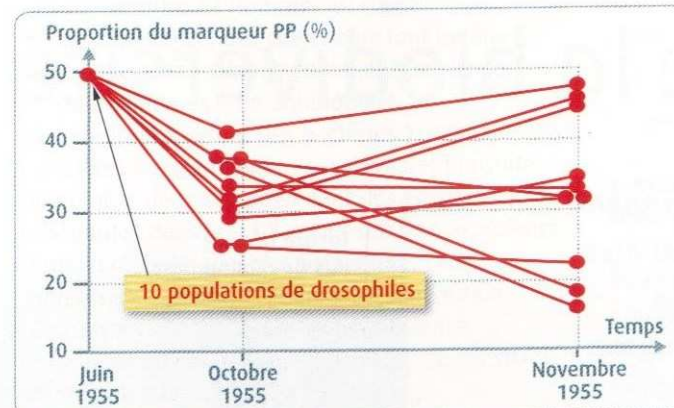
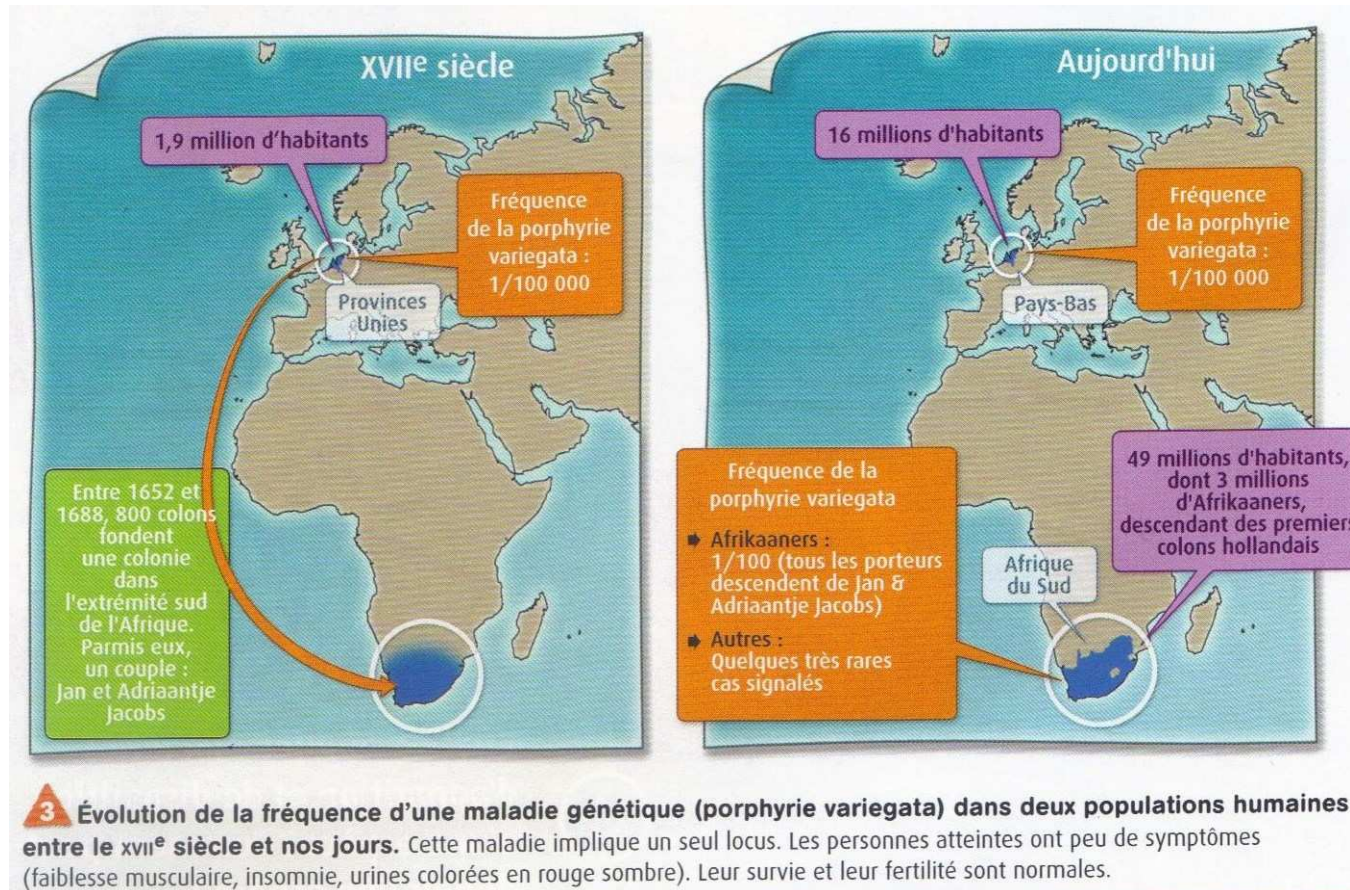


Chapitre III De la diversification des êtres vivants à l'évolution de la biodiversité

- I - La sélection naturelle et la dérive génétique 1) Des modifications sous l'effet du hasard



1 Évolution au cours du temps de la proportion d'un marqueur génétique dans 10 populations de drosophiles en captivité. Au départ, 50 % des individus possèdent à l'état homozygote le marqueur génétique PP (une modification de la structure d'une petite région d'un chromosome), qui n'apporte aucun inconvénient ni avantage à l'individu qui le porte.



