

Chapitre 3 :

De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

Biodiversité = diversité des **écosystèmes**.



Le récif de corail

La pelouse de montagne

Biodiversité = diversité des espèces.



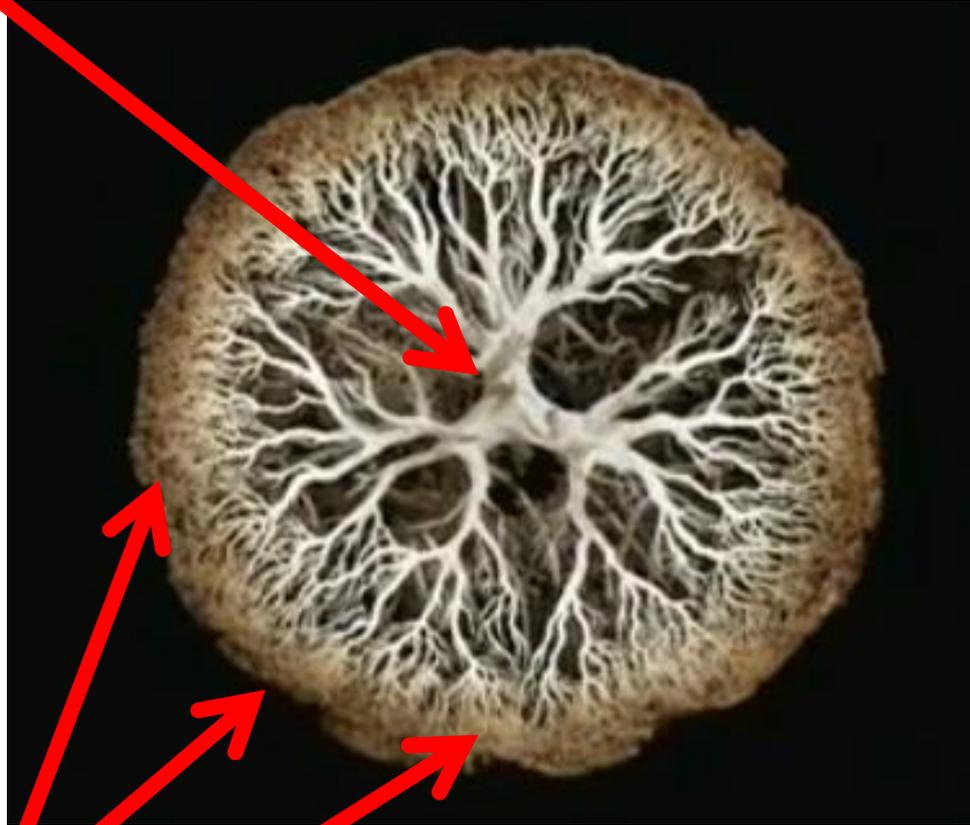
Biodiversité = diversité des individus d'une même **espèce**.



La biodiversité telle qu'on l'observe actuellement est à la fois le **résultat** et une **étape** de l'évolution.

L'arbre du vivant

Un ancêtre commun



**Plusieurs millions
d'espèces actuelles
ou passées.**

Du nouveau... (chap 2)

Mutations

Brassage intra-chromosomique

Brassage inter-chromosomique

Brassage au cours de la fécondation

Anomalies au cours de la méiose

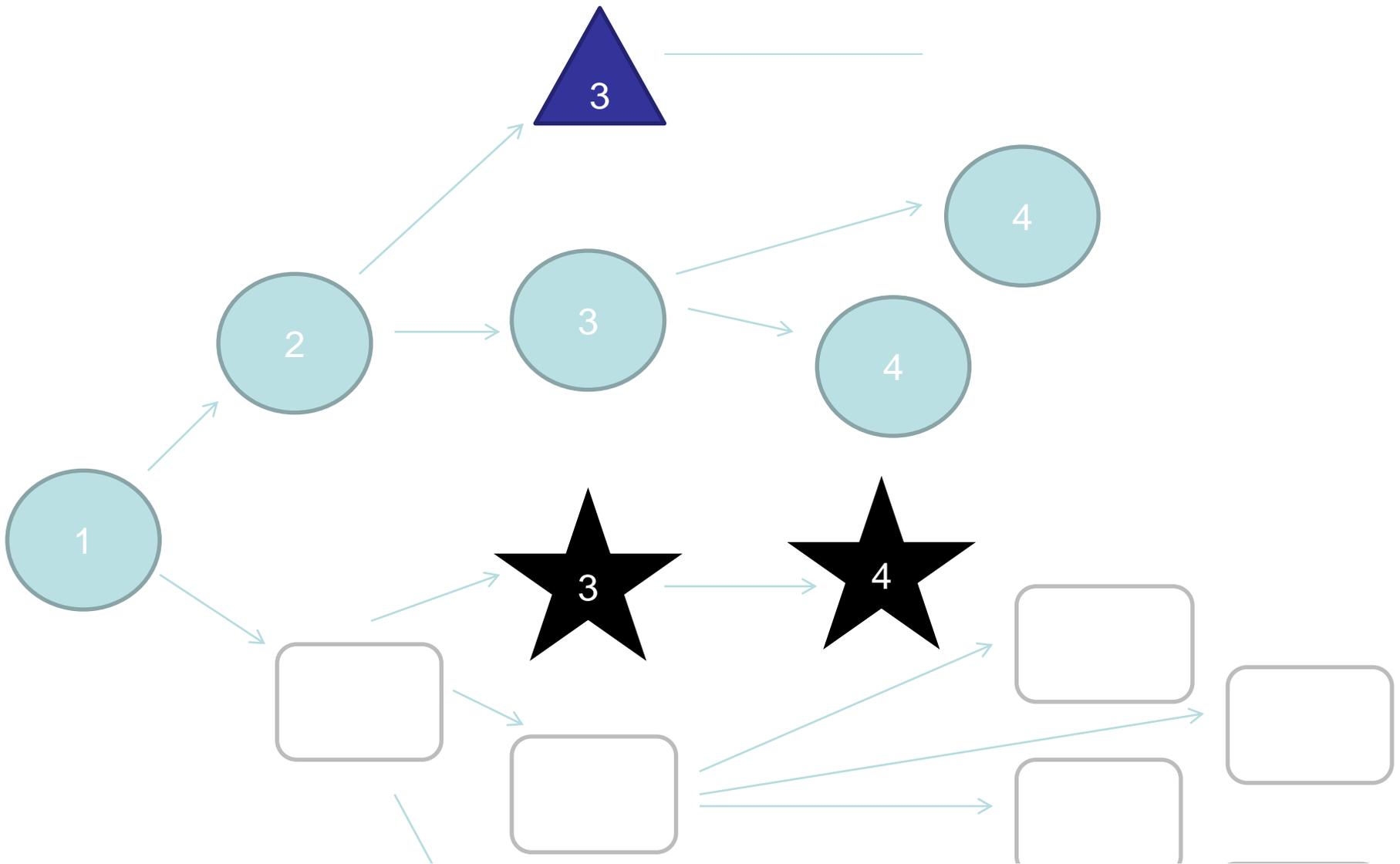
Modification de l'expression de gènes du développement

Hybridisme et polyploïdie

Transferts horizontaux

Symbiose

Transmission culturelle des comportements



Certains caractères se maintiennent, d'autres se propagent, d'autres disparaissent.



Comment les mécanismes évolutifs conduisent-ils à une modification de la biodiversité au cours du temps ?

Modification de la biodiversité :

modification d'une population, apparition ou disparition d'espèces

- **Population** : ensemble d'individus d'une même espèce, occupant un même habitat et se reproduisant majoritairement entre eux.
- **Espèce** (*définition collège*) : ensemble d'individus se ressemblant, capables de se reproduire entre eux et dont les descendants sont fertiles.

Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations

A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population

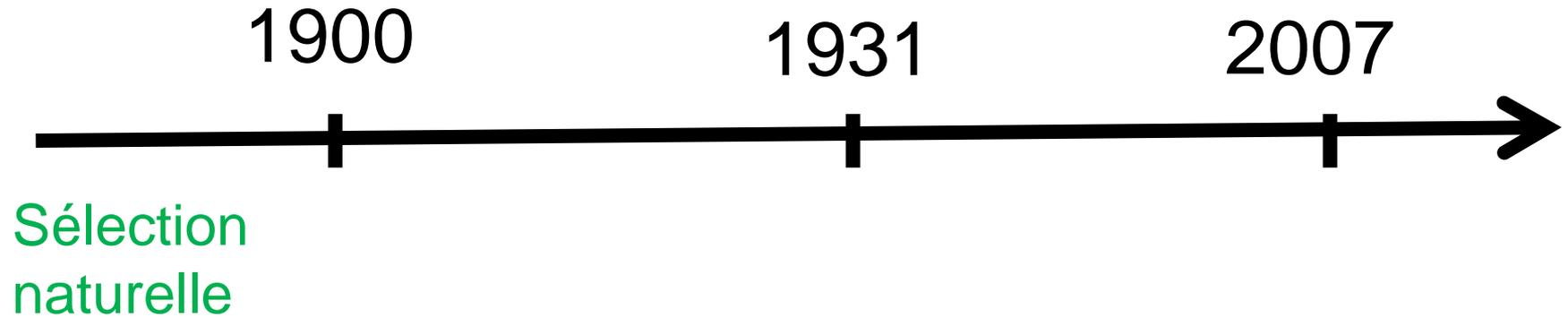
B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population

II. La notion d'espèce

III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces

A. L'apparition d'une nouvelle espèce

TP5 - Exemple des éléphants du parc d'Addo.



Avant 1900

La présence de défenses est un caractère avantageux



Plus de chances de survivre et de se reproduire

Recherche de nourriture

Protection des petits

Combat

Reproduction

Avant 1900

L'absence de défenses est un caractère désavantageux



Recherche de nourriture

Protection des petits

Combat

Reproduction

**Moins de chances de
survivre et de se
reproduire**

Avant 1900



**Plus de chances de
survivre et de se
reproduire**

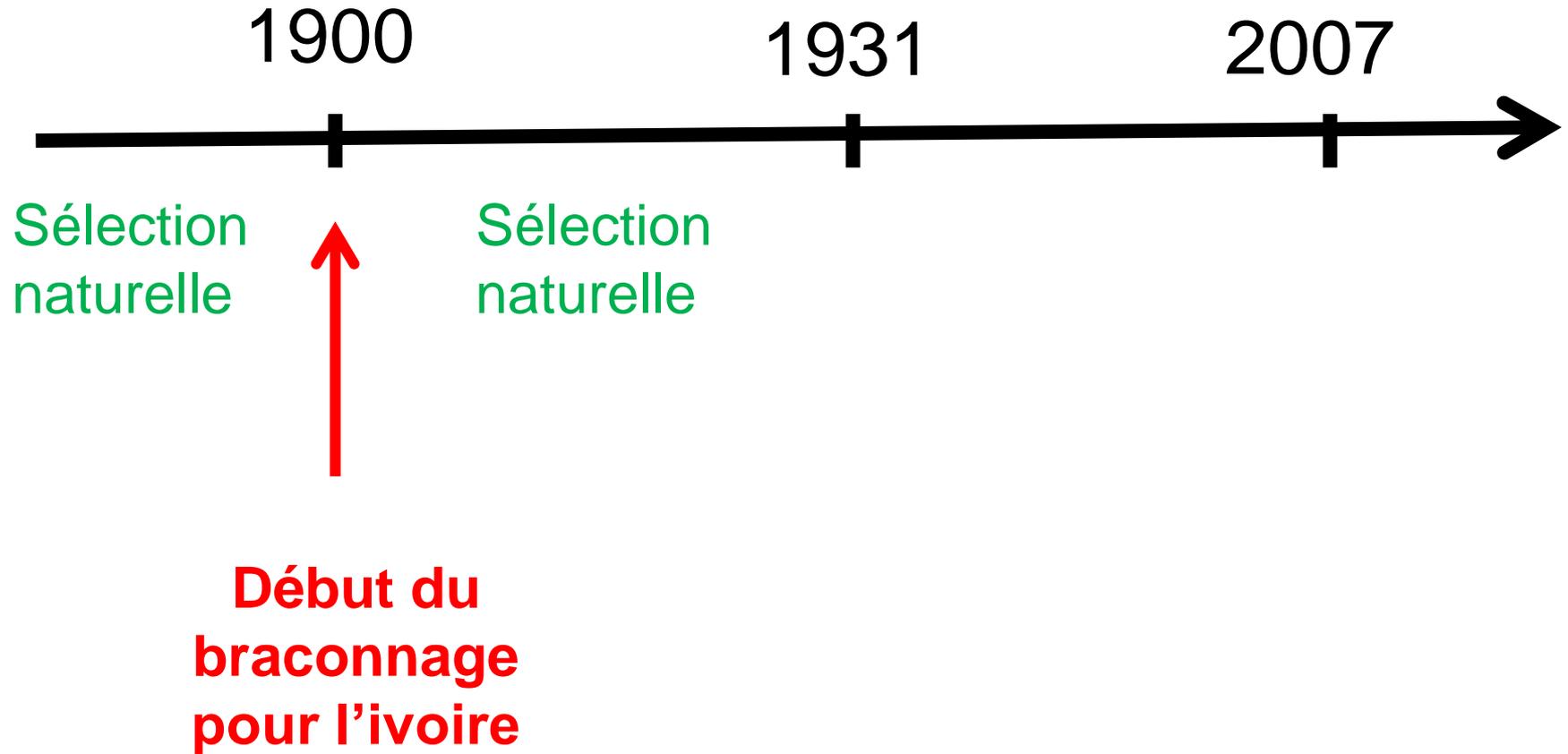
**98% des éléphants
possèdent des
défenses**



**Moins de chances de
survivre et de se
reproduire**

**2% des éléphants ne
possèdent pas de
défenses**

TP5 - Exemple des éléphants du parc d'Addo.



