

Génétique

Facteurs évolutifs et persistance des populations



BIO3515
Prof. Gabriel Blouin-Demers, PhD



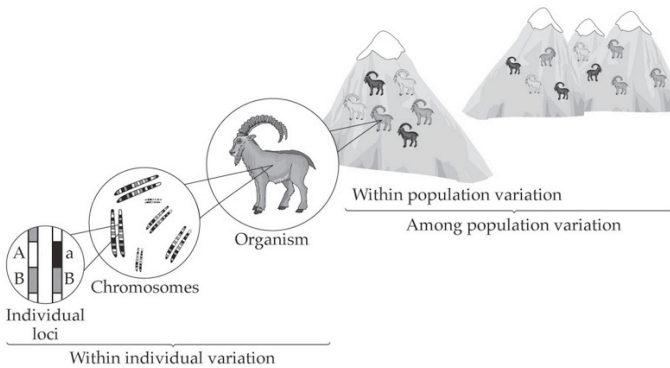
1

La diversité génétique

- La diversité génétique est la variété qui existe au niveau des gènes
- Les allèles (les variantes d'un même gène)
- Les gènes entiers (qui fixent les traits caractéristiques, par exemple la capacité à métaboliser une substance)
- Les unités plus vastes que les gènes (par exemple, la structure chromosomique)
- Elle peut se mesurer à différents niveaux:
 - Population, espèce, communauté écologique, biome, etc.

2

La diversité génétique



3

Importance de la diversité génétique

- La matière première de l'évolution
- La diversité génétique est essentielle à la survie de l'espèce
- L'hétérozygotie est positivement corrélée à l'aptitude (fitness)
- Le taux de changement évolutif qui peut s'effectuer au sein d'un groupe d'organismes dépend de la variation génétique présente dans le bassin génique ('gene pool')
- Si le but de la conservation est la persistance des espèces à long terme, la diversité génique est d'importance capitale
- La diversité génique entre toutes les espèces est importante parce qu'elle représente la maquette ('blueprint') de tous les êtres vivants

4

Facteurs évolutifs et persistance des populations

- Facteurs évolutifs vs démographiques
- Variabilité génétique et persistance à une échelle de temps évolutive
- Taille effective de la population
- Dérive génique
- Endogamie
- Immigration et variabilité génétique
- Étude de cas: Lions du cratère de Ngorongoro, Tanzanie

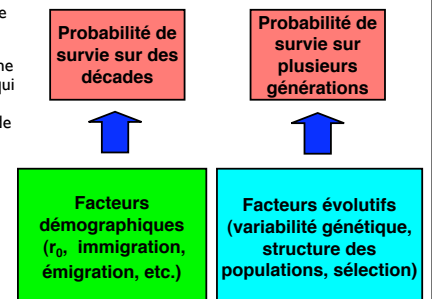


5

Persistance & extinction des populations

Il y a deux types de facteurs qui déterminent la probabilité de survie d'une population:

- *écologiques*, qui agissent sur une échelle temporelle écologique et qui impliquent principalement les caractéristiques démographiques de la population
- *évolutifs*, qui agissent sur une période plus longue (échelle temporelle évolutive), et qui impliquent les caractéristiques génétiques de la population



6

La pertinence des facteurs évolutifs

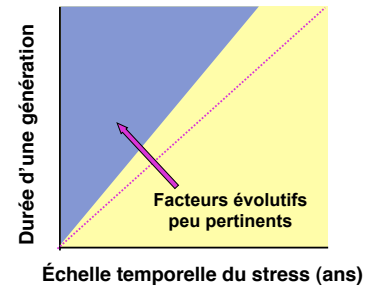
- Comme la plupart des menaces se produisent à des échelles temporelles écologiques, les facteurs évolutifs (comme la perte de diversité génétique) sont relégués au second rang
- Toutefois, les facteurs génétiques peuvent être importants s'ils peuvent agir à une échelle temporelle écologique

Yoshida et al. 2003. Rapid evolution drives ecological dynamics in a predator-prey system. Nature 424: 303-306.

7

Quand les facteurs évolutifs peuvent-ils être importants?