Les **allèles** et donc les caractéristiques génétiques qu'une génération transmet à la suivante dépendent, de façon aléatoire, de la formation des gamètes et de leur rencontre lors de la fécondation. La fréquence des allèles peut donc varier au cours des générations de façon aléatoire, cela d'autant plus rapidement que la population est petite: c'est la **dérive génétique**. De la même façon, lors d'une migration, les migrants ne vont emporter qu'une partie des allèles de la population d'origine et dans des proportions aléatoires. La nouvelle population formée par les migrants aura donc des fréquences alléliques différentes de la population d'origine: on parle d'**effet de fondation** pour qualifier cette forme particulière de dérive génétique.

 **2 Le hasard et la transformation des populations.**

Dérive génétique : phénomène entraînant des variations de la fréquence des allèles d'un gène dans une population au cours des générations successives, sous l'effet du hasard. Elle conduit à une perte de diversité, et ce d'autant plus vite que la population est petite.

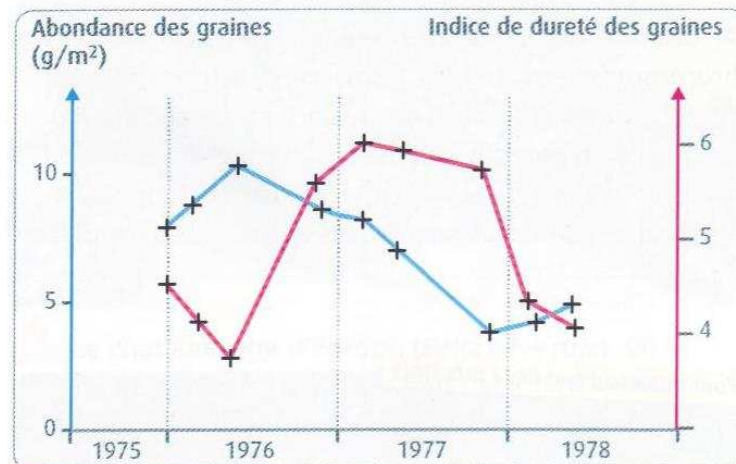
2) Des modifications sous l'effet de l'environnement



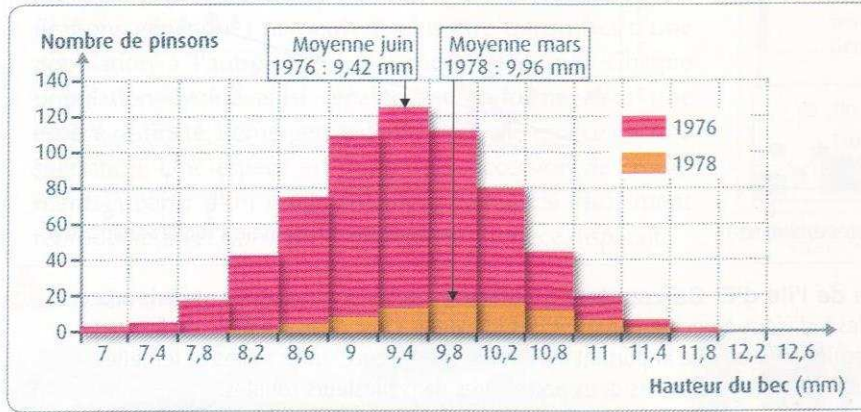
Amérique du Sud
Galápagos

	Pinson à bec moyen	Pinson à gros bec
Temps pour briser un fruit	7 sec	2 sec
Nombre de graines récoltées	1-2	4-6
Temps de récolte	15 sec	7 sec

4 Comparaison des conditions d'accès aux graines d'un fruit sec chez le pinson à gros bec (*Geospiza fórtis*) et chez le pinson à bec moyen (*Geospiza magnirostris*). Ces deux espèces vivent sur l'archipel des Galápagos (océan Pacifique). Les petits naissent entre janvier et avril et, au minimum un an plus tard, les femelles élèvent leur première couvée. Ces pinsons vivent au maximum 15 ans et se nourrissent de graines qu'ils écrasent avec leur bec après les avoir extraites de fruits secs.

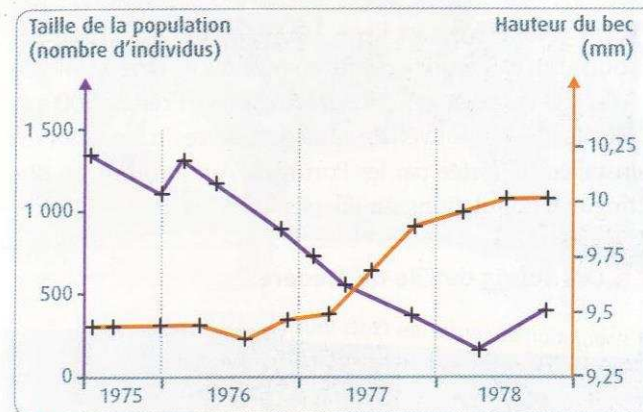


6 Évolution des caractéristiques des graines disponibles sur l'île Daphne (Galápagos) entre 1975 et 1979. Ce document ne tient pas compte de la consommation par les animaux.



5 Variabilité de la hauteur des becs dans la population de pinsons à bec moyen de l'île de Daphne au Galápagos entre 1976 et 1978.

L'année 1977 a été marquée par une sécheresse exceptionnelle et les pinsons ne se sont pas reproduits, faute de nourriture. Les 85 individus vivants en mars 1978 sur l'île étaient déjà présents en 1976. Aucune migration de pinson n'a été constatée entre ces deux dates. La reproduction a repris normalement en 1978.



7 Évolution des caractéristiques de la population de pinsons à bec moyen sur l'île Daphne (Galápagos) entre 1975 et 1979. La hauteur du bec est un caractère héritable (transmis par les parents à leur descendance).

