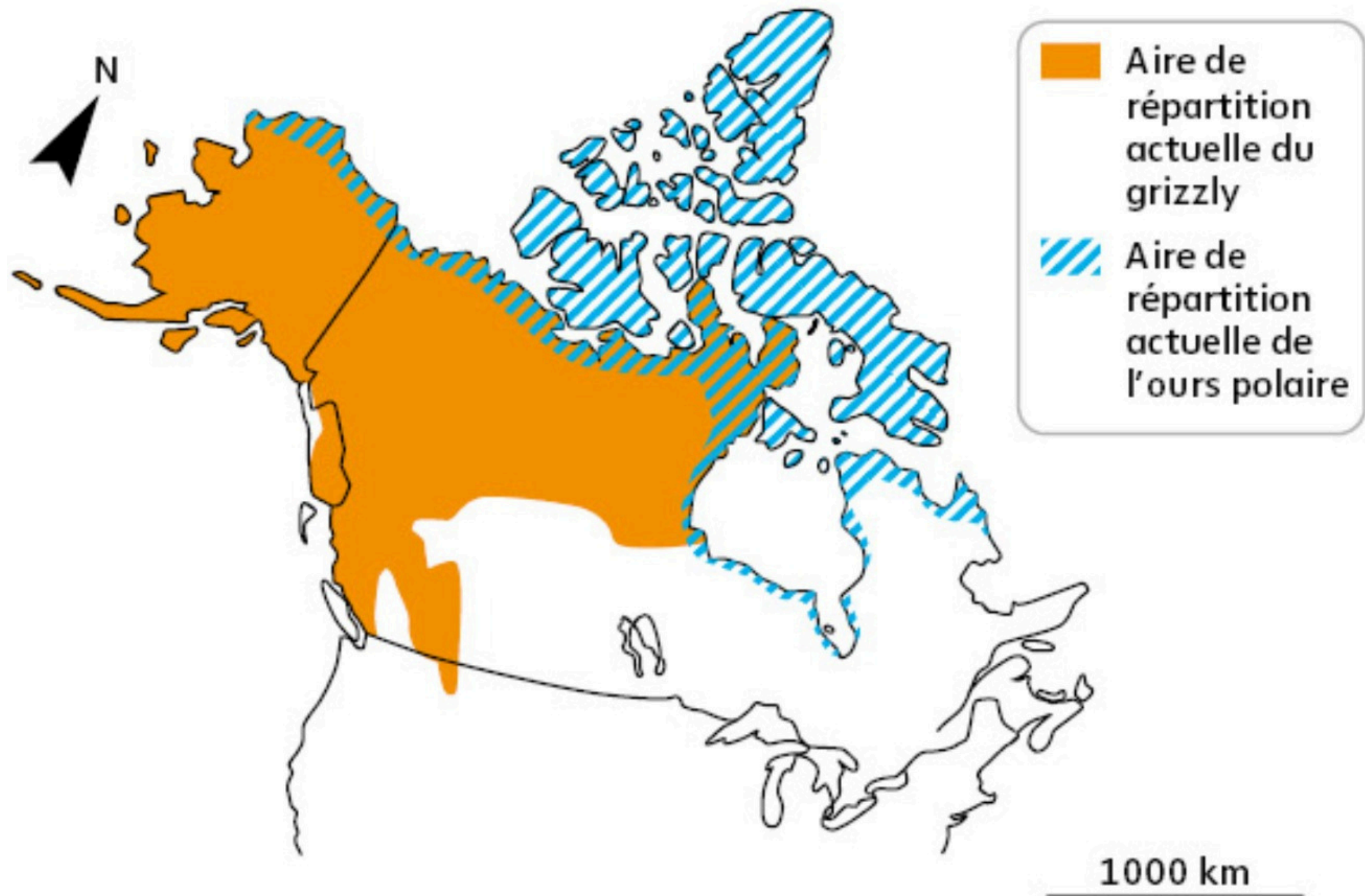
OURS POLAIRE



GRIZZLY

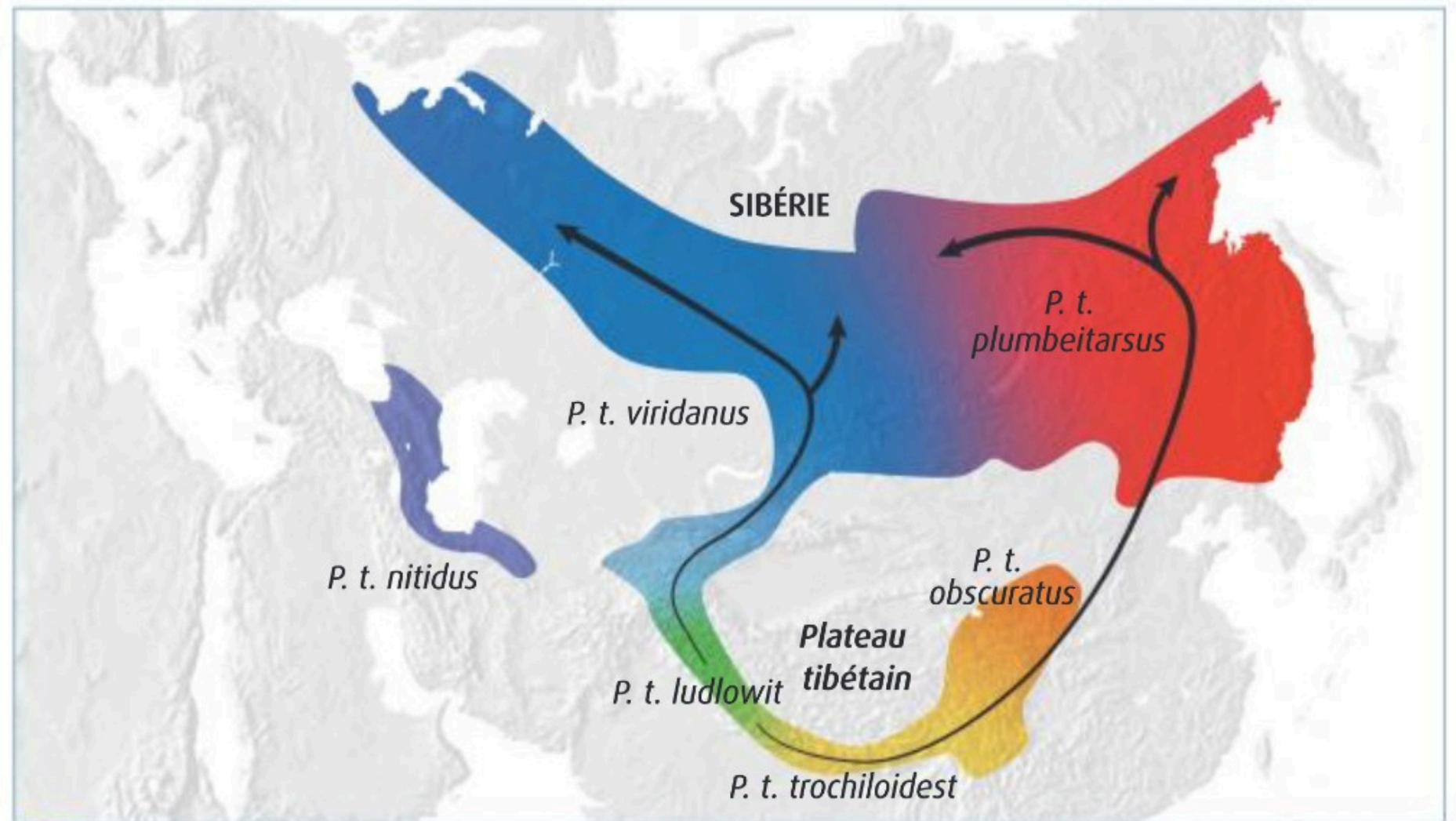
OURS NOIR







וְיִשְׂרָאֵל וְיִשְׂרָאֵל וְיִשְׂרָאֵל וְיִשְׂרָאֵל וְיִשְׂרָאֵל



Allopatrique

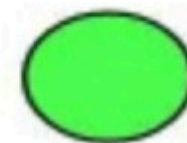
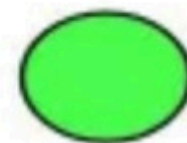
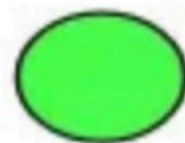
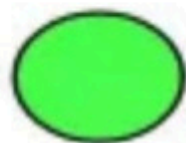
Péripatrique

Parapatrique

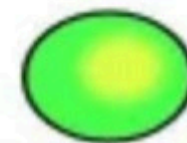
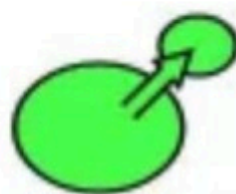
Sympatrique



POPULATION
ORIGINELLE



ÉTAPE INITIALE
DE SPÉCIATION

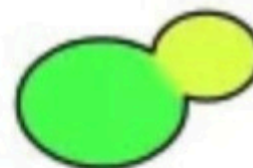
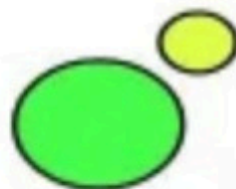


FORMATION
D'UNE BARRIÈRE

ENTRÉE DANS UN
NOUVEL HABITAT

CHANGEMENT GÉNÉTIQUE

ÉVOLUTION DE
L'ISOLATION
REPRODUCTIVE



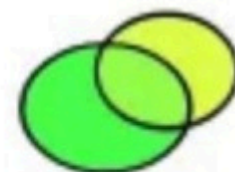
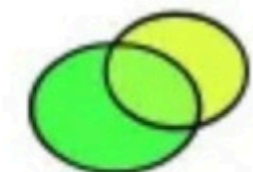
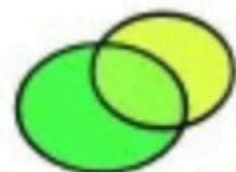
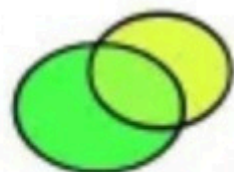
ISOLEMENT

HABITAT
ISOLÉ

HABITAT
ADJACENT

DANS LA
POPULATION

NOUVELLE ESPÈCE APRÈS
L'ÉQUILIBRE ENTRE LES
DEUX RANGS





Bilan: Les populations subissent continuellement les effets des forces évolutives. Des populations placées dans des environnements différents d'un point de vue biotique (nature des espèces présentes) et abiotique (conditions physico-chimiques) évoluent ainsi de manière différente. Peu à peu, elles peuvent ne plus être capables de se reproduire entre elles, ce qui limite les échanges de gènes et accentue les différences.

Cet isolement reproducteur a conduit à la formation de nouvelles espèces : il y a une spéciation.

Saisir quelque chose

Les espèces apparaissent donc comme un ensemble hétérogène de populations qui évoluent continuellement dans le temps et dans l'espace, où chaque population est génétiquement isolée des autres.