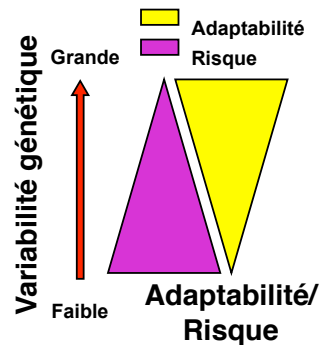
- Lorsque l'échelle temporelle caractéristique des processus évolutifs (durée d'une génération) est du même ordre ou plus petite que l'échelle temporelle du stress



8

Facteurs évolutifs

- La capacité d'une population à s'adapter (i.e répondre à une pression de sélection ou résister à une extinction déterminée) dépend de la quantité de variabilité génétique
- Donc, les facteurs qui réduisent la variabilité génétique augmentent le risque d'extinction (sur une échelle temporelle évolutive)



9

Facteurs diminuant la diversité génétique

- La dérive génique ('genetic drift')
- Endogamie ('inbreeding')
- Les goulots d'étranglement ('bottlenecks')
- Effets de fondateurs ('founders' effect')

10

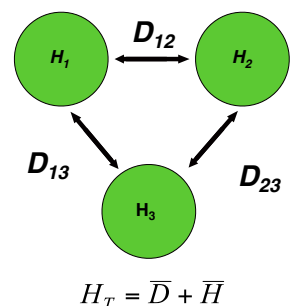
Mesures de variabilité génétique

- La variabilité génétique intra-spécifique
- Taille effective de la population (N_e)
- Hétérozygosité

11

Variabilité génétique intra-spécifique

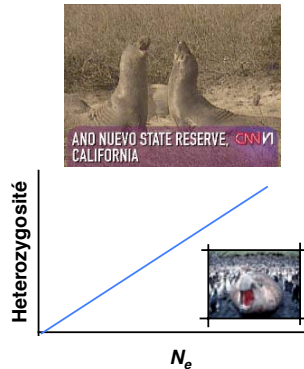
- A une composante inter-population (D) et une composante intra-population (H)
- Pour une espèce donnée, la variabilité génétique totale est la somme des deux composantes



12

Taille effective de la population (N_e)

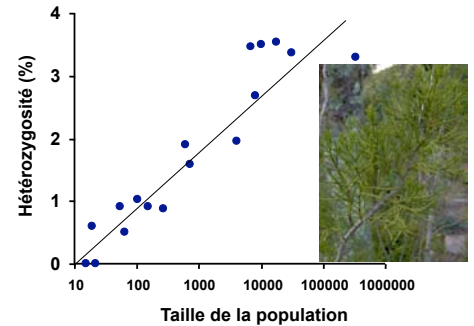
- N_e est le nombre d'individus qui transmettent des gènes à la prochaine génération
- N_e peut être beaucoup plus petit que la population totale à cause de sex-ratio inégaux, du comportement reproducteur ou autres facteurs empêchant certains adultes de se reproduire
- En général la variabilité génétique (hétérozygité) augmente avec N_e



13

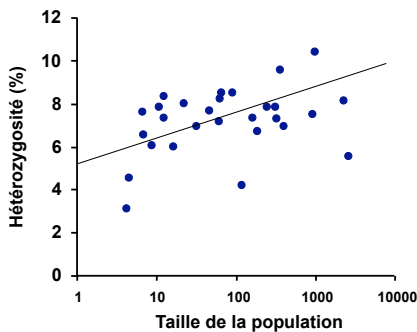
Hétérozygité et taille de la population

- Chez un conifère de NZ (*Halocarpus bidwillii*), l'hétérozygité augmente avec la taille de la population



14

Hétérozygité et N chez *Picoides borealis*



15

Dérive génique

- La dérive génique est un processus aléatoire dans lequel les fréquences des allèles chez la population change au cours du temps
- Les effets sont plus sévères chez les petites populations
- Ex: groupes sanguins, races...