Il s'agit ici d'un cas de sélection naturelle : l'environnement (la sécheresse) et la concurrence avec une autre espèce (pinsons à gros bec) sont des pressions de sélection.

Dans ce contexte, les individus présentant une petite variation individuelle (taille du bec plus gros) ont eu une meilleure survie.

Ces individus pourront se reproduire et contribueront plus à la génération suivante. Dans cette génération suivante, les pinsons à bec moyen auront en moyenne des becs de plus grande taille.

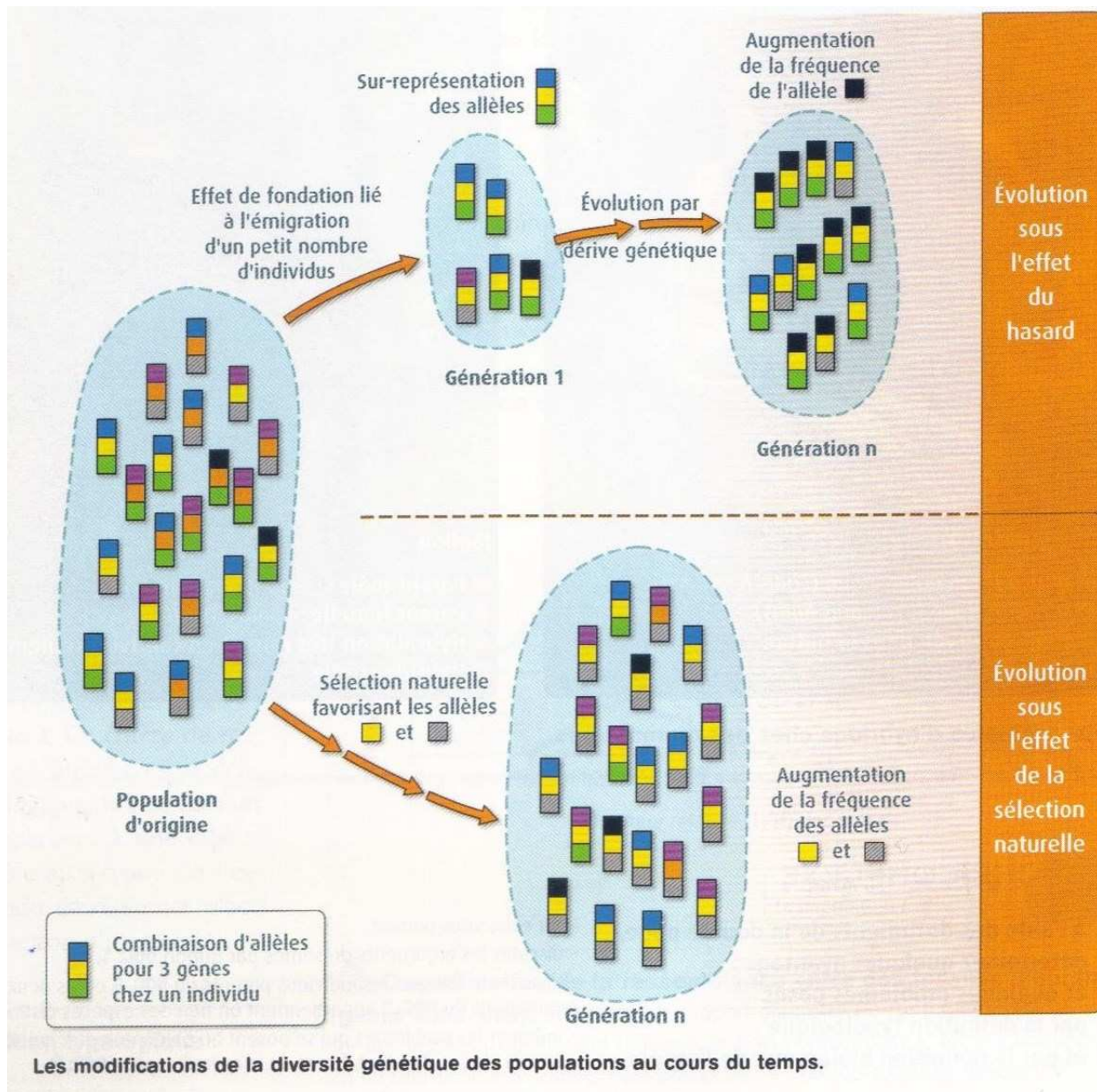
⇒ Cas de sélection naturelle conduisant à une évolution des populations.

Sélection naturelle : variation non aléatoire de la fréquence des allèles au sein d'une population sous l'effet des caractéristiques du milieu de vie.

Par le jeu de la sélection naturelle, la fréquence des allèles qui, dans un milieu donné, confèrent un avantage reproductif aux individus qui les portent, tend à augmenter dans une population.