Entre 1900 et 1931

**La présence de défenses est
un caractère désavantageux**



Chasse

**Moins de chances de
survivre et de se
reproduire**

Entre 1900 et 1931

L'absence de défenses est un caractère avantageux



Non chassés

**Plus de chances de
survivre et de se
reproduire**

Entre 1900 et 1931



**Moins de chances de
survivre et de se
reproduire**

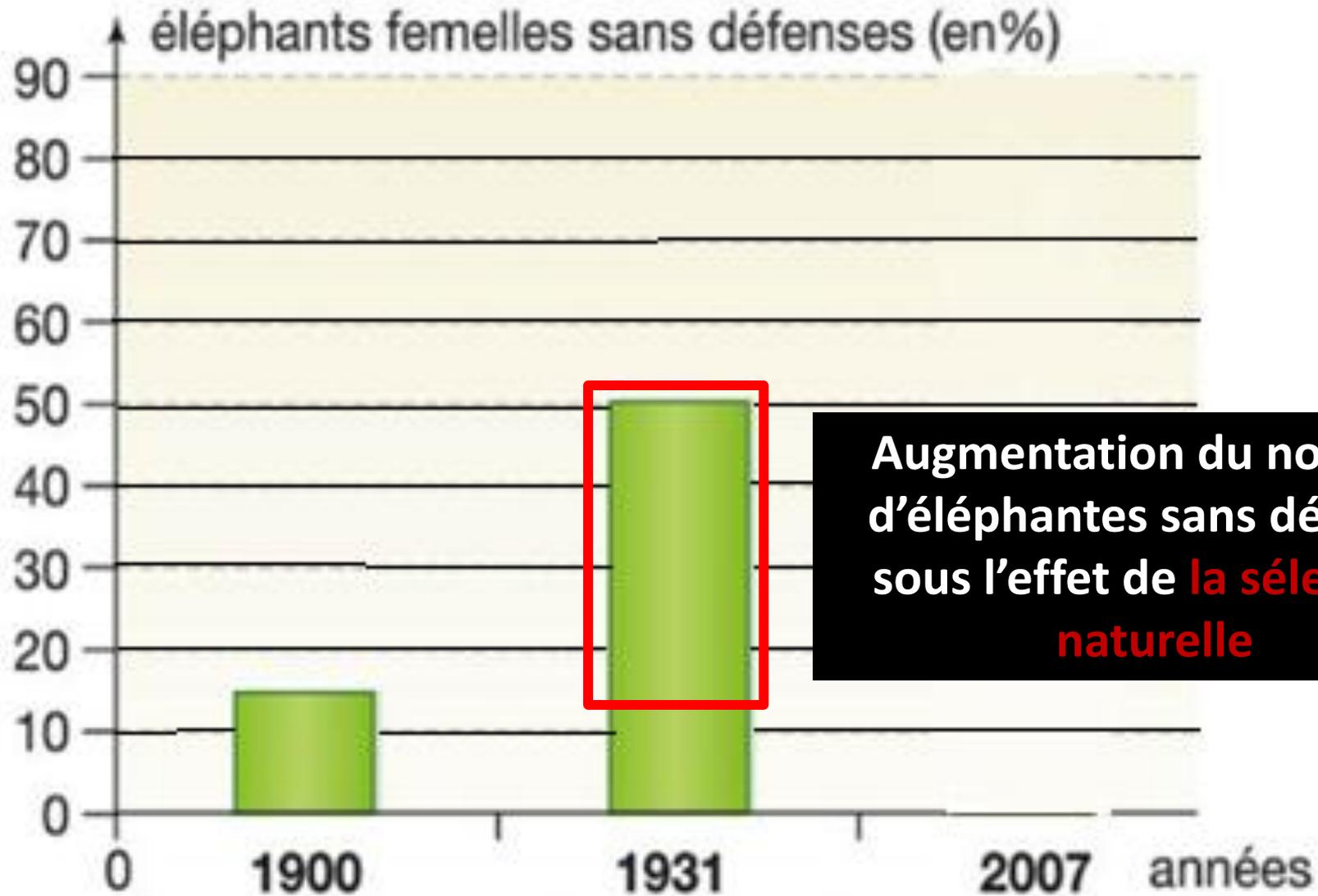
**50% des éléphants
possèdent des
défenses**



**Plus de chances de
survivre et de se
reproduire**

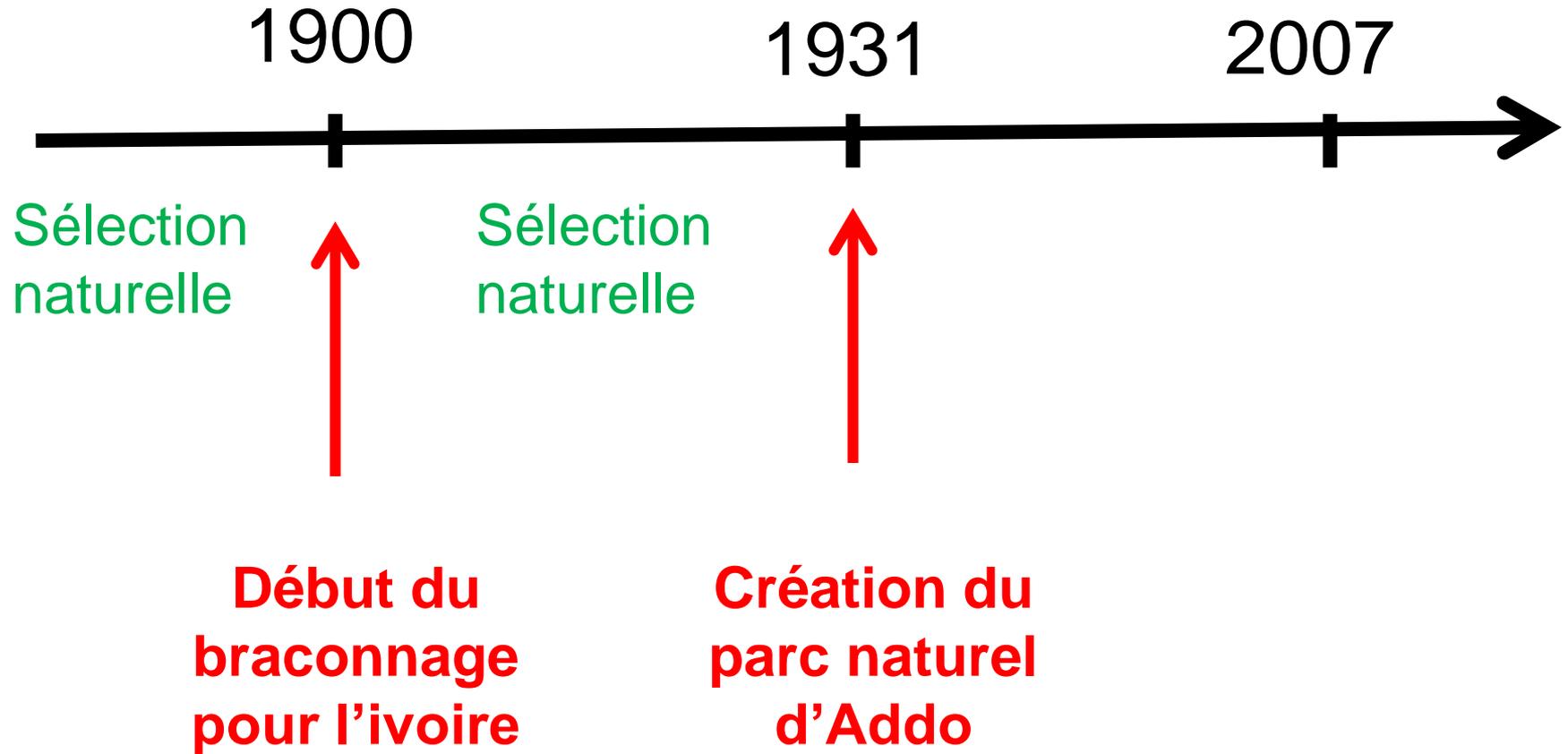
**50% des éléphants ne
possèdent pas de
défenses**

Cas des éléphantesses du parc d'Addo (Afrique du sud).

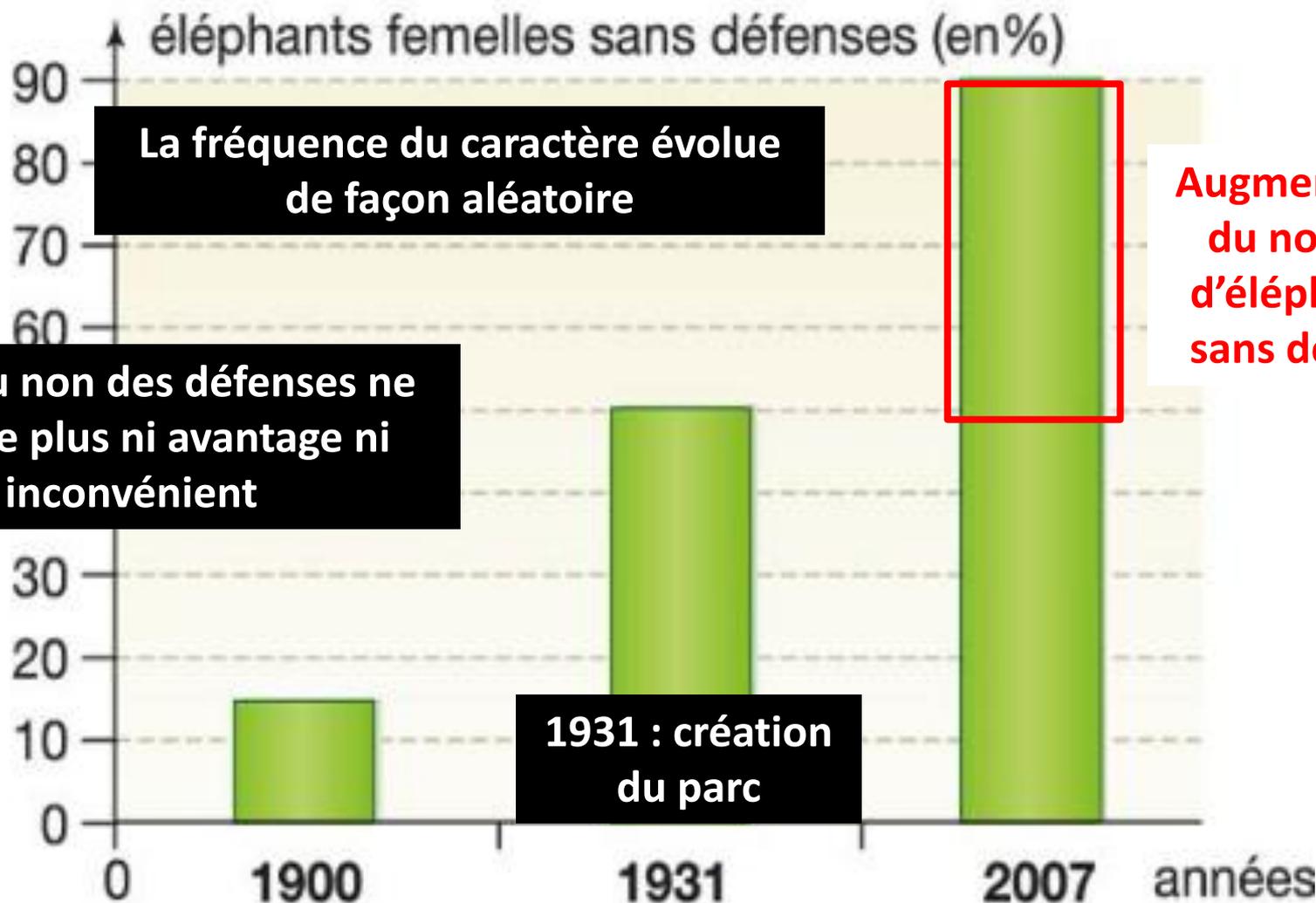


Pourcentage d'éléphants femelles sans défenses en fonction des années

TP5 - Exemple des éléphants du parc d'Addo.