16

Calculs de dérive génique

Hétérozygité H par génération = $1 / 2 \times N_e$

Proportion de la variation génique restante = $(1 - 1/2 \times N_e)^t$

N est le nombre d'individus dans la population,

t est le nombre de la génération considérée

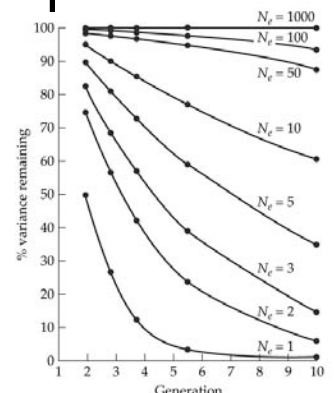
N	t	Pro. Var. Gen. restante
30000	100	0,9983
100	100	0,6058
10	100	0,0059

La population la plus petite a perdu la quasi totalité de sa variation génique

17

Variabilité génique dans les petites populations

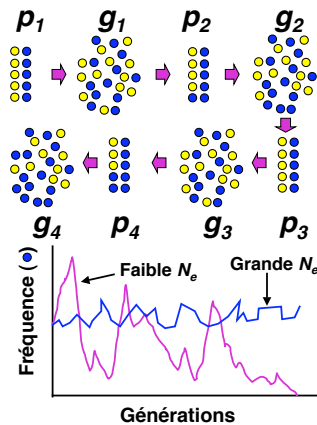
- La perte de variabilité génétique se fait plus rapidement dans les plus petites populations
- La variabilité est perdue par endogamie et dérive génique



18

Faibles N_e I: dérive génique

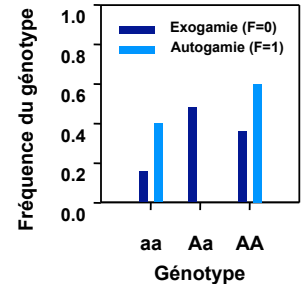
- Petits échantillons tirés d'une grande population de gamètes créent des fluctuations dans les fréquences des gènes d'une génération à l'autre, menant éventuellement à la fixation d'un allèle et l'extinction de l'autre
- Donc, la variabilité génétique diminue graduellement



19

Faibles N_e II: endogamie

- Dans les petites populations les probabilités d'accouplements consanguins sont plus grands
- Cela fait augmenter l'homozygosité et baisser l'hétérozygosité et donc la variabilité génétique



20

Endogamie: Calculs

Le coefficient d'endogamie ('inbreeding') de Wright par génération est égal à la diminution en hétérozygosité de la population à travers une génération

$$f = H_{t+1} - H_t \text{ ou } H = 1 / 2 \times N_e$$

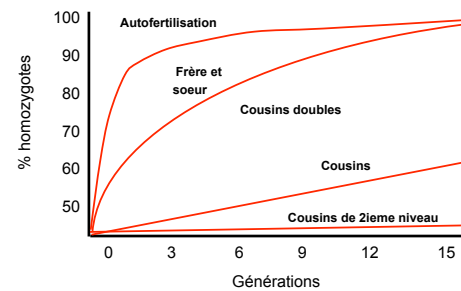
N_e est la taille effective de la population

H est l'hétérozygosité par génération

H par génération = $1 / 2 \times N_e$

21

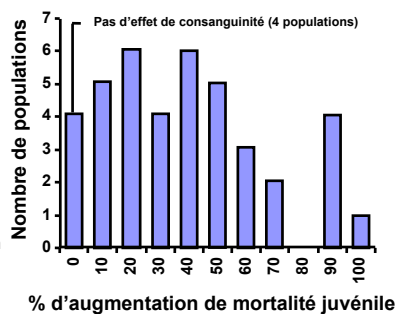
Accroissement de l'homozygosité



22

Faibles N_e III: dépression consanguine

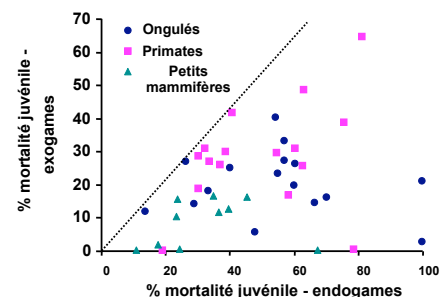
- Comme la consanguinité augmente l'homozygosité, certaines maladies congénitales qui ne se manifestent pas chez les hétérozygotes s'expriment
- Cela entraîne fréquemment une réduction de la fertilité ou une augmentation de la mortalité infantile (dépression consanguine) qui affecte le taux de croissance de la population.