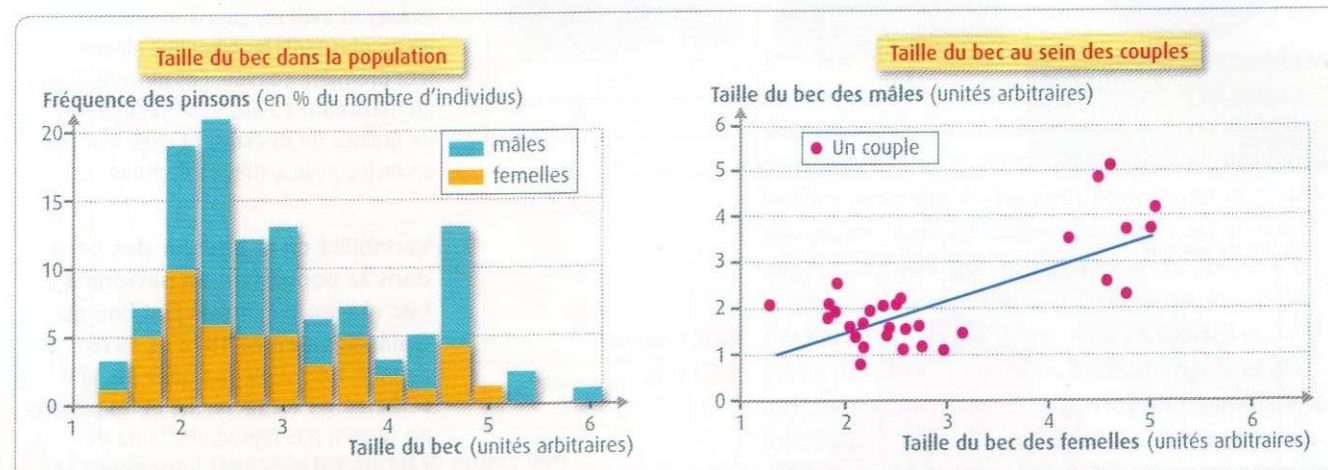
Bilan

- Une population est constituée d'individus de la même espèce qui ne possèdent pas les mêmes combinaisons d'allèles des différents gènes constituant leur génome. On observe donc une diversité génétique à l'intérieur des populations. Différents facteurs modifient cette diversité au cours des générations.
- La fréquence d'allèles dont la présence est sans conséquence sur la fertilité et la survie des individus varie d'une génération à l'autre sous le seul effet du hasard. C'est la **dérive génétique**. Lors d'une migration, le hasard joue aussi un rôle dans la modification des populations : les émigrants emportant un échantillon aléatoire des allèles de la population initiale, la fréquence des allèles dans la nouvelle population ne sera pas la même que dans la population de départ. Cette forme particulière de dérive génétique est qualifiée d'**effet de fondation**.
- À un instant donné, les individus d'une population ont une survie et une fertilité différentes selon les conditions du milieu (accès aux ressources alimentaires, compétition avec d'autres espèces, etc.). Ceux dont le phénotype est favorisé auront un plus grand nombre de descendants et la fréquence des allèles qu'ils portent augmentera à la génération suivante. C'est le mécanisme de **sélection naturelle**.
- Hasard et sélection naturelle agissent simultanément sur la transformation des populations. Ce sont deux mécanismes à l'origine de modifications de la diversité génétique et phénotypique des populations au cours des générations. On appelle **évolution biologique** ces modifications des populations.



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

1) Evolution des populations et reproduction



1 Une étude des pinsons à bec moyen de l'île d'El Garrapatero (Galápagos). La population de pinsons à bec moyen (*Geospiza fortis*) de cette île comprend des individus à bec peu épais et des individus à bec épais. La taille du bec peut modifier le chant des oiseaux. Sachant que ce dernier joue un rôle important dans la reconnaissance entre mâles et femelles lors de la parade nuptiale, les chercheurs ont étudié la taille du bec des deux partenaires dans plusieurs couples.

C'est avec les Vikings, il y a 1 000 ans, que les premières souris ont débarqué en provenance d'Europe sur l'île de Madère (au large des côtes portugaises). Près de 500 ans plus tard, une nouvelle population de ces rongeurs s'est installée, apportée par les Portugais. Aujourd'hui, on distingue 6 populations sur l'île, séparées les unes des autres

par des montagnes infranchissables. Au lieu d'avoir 40 chromosomes comme les souris européennes, elles en ont entre 22 et 30, suite à des fusions chromosomiques. Lorsque l'on met artificiellement en contact des souris de deux populations, l'accouplement a lieu et donne naissance à des hybrides. Toutefois, ces hybrides sont stériles.

2 Les souris de l'île de Madère.

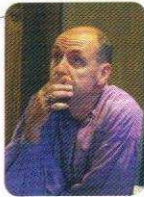


3 Les populations de grenouilles léopard. Des chercheurs ont tenté de faire se reproduire deux populations de grenouilles léopard (genre *Rana*) vivant soit au centre, soit au sud des États-Unis. Malgré quelques rares accouplements, aucun hybride n'a pu être obtenu. Des recherches complémentaires ont montré que les périodes de reproduction n'étaient pas les mêmes et que les chants utilisés pour la rencontre des partenaires sexuels étaient nettement différents.

Les isolements reproducteurs sont différents :

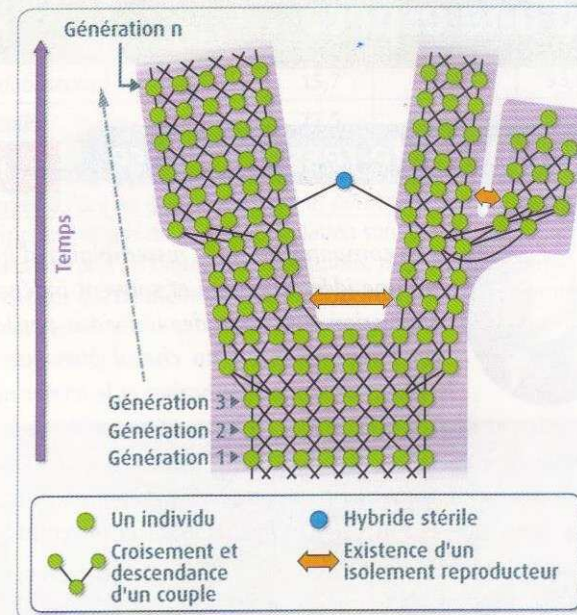
- Souris de Madère : parades nuptiales, accouplement et gestation possibles
- Grenouilles léopard : dès les parades nuptiales, les 2 espèces ne semblent pas se reconnaître

2) Spéciations et extinctions



Interview de Guillaume Lecointre, chercheur en systématique et en évolution.