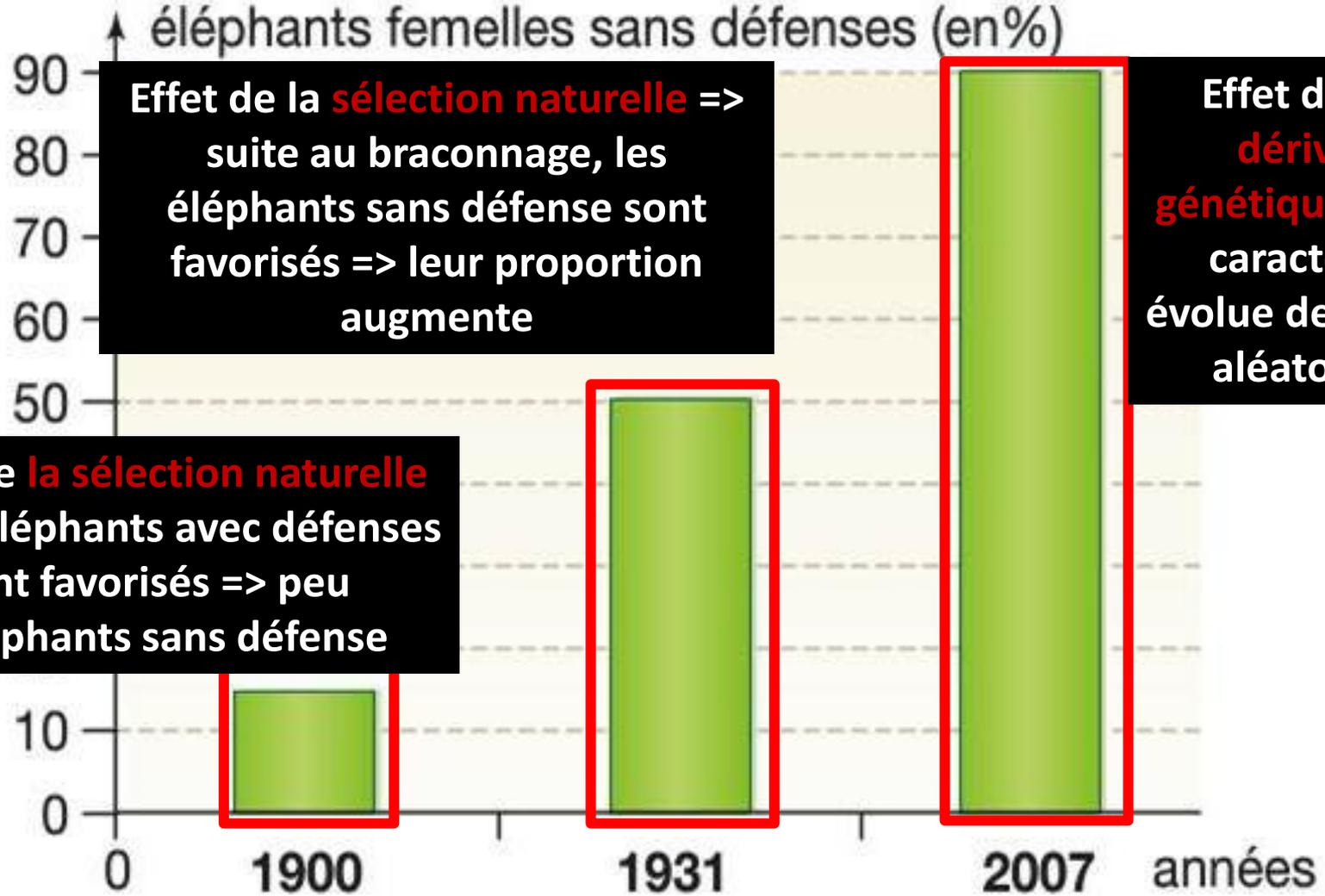


Dérive génétique sur la population d'éléphantes du parc d'Addo



Pourcentage d'éléphants femelles sans défenses en fonction des années

Reconstitution de l'histoire de la population d'éléphantes du parc d'Addo



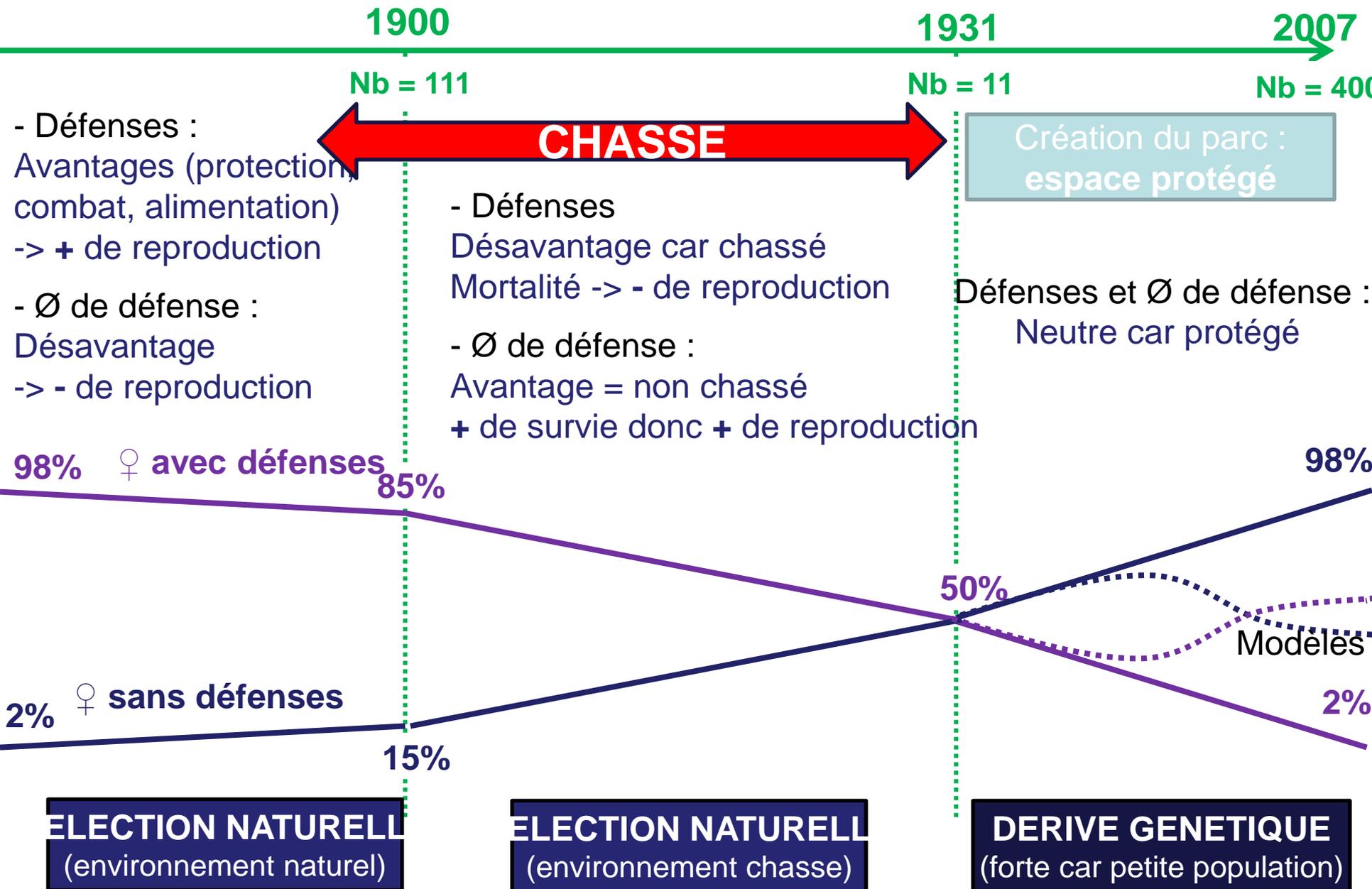
Effet de la **sélection naturelle** =>
suite au braconnage, les
éléphants sans défense sont
favorisés => leur proportion
augmente

Effet de la
**dérive
génétique** => le
caractère
évolue de façon
aléatoire

Effet de **la sélection naturelle**
=> les éléphants avec défenses
sont favorisés => peu
d'éléphants sans défense

Pourcentage d'éléphants femelles sans
défenses en fonction des années

Evolution de la population d'éléphantés du parc d'Addo (Afrique du S)



Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations

A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population

B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population

II. La notion d'espèce

III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces

A. L'apparition d'une nouvelle espèce

B. La disparition d'une espèce

Sélection naturelle

La **sélection naturelle** est un concept proposé par Darwin en 1859, puis développé après lui par de nombreux scientifiques.

Sélection naturelle

Ce concept suppose:

- Il existe une **variabilité** entre des individus d'une même population.
- Cette **variabilité phénotypique** est en partie liée à la **variabilité allélique** entre individus. Elle est donc en partie **héréditaire**.
- Parmi les caractères qui diffèrent entre individus, **certains sont avantageux dans un environnement donné** et d'autres désavantageux dans un environnement donné.

Sélection naturelle

Individus possédant un **caractère avantageux** dans un environnement donné

Augmentation de la probabilité de survie et de reproduction

Plus de descendants

Propagation du caractère (et éventuellement de l'allèle déterminant ce caractère) dans la population

Caractère sélectionné

Individus possédant un **caractère désavantageux** dans un environnement

Diminution de la probabilité de survie et de reproduction

Moins de descendants

Régression (et même disparition) du caractère (et éventuellement de l'allèle déterminant ce caractère) dans la population

Caractère non sélectionné / éliminé

Sélection naturelle

Entraine une accumulation de modifications avantageuses dans un environnement donné = **adaptation à un environnement donné.**

Sélection naturelle



Ces modifications sont apparues de manière **aléatoire**, se sont trouvées par hasard avantageuses et ont donc été sélectionnées.

L'évolution n'est pas un mécanisme conscient ou poursuivant un but.

Transformisme versus sélection naturelle



théorie
de Lamarck



théorie
de Darwin



Exemple de la phalène du bouleau.

Serious game :

<http://philippe.cosentino.free.fr/productions/phalenes/>

Montrer que la fréquence de phalènes de couleur claire et foncée varie sous l'influence de la sélection naturelle.

Exemple de la phalène du bouleau.

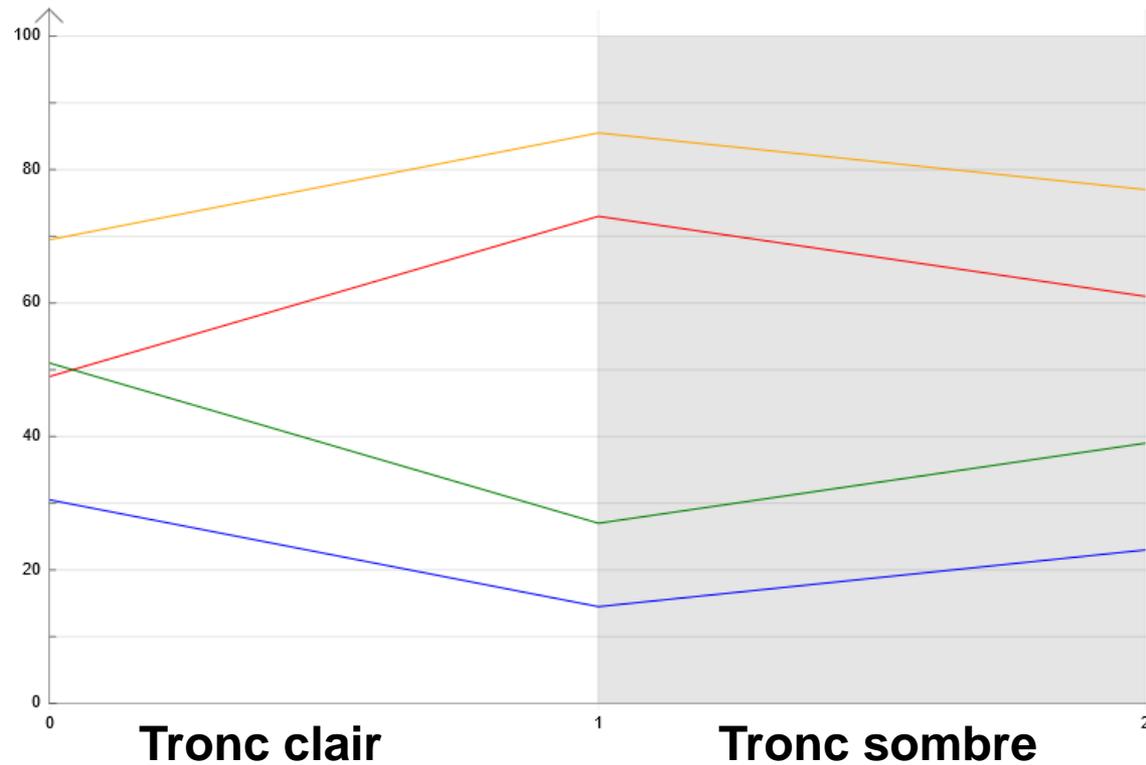
Evolution des fréquences phénotypiques et alléliques des phalènes

LEGENDE

- Pourcentage de phalènes [blancs]
- Pourcentage de phalènes [noirs]
- Fréquence de l'allèle c
- Fréquence de l'allèle C+

GRAPHIQUE

Fréquence (en %)



Exemple de la phalène du bouleau.



Phalène blanche
« typica »



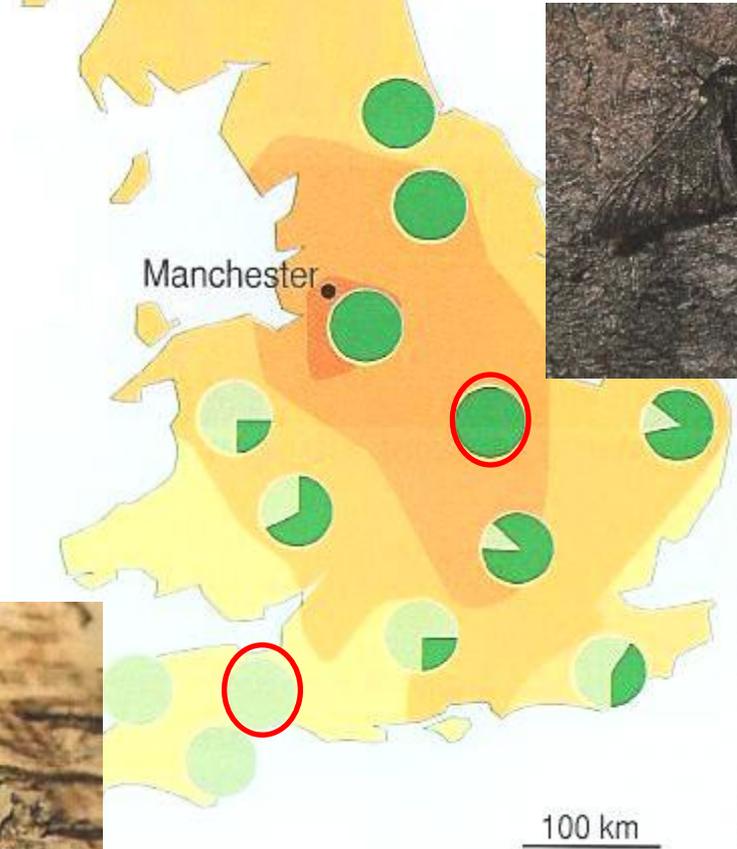
Phalène noire
« carbonaria »



ction naturelle
production différentielles
d'une forme d'individus

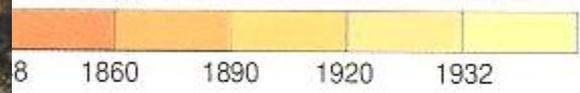
Répartition des phalènes en Angleterre.