23

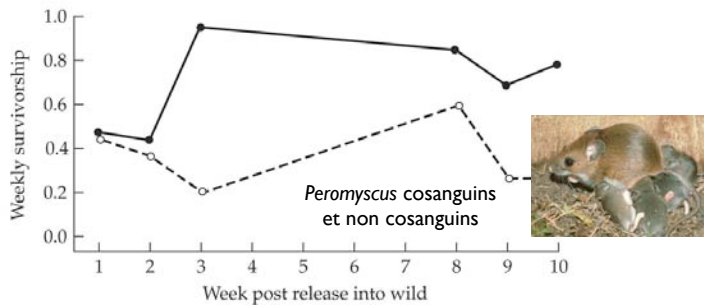
Effets de la consanguinité sur la mortalité juvénile

- Populations captives de mammifères
- Dans presque toutes les populations captives, l'endogamie fait augmenter la mortalité juvénile

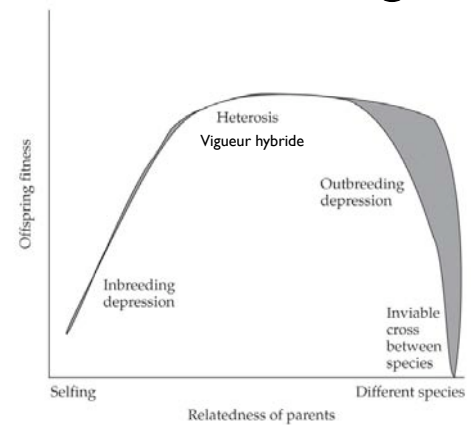


24

Effets de la consanguinité sur la mortalité juvénile

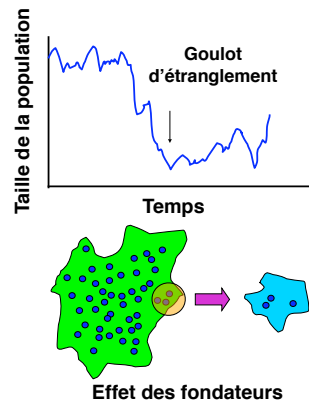


Effets de la consanguinité



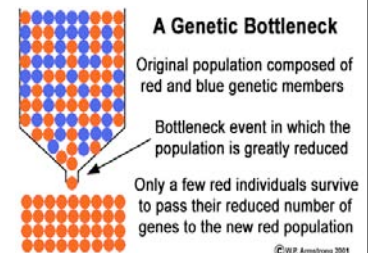
Goulots d'étranglement et effets des fondateurs

- Un *goulot d'étranglement* (*population bottleneck*) se produit lorsqu'une population subit une sévère réduction temporaire de sa taille
- Effet des fondateurs* se produit lorsqu'une nouvelle population est formée à partir de quelques individus
- Dans les deux cas, le bassin génique est grandement réduit



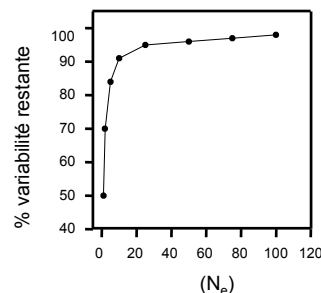
Les goulots d'étranglement

- Les traits discrets sont plus sévèrement perdus que les traits quantitatifs
- Mendélienne, ou traits discrets (contrôlés par 1 seul gène de 2 allèles)
- Quantitative, ou continue, traits influencés par plusieurs gènes

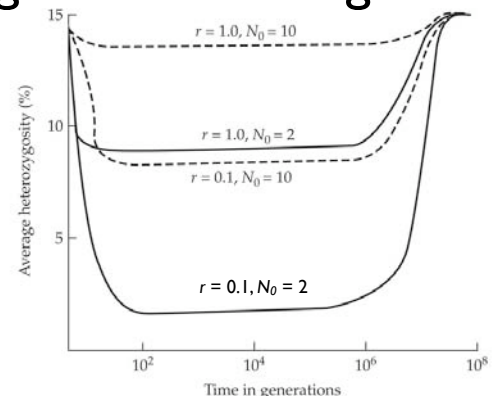


Variabilité génique lors des goulots d'étranglement

- Après un étranglement, N_e est grandement réduit et la variabilité génétique diminue à cause de la dérive génique ou l'endogamie
- Le % de variabilité originale de la population qui reste après l'étranglement diminue avec la sévérité de celui-ci