Lorsque les individus de deux populations initialement de la même espèce ne peuvent plus se reproduire entre eux (l'accouplement est impossible, ou bien il peut avoir lieu mais, ne se traduit par aucune naissance, ou encore la descendance des individus est stérile), il y a **isolement reproducteur**: les échanges génétiques liés à la reproduction sexuée cessent. L'isolement reproducteur résulte de l'accumulation progressive de différences génétiques entre deux populations qui, du fait d'une barrière comportementale ou géographique, ont des échanges génétiques réduits ou nuls. Conséquence de cet isolement reproducteur: les modifications génétiques ne peuvent plus être transmises d'une population à l'autre, il y a isolement génétique. Chaque population évolue ainsi séparément et forme alors une espèce distincte. L'émergence d'une nouvelle espèce est une **spéciation**. Une espèce est donc une succession de croisements à partir d'un isolement reproducteur. Si l'isolement reproducteur (et donc génétique) cesse, l'espèce disparaît.



Le flux des générations au cours de l'évolution.

4 La spéciation : mécanisme d'émergence d'une espèce.

Isolement reproducteur : caractérise 2 populations lorsque les individus qui les composent ne peuvent se reproduire entre eux. L'isolement reproducteur induit donc un isolement génétique.

Spéciation : processus de formation des espèces

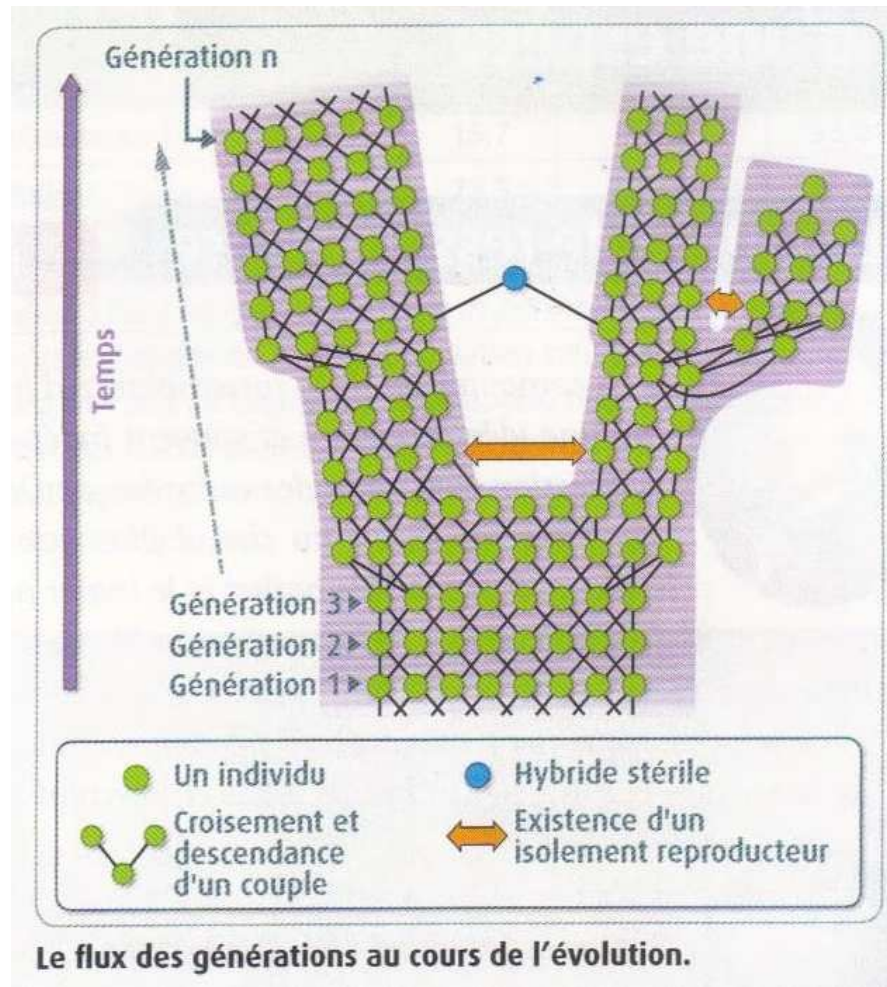
Extinction : disparition d'une espèce



5 Le chat sauvage d'Europe (*Felis silvestris*). On a coutume de distinguer les espèces *Felis catus* et *Felis silvestris*. *F. silvestris* peuplait les forêts d'Europe bien avant que *F. catus* (le chat domestique) ne soit introduit d'Égypte sous l'Antiquité. L'accouplement entre ces chats est rare. Toutefois, quand il a lieu, les hybrides sont fertiles. *F. silvestris* est considéré comme une espèce menacée (en voie d'extinction).



6 Le dernier thylacine (*Thylacinus cynocephalus*). Il est mort en septembre 1936 au zoo de Hobart en Australie. Cette espèce de marsupial carnassier existait depuis environ 4 millions d'années. La chasse intensive est la principale cause de l'extinction des thylacines.