Développement et distribution géographique des deux variétés de phalènes



100 km

dates d'apparition de la variété « carbonaria »



proportions des deux variétés au milieu du XX^e siècle

variété sombre



Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations

A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population

B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population

II. La notion d'espèce

III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces

A. L'apparition d'une nouvelle espèce

B. La disparition d'une espèce

L'effet du hasard

- ✓ Diversification du vivant
- ✓ Dérive génétique
- ✓ Survenue d'évènements inattendus

Le **hasard** à l'origine de la diversification des êtres vivants

Mutations

**Transferts
horizontaux**

Duplication de gènes

Polyploïdie

fécondation

**Brassage intra-
chromosomique**

**Brassage inter-
chromosomique**

**Mauvaise disjonction
des chromosomes lors
de la méiose**

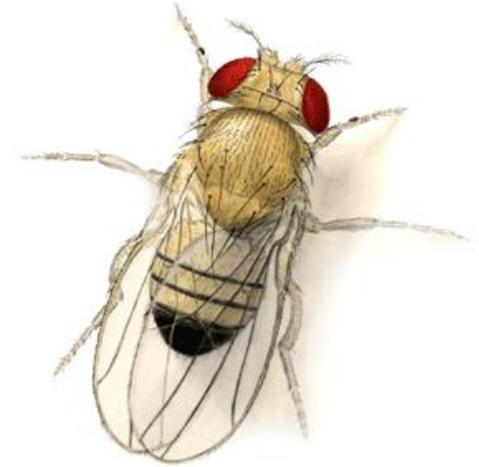
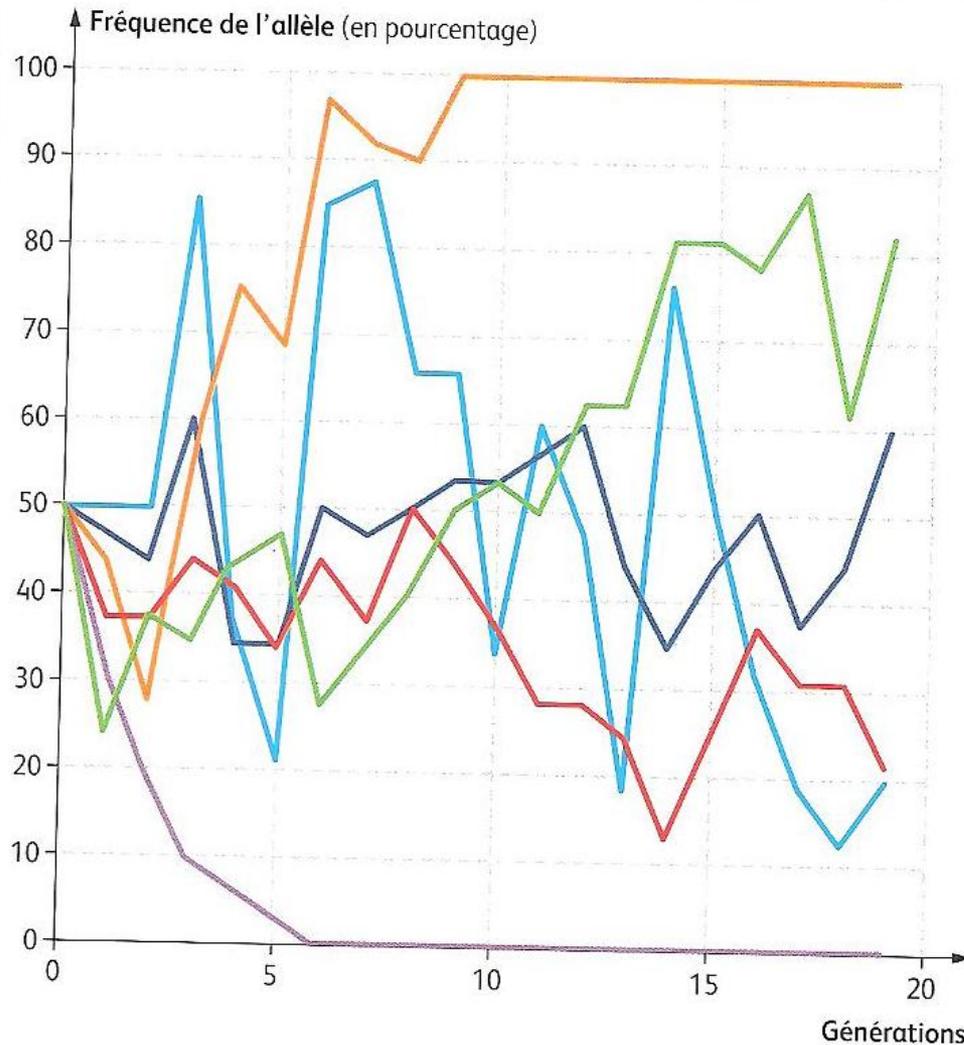
**Modification de
l'expression de gènes
du développement**

L'effet du hasard

- ✓ Diversification du vivant
- ✓ Dérive génétique
- ✓ Survenue d'évènements inattendus

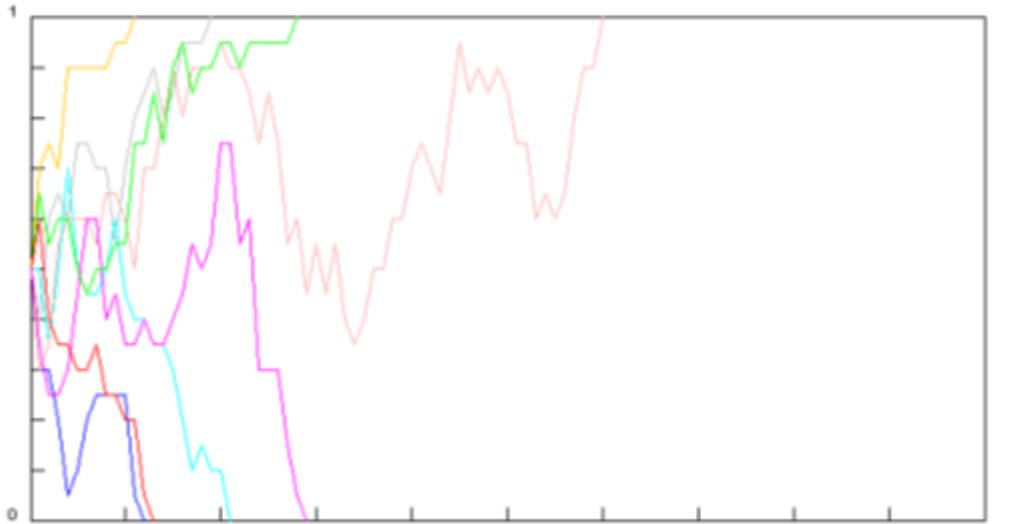
Hasard et évolution de la diversité biologique : la **dérive génétique**

Évolution de la fréquence de l'allèle bw^{75} dans six populations représentatives de l'expérience.

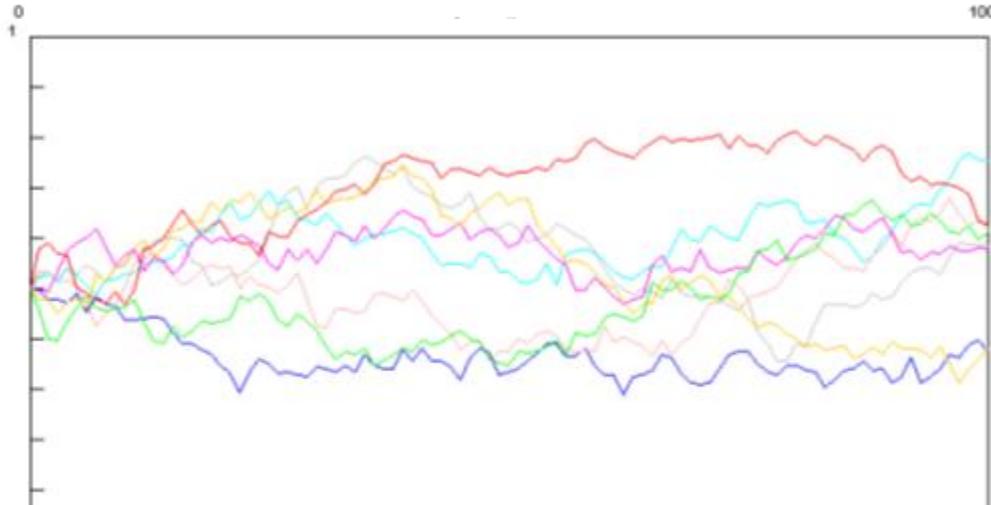


L'évolution de la fréquence d'un allèle qui ne confère ni avantage ni inconvénient est **aléatoire** : il peut se répandre ou disparaître

Dérive génétique et taille de la population



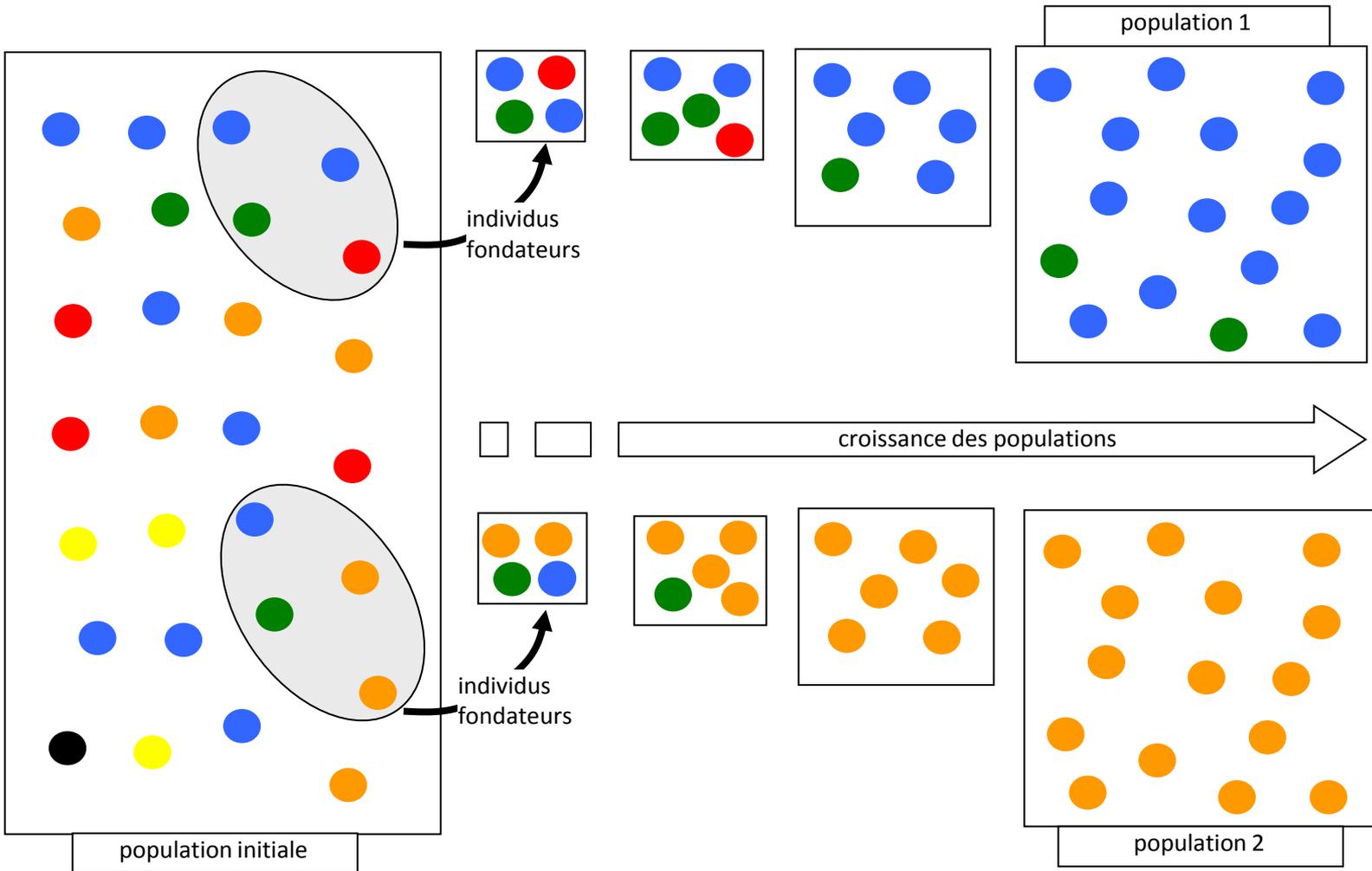
Petite population (10 individus) => évolution très rapide : l'allèle se répand ou disparaît



Grande population => l'allèle se maintient (le plus souvent)

Les effets de la **dérive génétique** sont d'autant plus marqués que la population est petite.