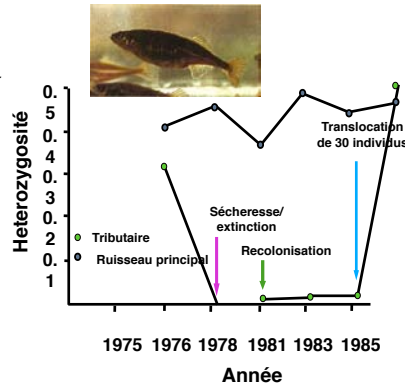


Variabilité génique lors des goulots d'étranglement



Effet fondateur chez *Poeciliopsis monacha*

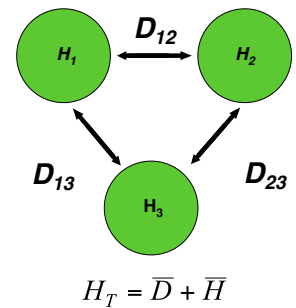
- Hétérozygotie réduite à zéro lors de l'extinction, demeure basse après la recolonisation à cause de l'effet des fondateurs, puis augmente lorsque le bassin génétique est augmenté par la translocation d'individus (immigration)



31

Immigration et variabilité génétique

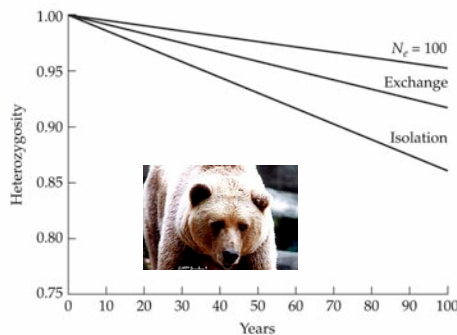
- Mouvements d'individus entre les populations tend à faire décroître la variabilité inter-population (D), mais fait augmenter la variabilité intra-population (H)



32

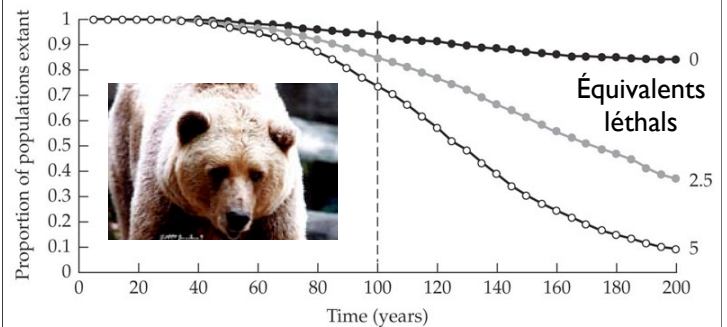
Immigration et maintien de la variabilité génétique

- Immigration de deux grizzlis chaque 10 ans (une génération) permet de réduire la perte de variabilité génétique