Conclusion

L'évolution d'une population modifie les phénotypes de ses individus. Cette modification des phénotypes peut déboucher sur un isolement reproducteur vis-à-vis des autres populations. Dans ce cas, les échanges génétiques ne sont plus possibles entre population, et chacune est devenue une nouvelle espèce.

L'évolution des populations peut donc aboutir, en cas d'isolement reproducteur, à l'apparition de nouvelles espèces, augmentant ainsi la biodiversité spécifique.

A l'inverse, au cours de l'évolution, une espèce peut disparaître par modification de son environnement (présence d'autres espèces comme l'Homme par exemple) : dans ce cas, la biodiversité spécifique diminue.

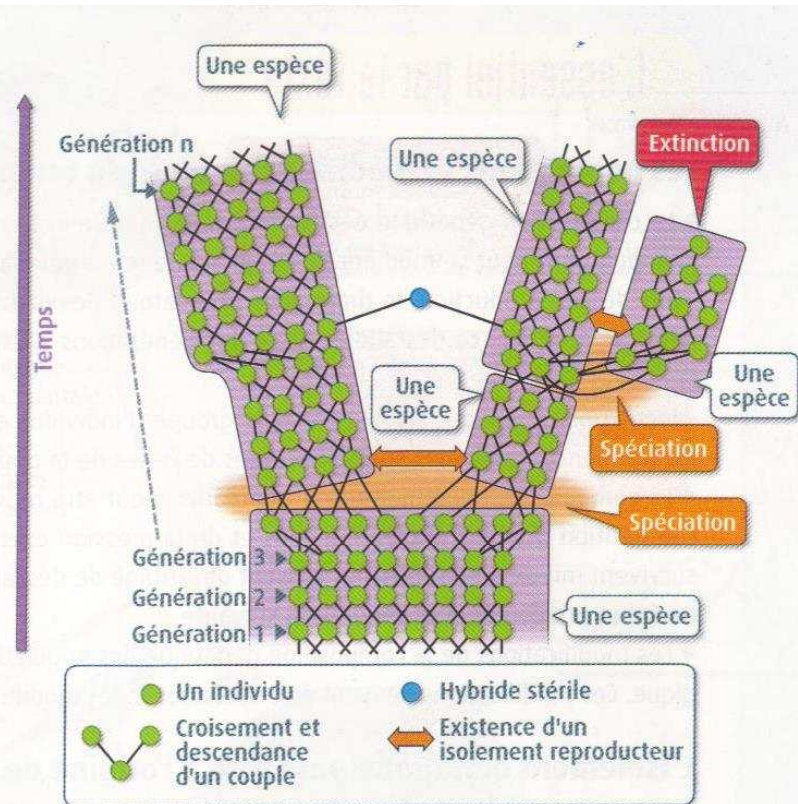
Bilan

- Au sein d'une même espèce, deux populations isolées par une barrière géographique ou comportementale ont des échanges génétiques liés à la reproduction sexuée réduits et accumulent des différences génétiques. Au-delà d'un certain seuil, ces différences peuvent empêcher les individus des deux populations de se reproduire entre eux: il y a alors **isolement reproducteur**. Les causes de ce dernier sont, par exemple, l'absence de reconnaissance des chants nuptiaux, le décalage des périodes de reproduction ou la stérilité des individus hybrides.

- L'isolement reproducteur entre deux populations est associé à un isolement génétique: il n'y a plus d'échanges d'allèles entre elles. Chaque population est alors considérée comme une nouvelle

espèce, qui continuera à évoluer séparément, sous l'effet du hasard et de la sélection naturelle.

- Le processus à l'origine de la formation d'une nouvelle espèce se nomme **spéciation**. Une espèce disparaît si tous les individus qui la composent meurent sans avoir eu de descendants ou si son isolement génétique cesse par rupture de l'isolement reproducteur (apparition d'hybrides fertiles issus de croisements avec une autre espèce). Une espèce est donc définie dans le temps.



Spéciations et extinctions au cours de l'évolution.

- III - La notion d'espèce

1) Le critère de ressemblance

Si nous voyons un chat, nous savons qu'il appartient à l'espèce « chat » car il ressemble à d'autres chats que nous avons déjà rencontrés. C'est une première façon de reconnaître si deux individus sont de la même espèce : ils le sont s'ils se ressemblent. Ce **critère de ressemblance** est utilisé dans la définition typologique de l'espèce : un individu appartient à une espèce s'il ressemble au « type » de l'espèce (individu de référence placé dans la collection d'un musée).

2 La définition typologique de l'espèce.

2 individus sont de la même espèce s'ils se ressemblent. On appelle du même nom les individus qui se ressemblent entre eux plus qu'à d'autres animaux.



« 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 [...]. »

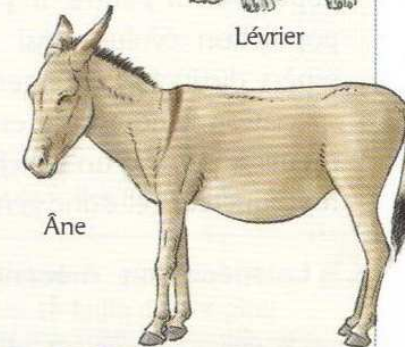
Charles Darwin (1809-1882)