Un cas particulier de dérive génétique : l'effet fondateur



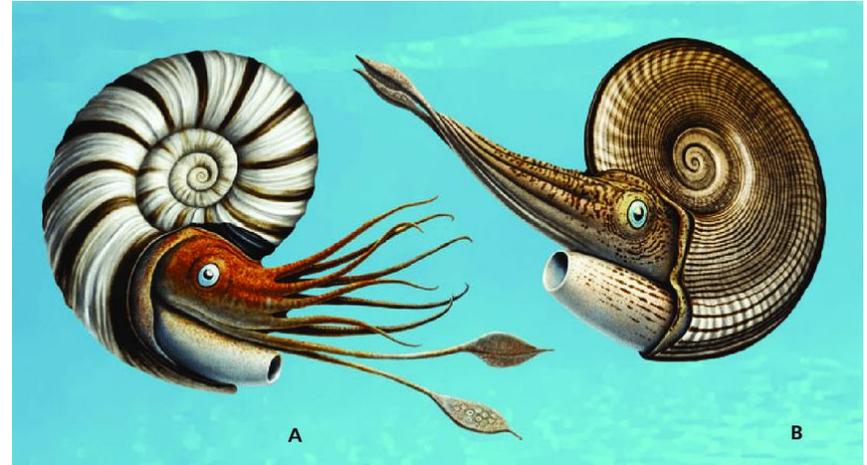
L'effet du hasard

- ✓ Diversification du vivant
- ✓ Dérive génétique
- ✓ Survenue d'évènements inattendus

Autre effet du hasard



Chute d'une météorite (- 65 MA)



Disparition des
dinosaures,
ammonites et de
nombreuses autres
espèces



Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

- I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations
 - A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population
 - B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population

II. La notion d'espèce

- III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces
 - A. L'apparition d'une nouvelle espèce
 - B. La disparition d'une espèce

Le concept d'espèce au cours du temps



Concept pré-évolutionniste

Espèce = entité **stable et permanente**

Espèces créées par **Dieu**

Les espèces sont **indépendantes** les unes des autres

Ensemble d'individus correspondant à un **stéréotype**

La variabilité des individus est une **anomalie**

1869 « L'origine des espèces » Darwin

Concept évolutionniste

Diversité des espèces = **se modifie au cours du temps**

Chaque espèce n'existe que pendant un **laps de temps fini**

Espèces dérivent les unes des autres : idée de **parenté** entre les espèces

La variabilité des individus est un **moteur de l'évolution**

temps

Critère **phénotypique** = de ressemblance.



Facile - Utile pour l'étude des fossiles

Remise en cause du critère **phénotypique**



Deux espèces différentes ? Non, simplement un **dimorphisme sexuel** :
à gauche un mâle, à droite une femelle de l'espèce *Orgyia recens*.

Dimorphisme sexuel !

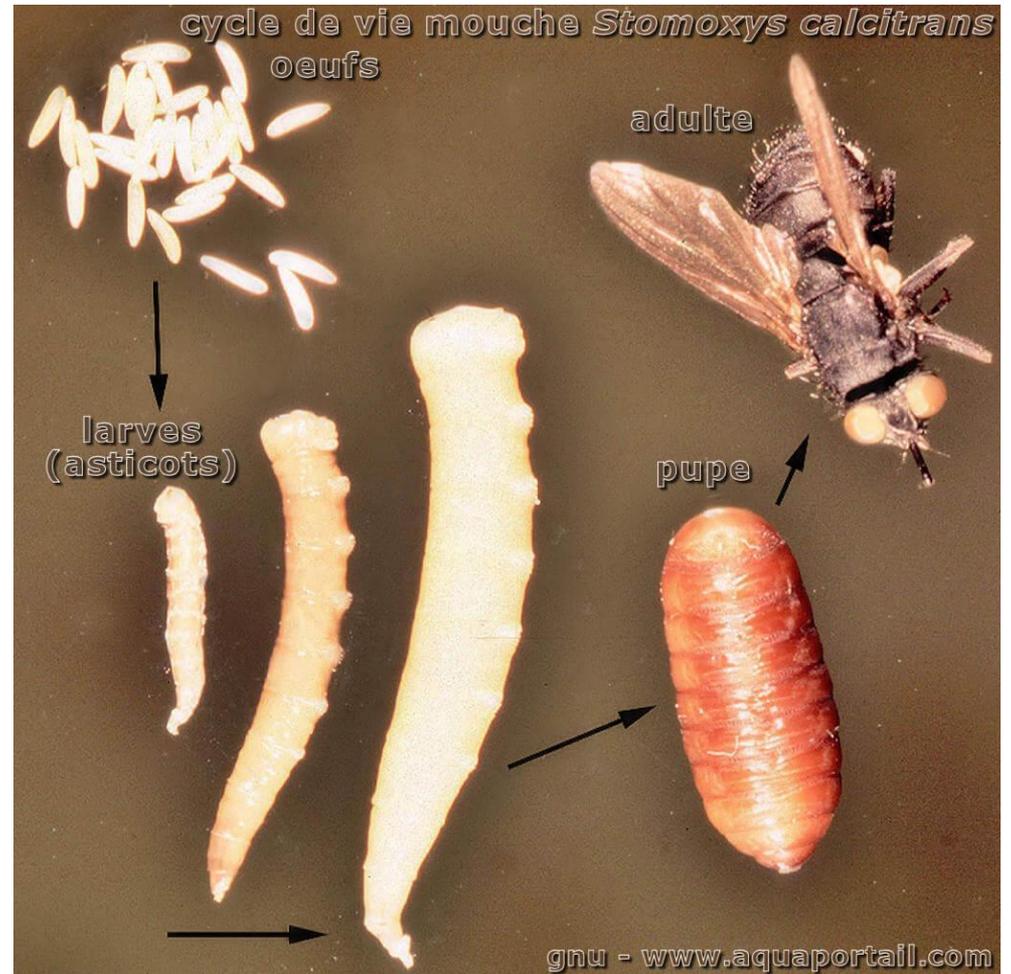


mérion splendide



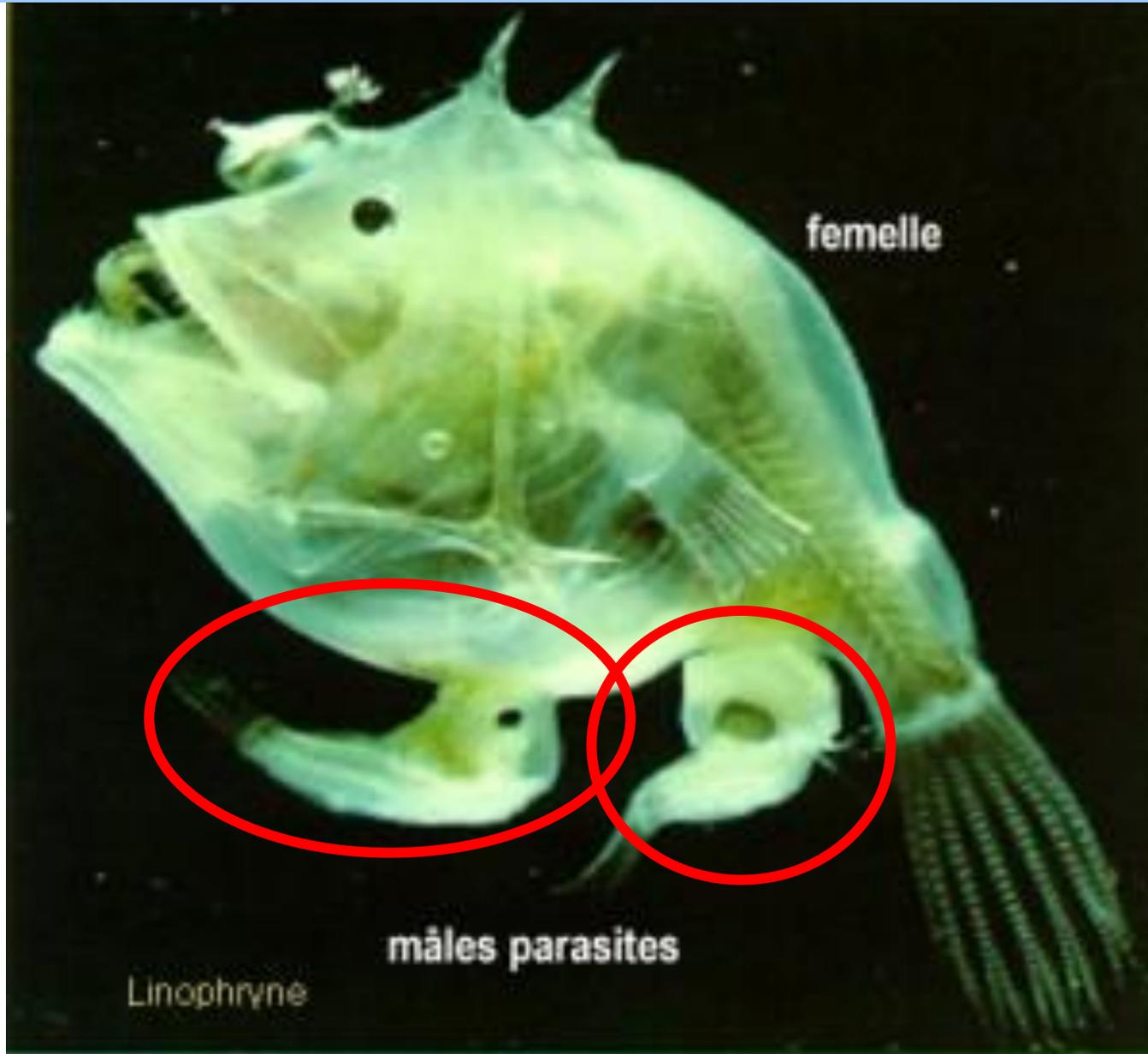
L'antilope cervicapre

Remise en cause du critère **phénotypique**



Développement indirect (larve - métamorphose)

Remise en cause du critère **phénotypique**



Remise en cause du critère **phénotypique**



« La comparaison de la ressemblance d'individus n'est qu'une idée accessoire et souvent indépendante de la succession constante des individus par la génération ; car l'âne ressemble au cheval plus que le barbet au lévrier et cependant le barbet et le lévrier ne font qu'une espèce puisqu'ils produisent ensemble des individus qui peuvent eux-mêmes en produire d'autres, au lieu que le cheval et l'âne sont certainement des espèces différentes puisqu'ils ne produisent entre eux que des individus viciés et inféconds. »

Georges Buffon (1707-1788)



Georges Cuvier (1769-1832) définit l'espèce comme « une collection de tous les corps organisés, nés les uns des autres ou de parents communs, et de ceux qui leur ressemblent autant qu'il se ressemblent entre eux. »



« Je considère le terme d'espèce comme arbitrairement donné par pure commodité à un ensemble d'individus se ressemblant beaucoup entre eux [...]. »

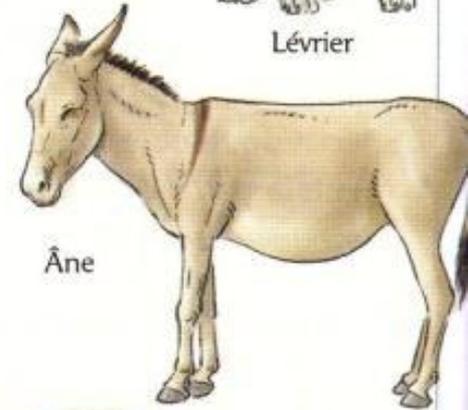
Charles Darwin (1809-1882)



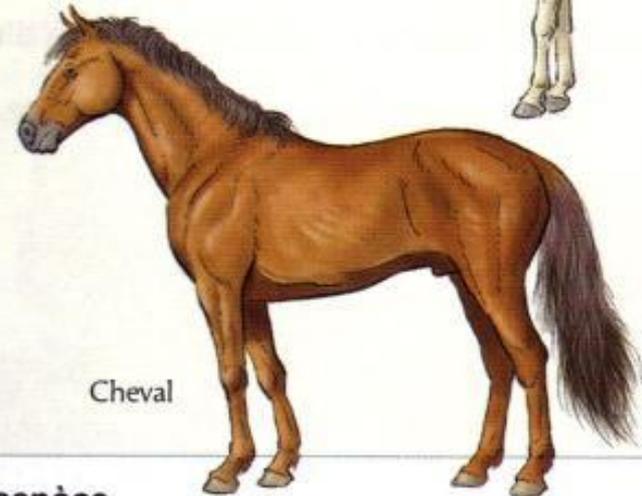
Barbet



Lévrier



Âne



Cheval

1 Le point de vue de trois naturalistes sur la définition d'une espèce.

Remise en cause du critère **phénotypique**



◀ *Zerynthia cassandra*



Zerynthia polyxena ▶

Critère d'interfécondité.