33

Cosanguinité et maintien de la variabilité génétique



34

Population viable minimale

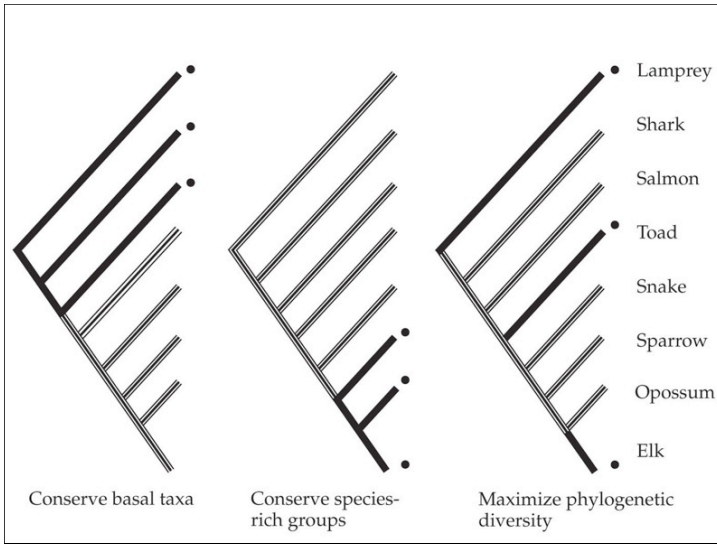
- Quelle doit être la taille minimale (effective) d'une population pour éviter son extinction?
- Soulé (1980) a fixé une valeur arbitraire maximale d'endogamie de 1% par génération. En résolvant $H = 1/2N_e$, $N_e = 50$
- Franklin (1980) a proposé que la taille minimale d'une population à long terme doit être 500 pour prendre compte de la perte de la variation génétique
- Le résultat des 2 concepts est la règle du 50/500
- Land (1995) a suggéré qu'une population (effective) de 5000 est nécessaire pour maintenir à long terme un équilibre entre les mutations et la dérive génétique

35

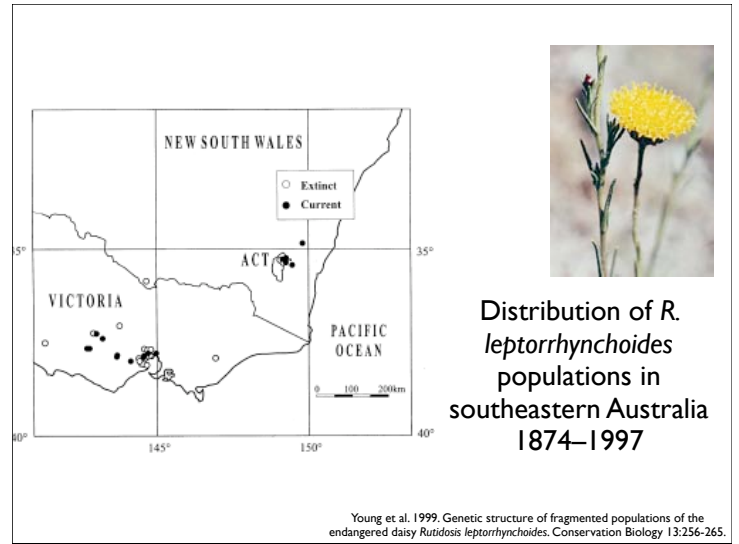
Aire dynamique minimale

- Aire d'habitat nécessaire pour maintenir la population viable minimale
- Dépend de la taille du territoire et de la qualité de l'habitat
- Petits mammifères : 100-1000 km²
- Gros carnivores : 10 000 km²