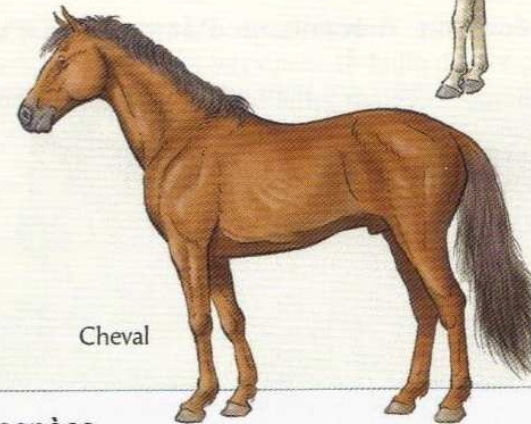
Barbet



Lévrier



Âne

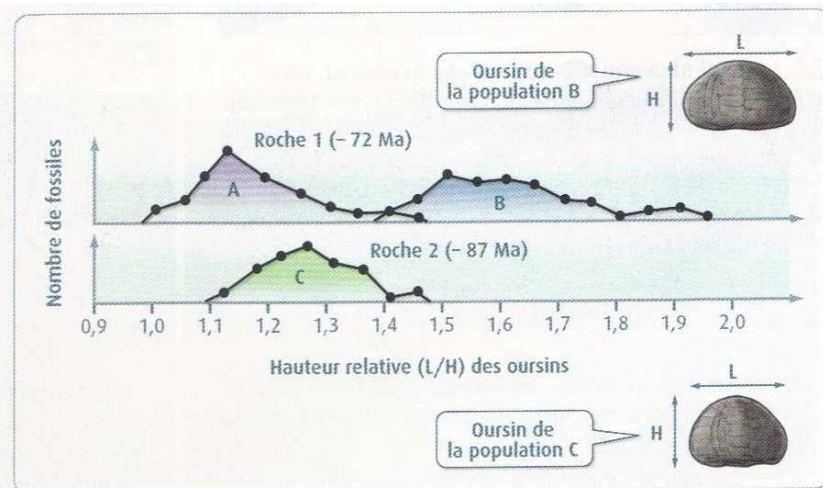


Cheval

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

La ressemblance est le critère le plus simple à utiliser au quotidien et il peut être utilisé aussi pour des fossiles.

Néanmoins, il peut être trompeur dans les cas où des individus de la même espèce ne se ressemblent pas (cas des chiens) ou, à l'inverse, quand des individus se ressemblent mais ne sont pas de la même espèce (cas des espèces jumelles).



3 Quantification de la ressemblance entre des fossiles d'oursin (genre *Galerites*). On mesure le rapport diamètre (L) sur hauteur (H) sur des fossiles d'oursin pour différencier trois populations (A, B et C) trouvées, en un même site de fouille, dans deux couches de roches d'âge différent.

Femelles \ Mâles	<i>pseudoobscura</i>		<i>persimilis</i>	
	inséminées (%)	vierges (%)	inséminées (%)	vierges (%)
<i>pseudoobscura</i>	84,3	15,7	7,0	93,0
<i>persimilis</i>	22,5	77,5	79,2	20,8

5 Les espèces jumelles. Deux populations de drosophiles identiques à l'œil nu (*pseudoobscura* et *persimilis*) sont étudiées : des femelles vierges de chaque population sont placées en présence de mâles de l'une ou l'autre des populations, puis on dénombre les tentatives d'accouplement. Aucun descendant viable ne résultera des accouplements intergroupes. Les deux populations sont qualifiées d'espèces jumelles.

2) Le critère d'interfécondité

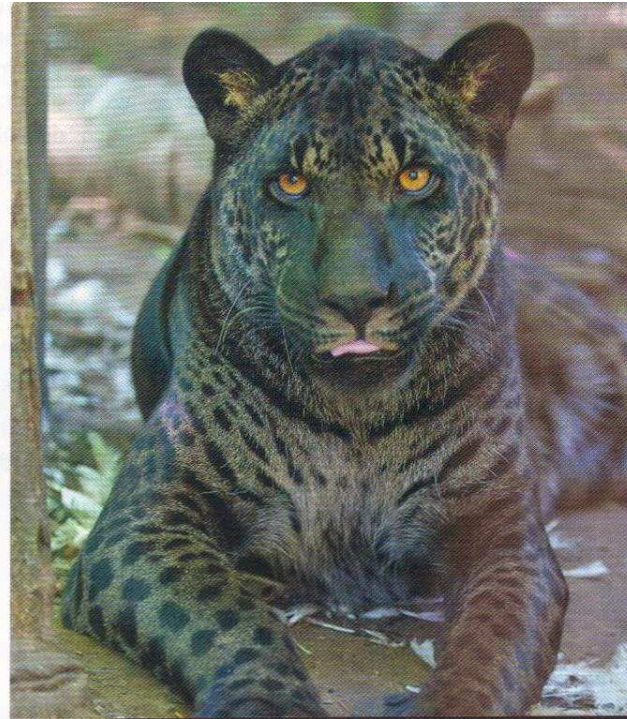
En 1942, le biologiste Ernst Mayr (1904-2005) écrivait: « *Les espèces sont des groupes de populations réellement ou potentiellement capables de se croiser et qui sont reproductivement isolés des autres groupes ayant les mêmes propriétés.* » Mayr expose ainsi la définition biologique de l'espèce, qui repose sur le **critère d'interfécondité**: deux individus sont de la même espèce s'ils peuvent se reproduire entre eux et avoir une descendance fertile.