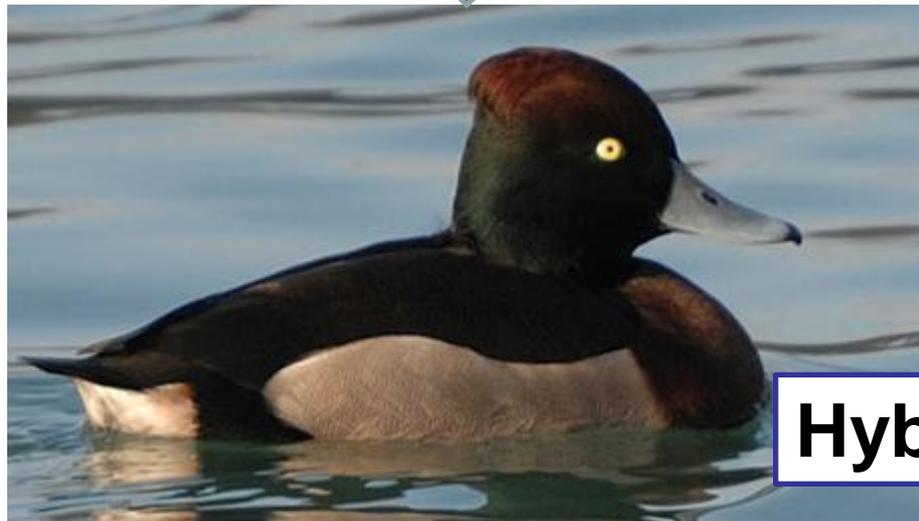
« Une espèce est une population ou un ensemble de populations dont les individus peuvent effectivement ou potentiellement se reproduire entre eux et engendrer une descendance viable et féconde, dans des conditions naturelles. » (Ernst Mayr, 1942)

Remise en cause du critère d'interfécondité : les **hybrides fertiles**

Fuligule miloin



Fuligule morillon



Hybride fertile

**Niches écologiques différentes :
ne se rencontrent pas dans la nature**

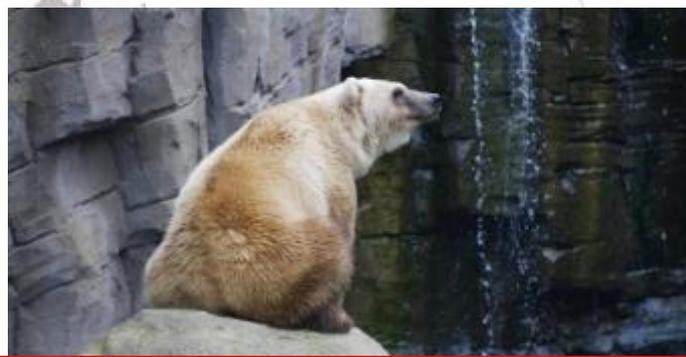
Remise en cause du critère d'interfécondité : les **hybrides fertiles**



Chien-loup (crocotte)

- Parent mâle : chien domestique (*Canis familiaris*)
- Parent femelle : loup gris (*Canis lupus*)
- Hybridation observée dans la nature
- Hybride fertile

Remise en cause du critère d'interfécondité : les **hybrides fertiles**



Pizzly

**Niches écologiques différentes :
ne se rencontrent pas dans la nature**

Les critères de définition d'une espèce

CRITERE	DEFINITION	REMISE EN CAUSE
RESSEMBLANCE		
INTERFECONDITE		

Critère **moléculaire**.

Les études moléculaires : elles permettent de mettre en évidence la présence ou l'absence de flux de gènes entre des populations. S'il n'y a pas d'échanges génétiques entre les individus de deux populations qui peuvent pourtant se rencontrer, il faut alors considérer qu'il s'agit de deux espèces distinctes (cas de *Formica*, *ci-contre*).



Une même espèce ? Jusqu'en 1996, *Formica lugubris* (à gauche) et *Formica paralugubris* (à droite) étaient considérées comme une espèce unique. Les données moléculaires ont démontré le contraire.

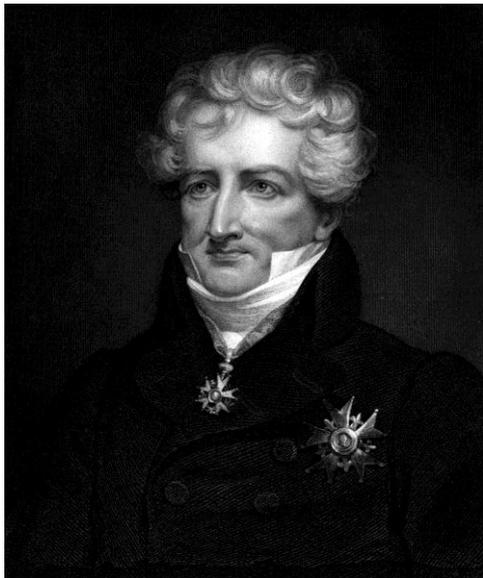
Très utile pour :

- les fossiles (dont l'ADN peut être extrait)**
- les espèces qui n'ont pas de reproduction sexuée**

Evolution du concept d'espèce

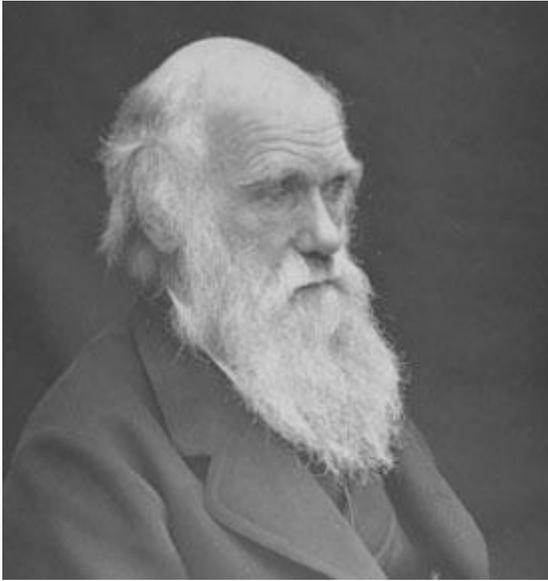


- **Buffon en 1743**: les animaux appartenant à la même espèce sont interféconds, tandis qu'il n'y a pas interfécondabilité entre individus d'espèces différentes, ou alors, leur croisement ne produit que des hybrides stériles



- **Cuvier (1769-1832)**: une collection de tous les corps organisés, nés les uns des autres, ou de parents communs et de ceux qui leurs ressemblent, autant qu'ils se ressemblent entre eux

Evolution du concept d'espèce



Charles Darwin
(1809-1882)

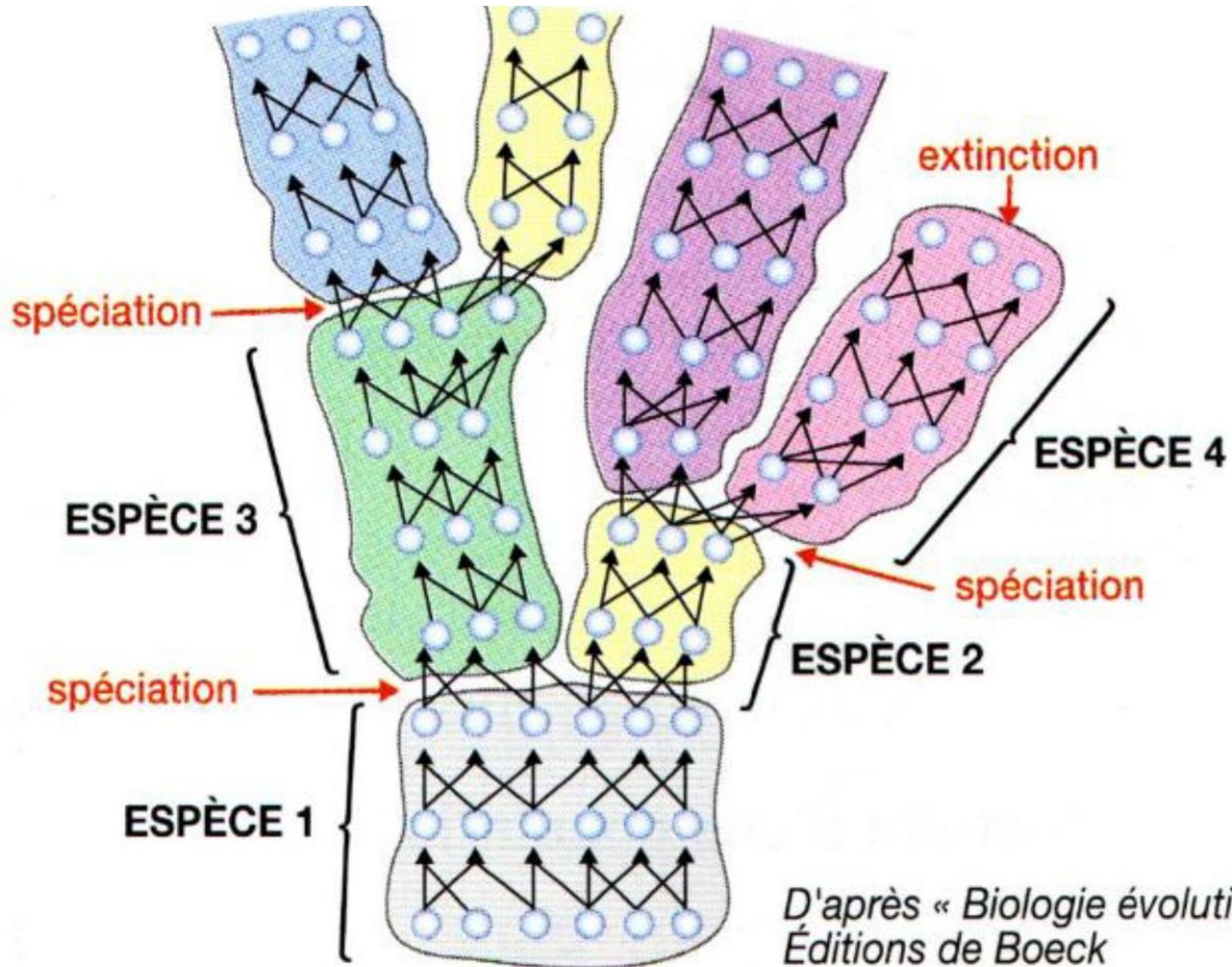
Je considère le terme d'espèce comme arbitrairement donné par pure commodité à l'ensemble d'individus se ressemblant beaucoup entre eux

- Conception « post-darwinienne »



Individus qui se ressemblent et se reproduisent entre eux mais qui présentent des variations interindividuelles

Définition post Darwinienne de l'espèce



Définition d'une **espèce** (TS)

Espèce

- Population d'individus suffisamment **isolée des autres génétiquement**.
- N'existe que pendant un **laps de temps fini**.
- Les espèces découlent les unes des autres: il existe une **parenté** entre les espèces
- Espèce = **notion très délicate**

Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations

A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population

B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population

II. La notion d'espèce

III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces

A. L'apparition d'une nouvelle espèce

B. La disparition d'une espèce

Deux populations isolées en terme de reproduction sont alors considérées comme **deux espèces différentes.**

Spéciation = mécanismes à l'origine de la formation d'une nouvelle espèce.

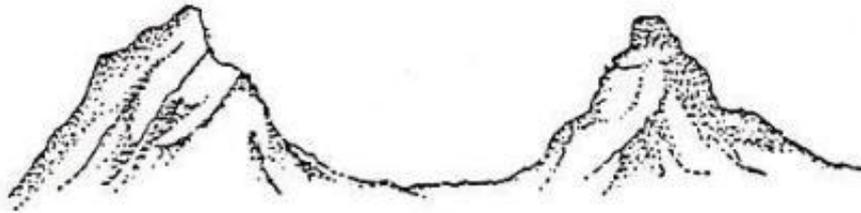
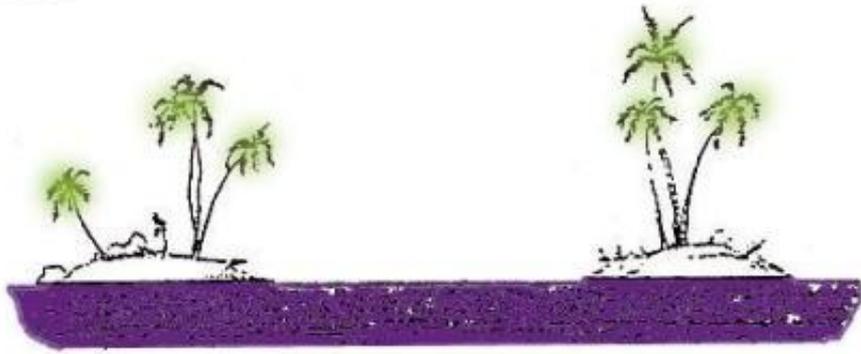
De l'évolution des populations à l'évolution des espèces

- Il peut arriver que deux populations d'une même espèce n'aient plus d'échanges génétiques entre elles (isolement **géographique** ou **écologique**)
- Elles accumulent donc des différences génétiques.