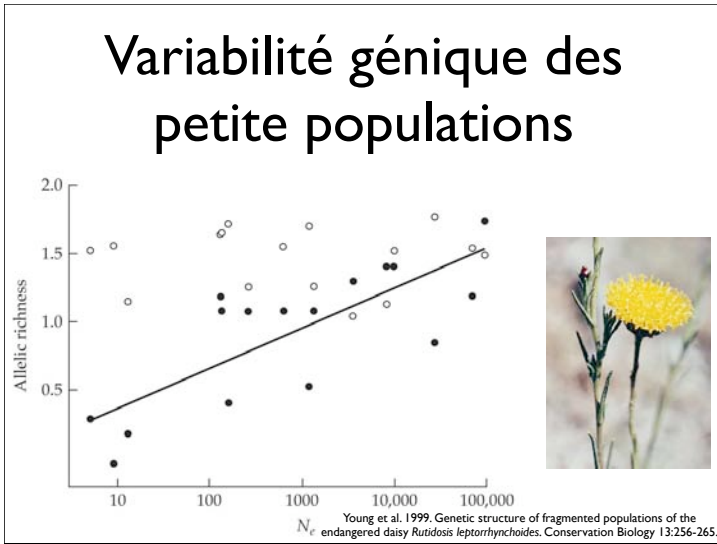
36



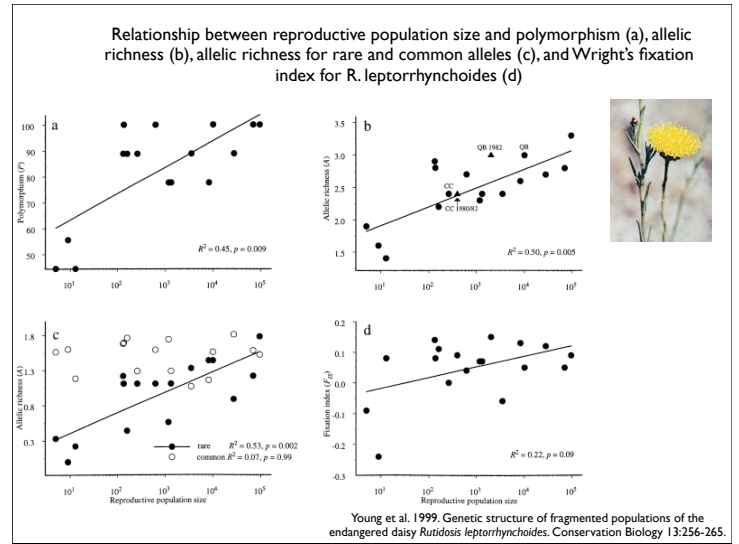
37



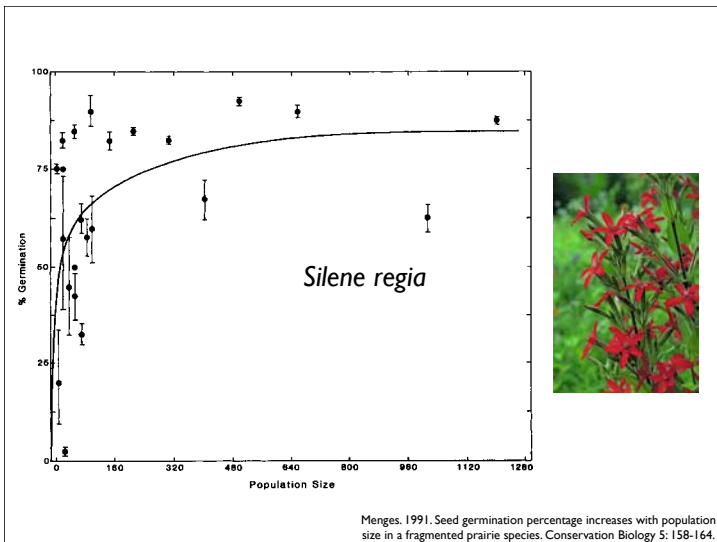
38



39



40



41



42

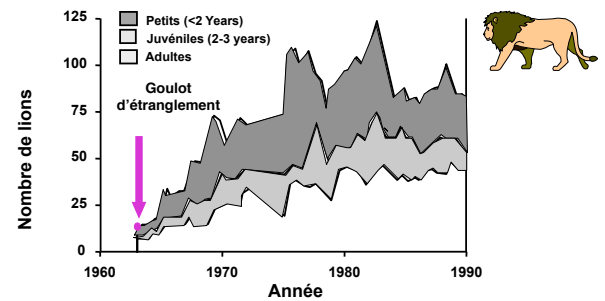
Historique de la population du cratère

- En 1962, la population de plus de 60 adultes est décimée par une épidémie de mouches piqueuses, une douzaine d'individus survivent
- 4 femelles survivantes s'accouplent avec 7 mâles immigrants
- Pas d'immigration depuis le goulot d'étranglement
- 5 des 6 groupes de lions actuels sont des descendants directs des 11 adultes originaux, évidences très claires de consanguinité



43

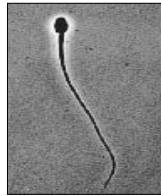
Populations des lions de Ngorongoro



44

État actuel

- Présentement, les mâles ont une forte fréquence de spermatozoïdes non fonctionnels
- Au cours des 8 dernières années, cela a causé un déclin du succès de reproduction
- Niveaux actuels de variabilité génique sont bas
- Les lions de Ngorongoro ont une forte probabilité de disparaître



45