4 La définition biologique de l'espèce.



Chien-loup (crocotte)

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



Jaglion

- Parent mâle: jaguar (*Panthera onca*)
- Parent femelle: lionne (*Panthera leo*)
- Hybridation très rare et en captivité seulement
- Hybride stérile

6 Deux exemples d'hybrides chez des mammifères.

Bilan

- La diversité des espèces est une des composantes de la biodiversité. On peut rattacher des individus à une espèce donnée selon différents critères.
- Selon le **critère de ressemblance**, deux individus sont de la même espèce s'ils se ressemblent. À ce critère, correspond une **définition typologique** de l'espèce: un individu appartient à une espèce s'il ressemble au « type » de cette espèce (individu de référence décrit scientifiquement et conservé dans un musée).
- Selon le **critère d'interfécondité**, deux individus sont de la même espèce s'ils peuvent se reproduire entre eux et avoir une descendance fertile. À ce critère, correspond la **définition biologique** de l'espèce, plus rigoureuse au plan évolutif: une espèce est définie par un isolement reproducteur.
- La définition de l'espèce a varié au cours de l'histoire de la biologie. Aujourd'hui, selon le contexte scientifique, on utilise soit la définition typologique, soit la définition biologique.

	Définition typologique	Définition biologique
Critère	Ressemblance	Interfécondité
Avantage	Facile à utiliser dans la plupart des cas	Cohérente avec la théorie de l'évolution
Inconvénient	Parfois difficilement compatible avec la diversité des individus	Non testable sur les fossiles et sur la plupart des espèces actuelles (élevage impossible par exemple)

Définition typologique et définition biologique de l'espèce.

Bilan général

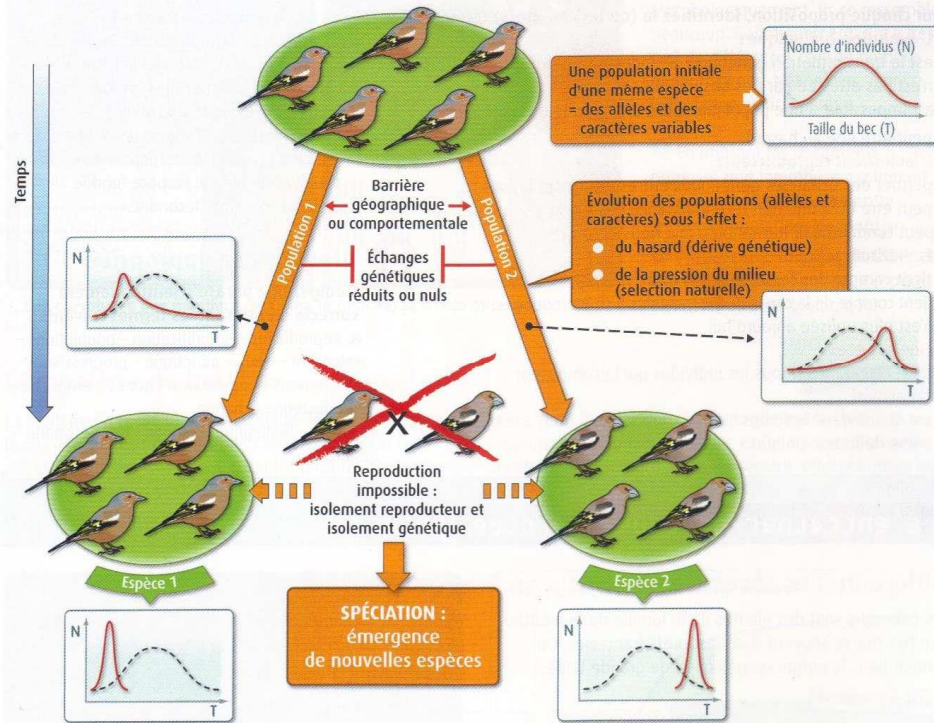
Les populations se modifient au cours du temps

- La composition génétique des **populations** (nature et fréquence des différents allèles parmi les individus de la population) peut se modifier de façon aléatoire de génération en génération. Ainsi:
 - lors de la reproduction, le tirage au sort aléatoire des gamètes à l'origine du zygote induit une variation aléatoire de la fréquence des allèles au fil des générations. C'est la **dérive génétique**, d'autant plus marquée que la population est petite.
 - lors d'une migration, l'isolement d'un groupe d'individus est à l'origine d'une petite population dans laquelle les fréquences alléliques sont différentes de celles de la population initiale. C'est l'effet fondateur.
- La composition génétique d'une population peut être modifiée par la **sélection naturelle** : sous l'effet de la compétition avec les autres individus et de la pression exercée par les conditions du milieu, certains individus survivent mieux que d'autres et laissent davantage de descendants. Les allèles qu'ils portent sont donc transmis de façon privilégiée à la génération suivante.
- Les modifications de la composition génétique des populations au cours du temps constituent l'évolution biologique. Ces modifications peuvent être associées à des modifications de caractères phénotypiques.

L'isolement génétique peut être à l'origine de nouvelles espèces

- Deux populations isolées par une barrière comportementale ou géographique évoluent séparément : elles accumulent des différences génétiques. Au bout d'un certain temps, il arrive que les différences soient telles que les individus d'une population ne peuvent plus se reproduire avec ceux de l'autre : il y a isolement reproducteur et donc isolement génétique (absence d'échanges d'allèles entre les populations). Chaque population forme désormais une nouvelle espèce : il y a eu spéciation.
- Une espèce peut disparaître si cet isolement génétique est rompu ou si tous les individus qui la composent disparaissent. L'existence d'une espèce est donc limitée dans le temps.
- Au cours de l'histoire des sciences, la définition de l'espèce a évolué. La **définition typologique** est fondée sur le critère de ressemblance. La **définition biologique** tient compte de l'importance de l'isolement reproducteur : elle est fondée sur le critère interfécondité.

L'émergence de nouvelles espèces



La définition de l'espèce