Les raisons possibles d'un **isolement génétique**

- ✓ Isolement géographique
- ✓ Isolement écologique

Isolement géographique



Isolement géographique



◀ *Zerynthia cassandra*



Zerynthia polyxena ▶



Carte 1 : Répartition supposée de l'espèce ancestrale Z avant les dernières glaciations



Carte 2 : Répartition supposée de l'espèce ancestrale Z pendant les glaciations du quaternaire



Carte 3 : Aires actuelles de répartition des deux espèces (*Z. cassandra* en bleu et *Z. polyxena* en violet)

Les raisons possibles d'un **isolement génétique**

- ✓ Isolement géographique
- ✓ Isolement écologique

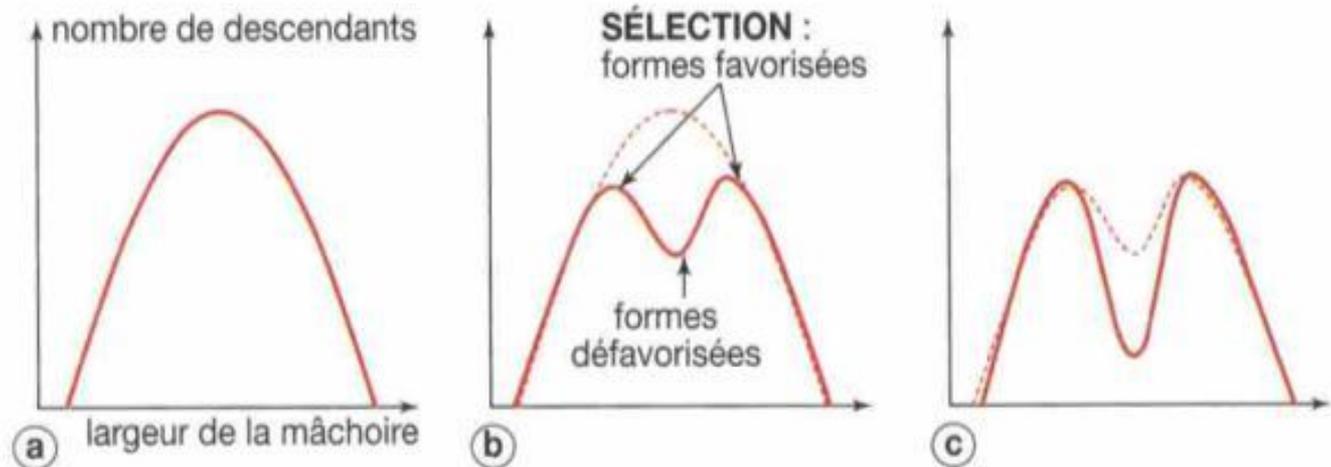
Isolement **écologique**



Amphilophus zalius



Amphilophus citrinellus



- 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.

Isolement **écologique**

8 Des chants et des espèces **Exploiter des documents, raisonner, exercer son esprit critique**

QUESTION :

À partir des informations extraites des documents, montrez que, selon les critères utilisés pour définir une espèce, le nombre d'espèces décrites n'est pas nécessairement le même. Discutez alors de la pertinence de ces critères.

La chrysope est un insecte appartenant à l'ordre des névroptères : elle mesure une dizaine de millimètres de long, possède des ailes membraneuses et transparentes.

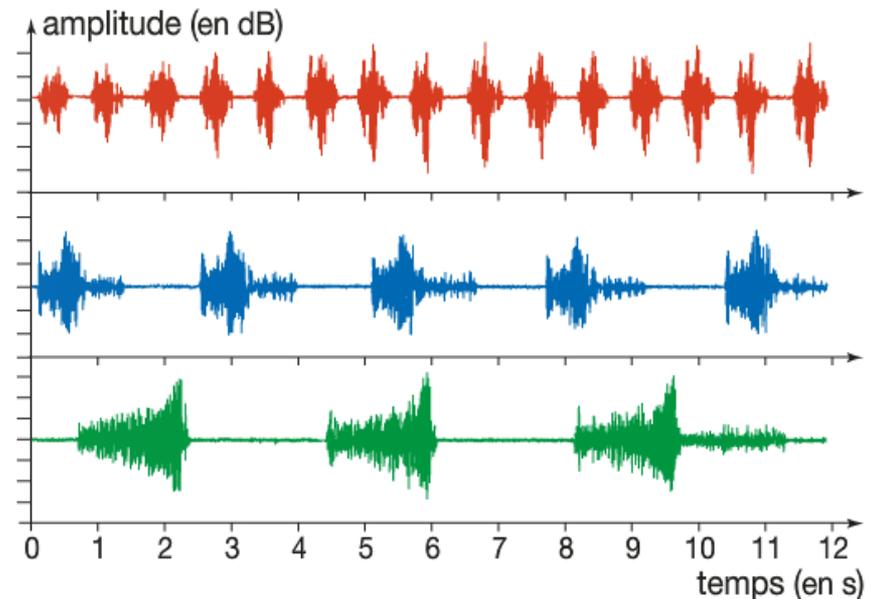
Plusieurs espèces de chrysope ont été définies d'après des critères morphologiques : *Chrysoperla plorabunda*, par exemple, rassemble tous les individus présentant l'aspect illustré par la *photographie ci-contre*.

Lors des périodes de reproduction, les individus mâles de cette espèce attirent les individus femelles en produisant des vibrations acoustiques que l'on peut considérer comme des chants. Ces vibrations sont produites par le frottement des abdomens des mâles contre la surface sur laquelle ils se trouvent.

Le *graphique ci-contre* montre l'enregistrement de chants de trois mâles qui vivent sur le même territoire. Les femelles présentent la capacité de détecter ces vibrations. Il a été démontré que le « spectre » de cette détection est très étroit, les femelles ne répondant qu'à un seul type de chant.

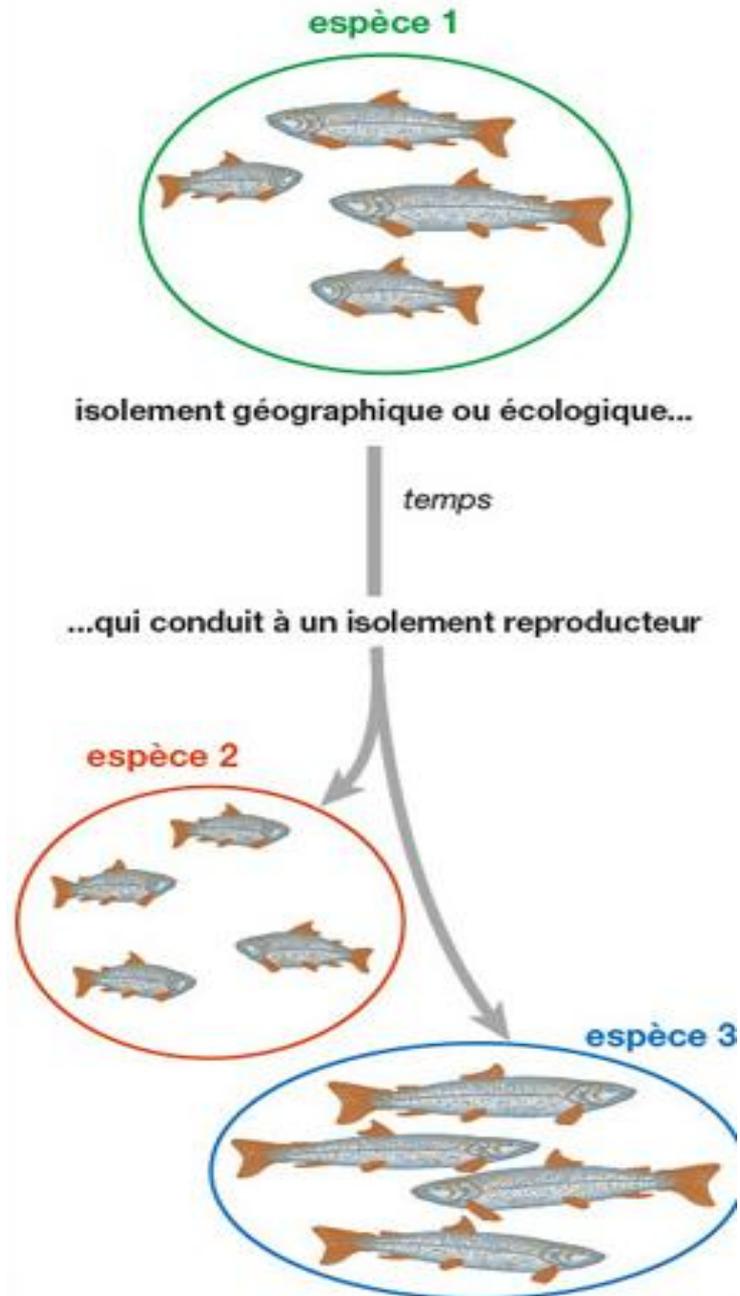


Un individu de l'espèce *Chrysoperla plorabunda*



Enregistrement du chant de trois mâles *Chrysoperla plorabunda* partageant le même territoire

De l'évolution des **populations** à l'évolution des **espèces**



Chapitre 3 : De la diversification du vivant à l'évolution de la biodiversité

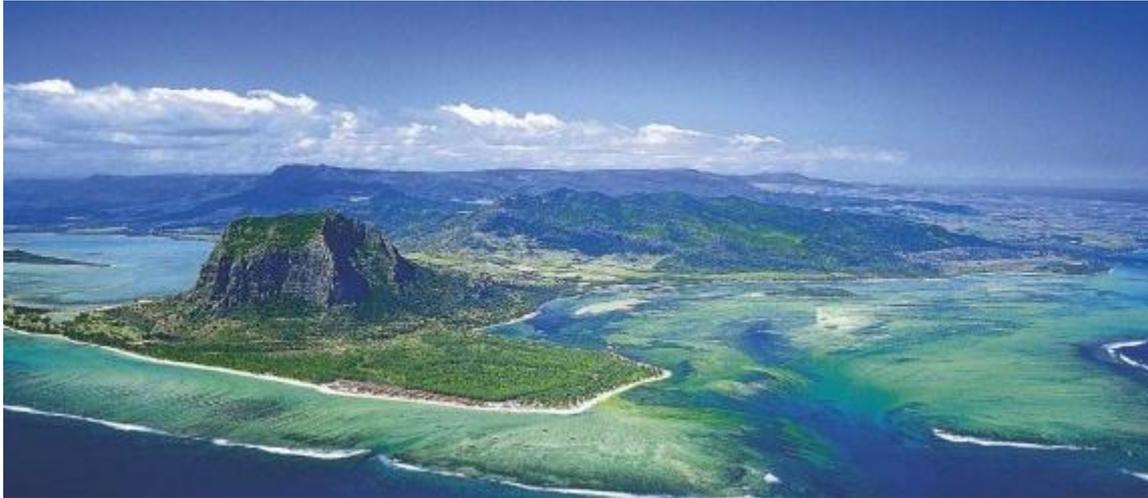
- I. Les mécanismes évolutifs à l'origine d'une modification des populations
 - A. La sélection naturelle, influence de l'environnement sur l'évolution d'une population
 - B. L'effet du hasard sur l'évolution d'une population
- II. La notion d'espèce
- III. De l'évolution des populations à l'évolution des espèces
 - A. L'apparition d'une nouvelle espèce

B. La disparition d'une espèce

Disparition d'une espèce



Disparition d'une espèce



Dodo de l'île Maurice

Extinction vers 1680
(destruction de leur habitat, ainsi que de leurs nids par des macaques et porcs apportés sur l'île par l'homme)

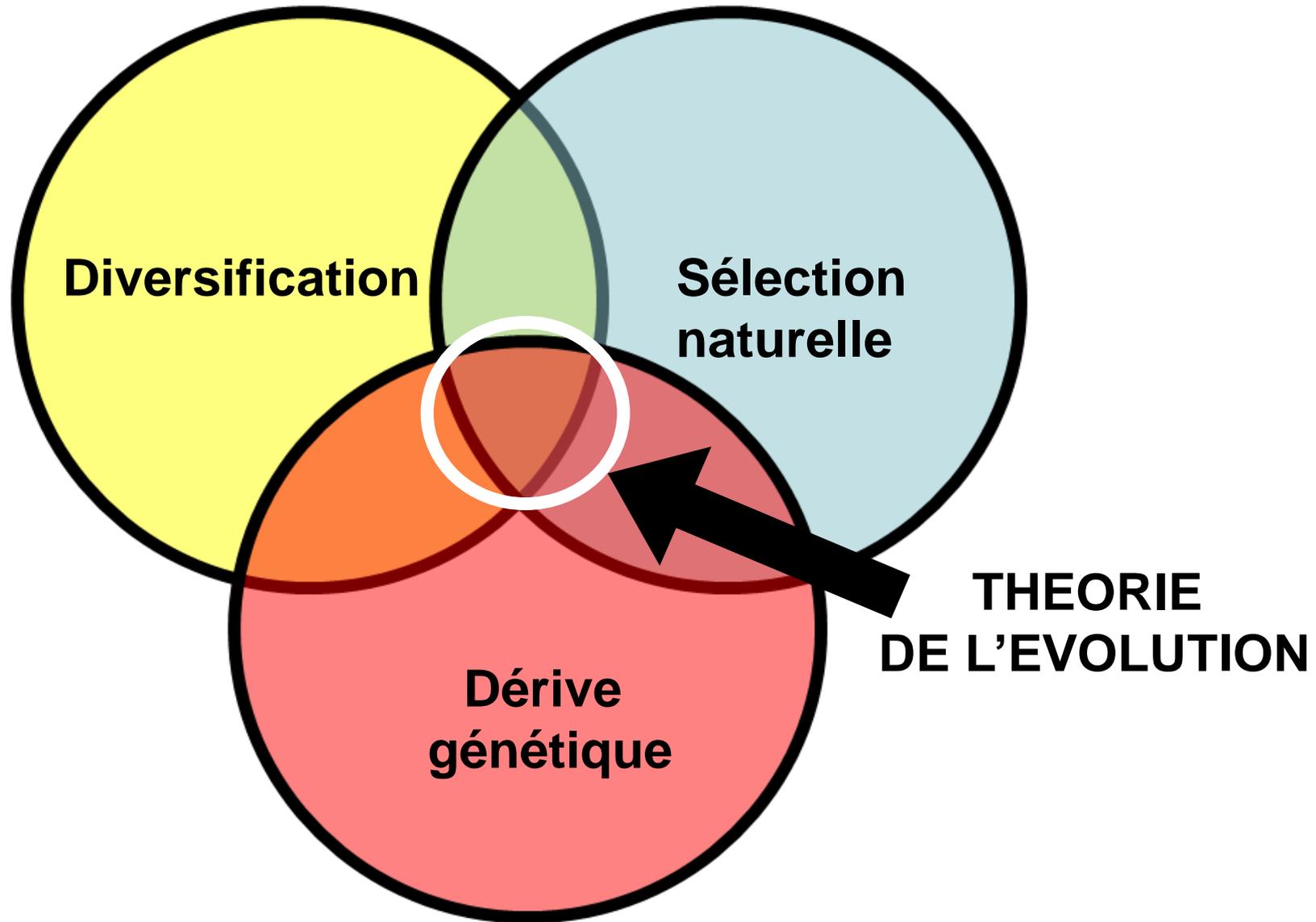


Une espèce n'existe donc que pendant un **laps de temps fini**.

Elle se forme lorsqu'une population s'isole génétiquement d'une autre population et disparaît si l'ensemble des individus qui la composent **disparaissent** ou cessent d'être **isolés génétiquement**.

Espèce = **notion très délicate**

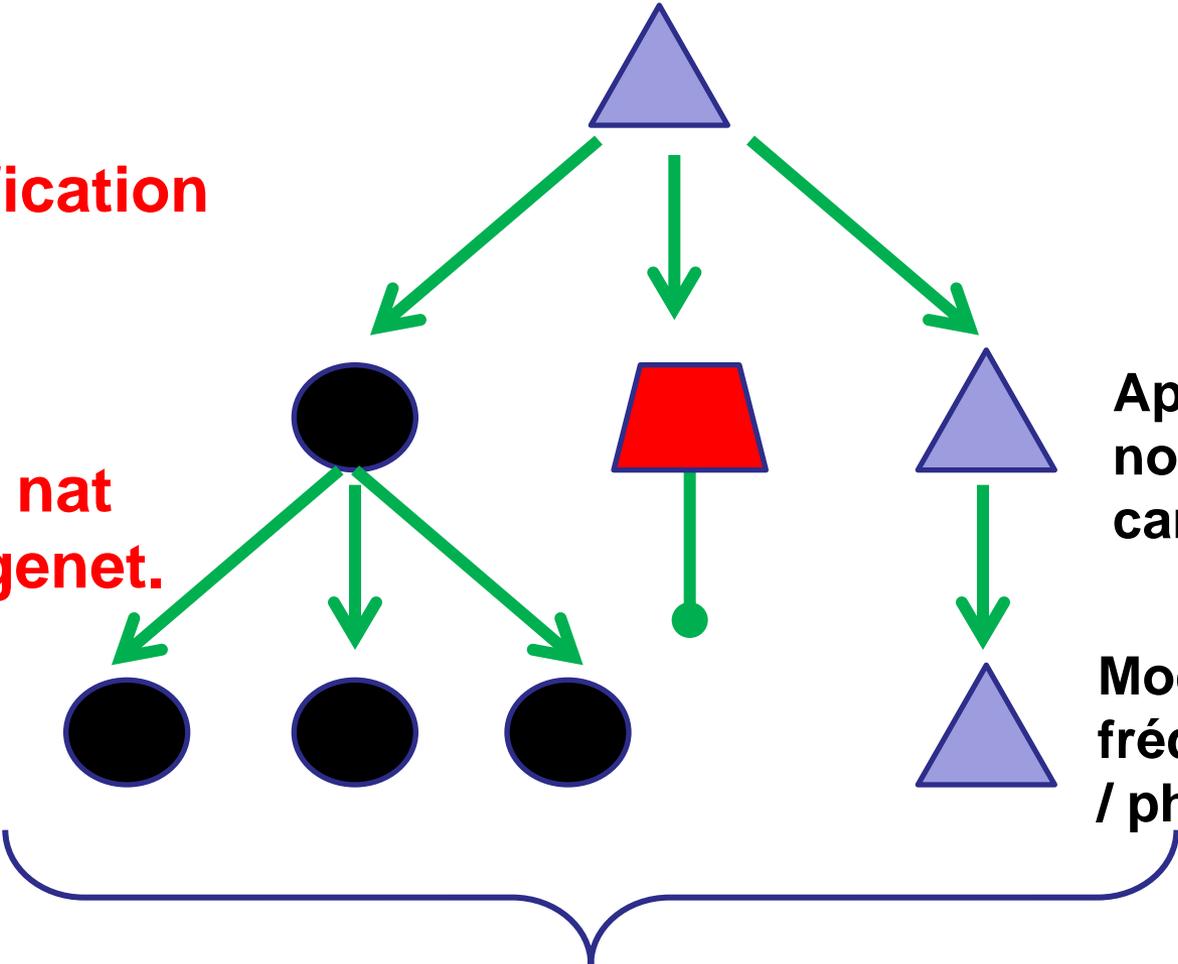
CONCLUSION



CONCLUSION

Diversification

**Sélection nat
+ dérive genet.**



**Apparition de
nouveaux allèles /
caractères**

**Modification des
fréquences alléliques
/ phénotypiques**

Evolution de l'espèce

4 Questions à choix multiples **QCM**

Choisissez la bonne réponse pour chaque série d'affirmations.

1. La sélection naturelle :

- a. s'effectue sur certains individus, purement au hasard ;
- b. explique l'adaptation des populations aux conditions du milieu dans lequel elles vivent ;
- c. est le seul facteur pouvant expliquer l'évolution d'une population ;
- d. modifie le génome des individus.

2. La forte diminution de l'effectif d'une population provoque :

- a. une diminution systématique de la fréquence des allèles ;
- b. une augmentation de la fréquence des allèles conférant un avantage ;
- c. une diminution de la fréquence des allèles conférant un avantage ;
- d. une variation aléatoire de la fréquence des allèles.

3. La spéciation (formation d'une nouvelle espèce) :

- a. est systématique si deux populations de la même espèce sont isolées géographiquement ;
- b. ne peut s'effectuer qu'à partir de populations d'espèces différentes ;
- c. ne peut pas s'effectuer tant que les populations partagent un même territoire ;
- d. correspond à un isolement reproducteur.

Exercices

8 Des chants et des espèces Exploiter des documents, raisonner, exercer son esprit critique

QUESTION :

À partir des informations extraites des documents, montrez que, selon les critères utilisés pour définir une espèce, le nombre d'espèces décrites n'est pas nécessairement le même. Discutez alors de la pertinence de ces critères.

La chrysope est un insecte appartenant à l'ordre des névroptères : elle mesure une dizaine de millimètres de long, possède des ailes membraneuses et transparentes.

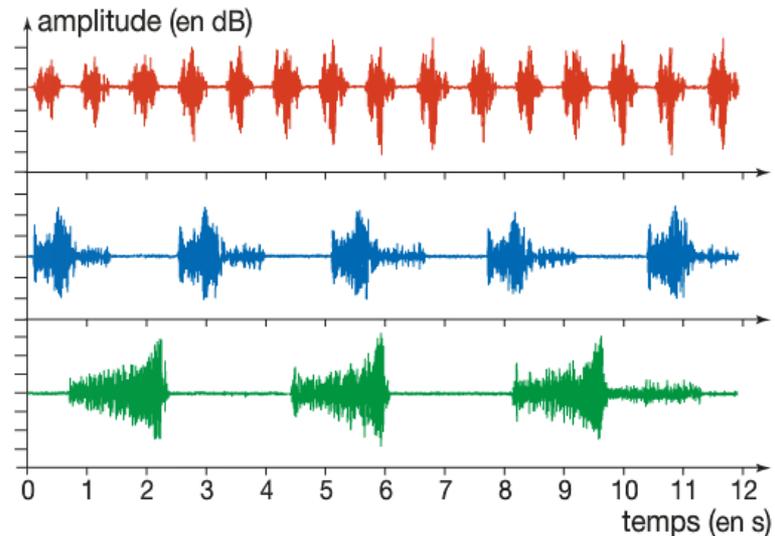
Plusieurs espèces de chrysope ont été définies d'après des critères morphologiques : *Chrysoperla plorabunda*, par exemple, rassemble tous les individus présentant l'aspect illustré par la *photographie ci-contre*.

Lors des périodes de reproduction, les individus mâles de cette espèce attirent les individus femelles en produisant des vibrations acoustiques que l'on peut considérer comme des chants. Ces vibrations sont produites par le frottement des abdomens des mâles contre la surface sur laquelle ils se trouvent.

Le *graphique ci-contre* montre l'enregistrement de chants de trois mâles qui vivent sur le même territoire. Les femelles présentent la capacité de détecter ces vibrations. Il a été démontré que le « spectre » de cette détection est très étroit, les femelles ne répondant qu'à un seul type de chant.



Un individu de l'espèce *Chrysoperla plorabunda*



Enregistrement du chant de trois mâles *Chrysoperla plorabunda* partageant le même territoire

Exercices

9 Les moustiques résistent Saisir des informations, raisonner

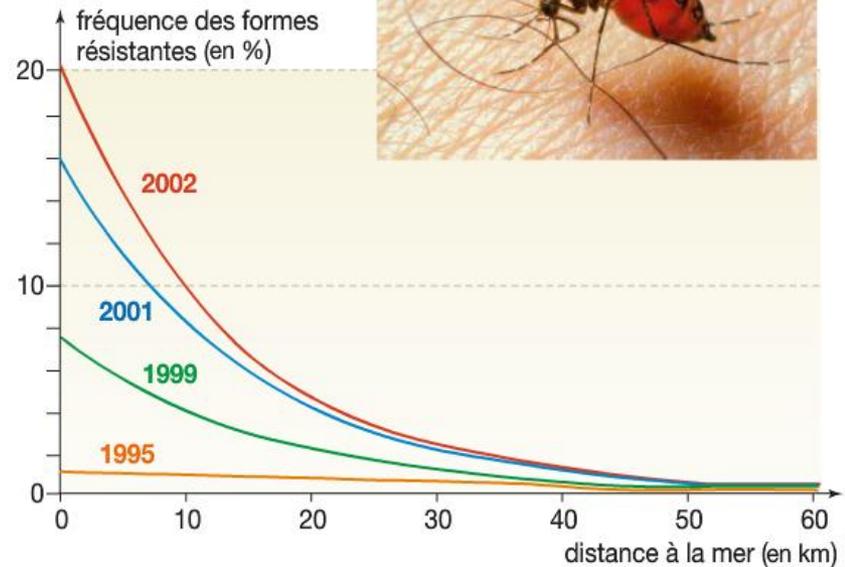
QUESTION :

Analysez et exploitez ce document pour expliquer l'évolution des fréquences de la mutation « Ester3 » dans le temps et dans l'espace.

Dans les années 1970, de grandes opérations de constructions de logements liées au tourisme ont vu le jour, en bord de mer, le long du littoral languedocien. Mais, celui-ci présentait l'inconvénient d'être infesté de moustiques, dont l'espèce *Culex pipiens* (photographie ci-contre). C'est pourquoi, en 1977, il a été décidé de développer un programme visant à réduire fortement la quantité d'insectes piqueurs grâce à l'utilisation d'insecticides organophosphorés. Cependant, très rapidement, des mutations conférant des résistances à ces insecticides se sont répandues.

En 1991, apparaît entre autres une mutation nommée « Ester3 ». Cette mutation confère une résistance très importante aux insecticides. Elle présente néanmoins pour l'animal un « coût » important : dans les conditions naturelles, le taux de reproduction de ce mutant est moindre que celui des non-mutants.

Le graphique ci-contre montre l'évolution de la fréquence des formes résistantes (portant la mutation Ester3).



Fréquence de la mutation « Ester3 » en fonction de la distance à la mer et de l'année d'étude

D'après Guillemaud et al. *Evolution* 1998
Labbé et al. *Genetics* 2009

Exercices

10 Une spéciation chez les palmiers

Exploiter un ensemble de documents en relation avec les connaissances,
pratiquer une démarche scientifique



L'île Lord Howe est une petite île subtropicale d'une surface d'environ 12 km², située à 580 km des côtes est de l'Australie. Elle est constituée de terrains volcaniques et sédimentaires. Elle est datée d'environ – 6,9 millions d'années seulement.

QUESTION :

En exploitant les documents qui suivent, proposez un mécanisme susceptible d'expliquer la spéciation des deux espèces de palmiers *Howea* sur l'île Lord Howe.



Exercices

DOCUMENT 1 : *Howea forsteriana* et *Howea belmoreana*, deux espèces de palmiers endémiques de l'île d'Howe

La famille des palmiers est représentée sur cette île par quatre espèces endémiques dont deux sont très abondantes : *Howea forsteriana* et *Howea belmoreana*. Des études phylogénétiques ont prouvé que *H. forsteriana* et *H. belmoreana* sont deux espèces sœurs issues d'une espèce ancestrale qui aurait colonisé l'île peu après sa formation (entre - 5,5 et - 4,5 Ma). La période de spéciation entre les deux espèces sœurs de palmier a été estimée à - 1,9 millions d'années environ.

Des études ont montré que *H. forsteriana* se développe de préférence sur des terrains volcaniques alors que *H. belmoreana* se développe plutôt sur des sols calcaires. Les deux espèces sont diploïdes.



Howea forsteriana : les palmes de ce palmier sont constituées de lobes tombants



Howea belmoreana : les palmes de ce palmier sont constituées de lobes redressés

DOCUMENT 2 : période de floraison des deux espèces de palmiers

Chez ces palmiers, les sexes sont séparés : il existe des arbres portant des fleurs mâles et des arbres portant des fleurs femelles. Au sein de chaque espèce, la période de floraison des différents individus présente une certaine variabilité : le graphique ci-contre résulte d'une étude fondée sur la détermination du nombre d'arbres en fleurs, pour chacune des deux espèces, en fonction de la période.

En bleu : *H. forsteriana* (étude portant sur 177 individus).
En orange : *H. belmoreana* (étude portant sur 198 individus).
En ligne continue : les mâles, **en ligne tiretée :** les femelles.

