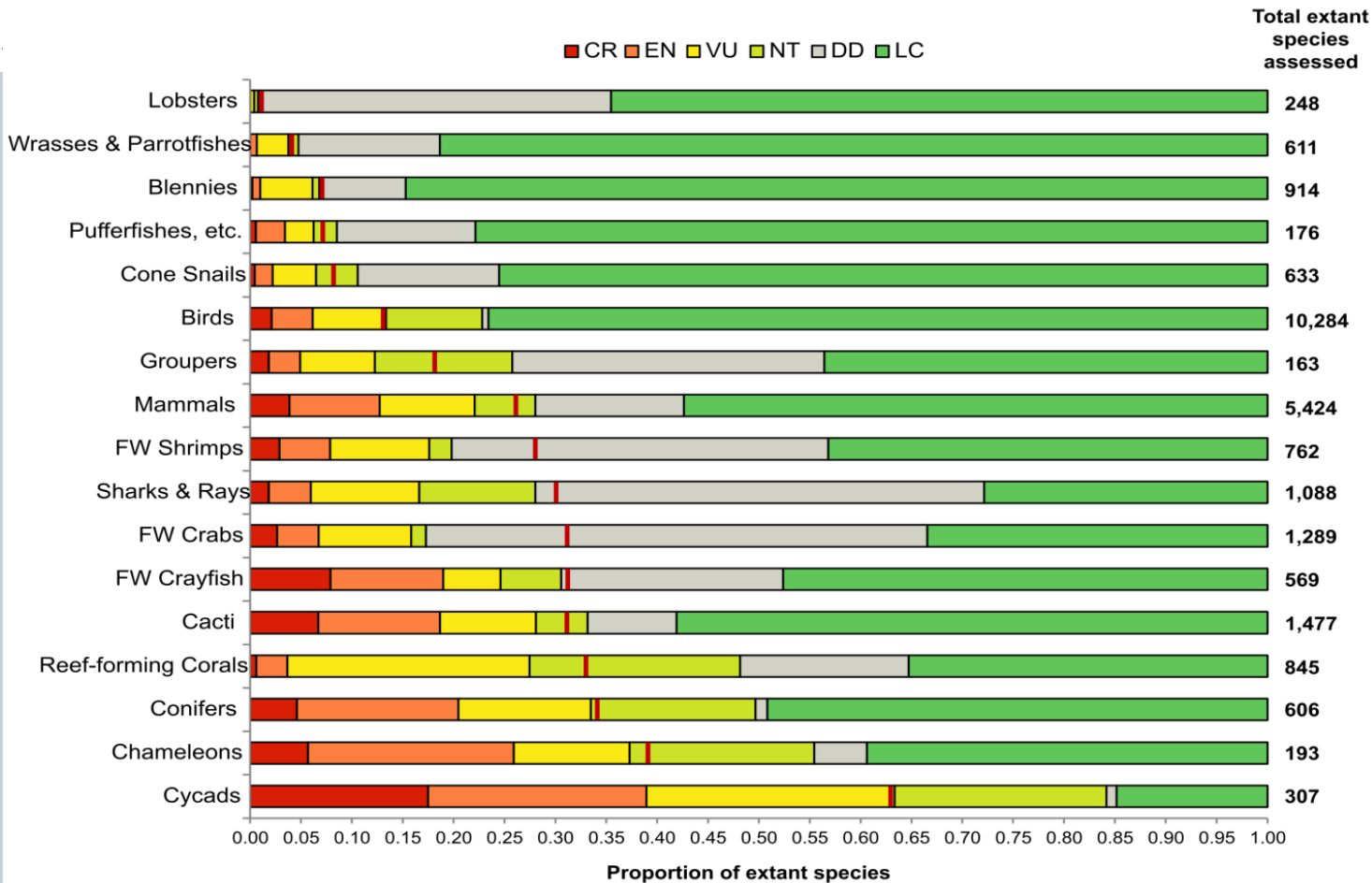


Taille efficace et conservation des populations sauvages



E. BAUDRY
Université Paris Sud
Laboratoire Ecologie, Systématique et
Evolution

Conservation des populations sauvages



Proportion of extant species in *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4* assessed in each category for the more comprehensively assessed groups.

Conservation des populations sauvages

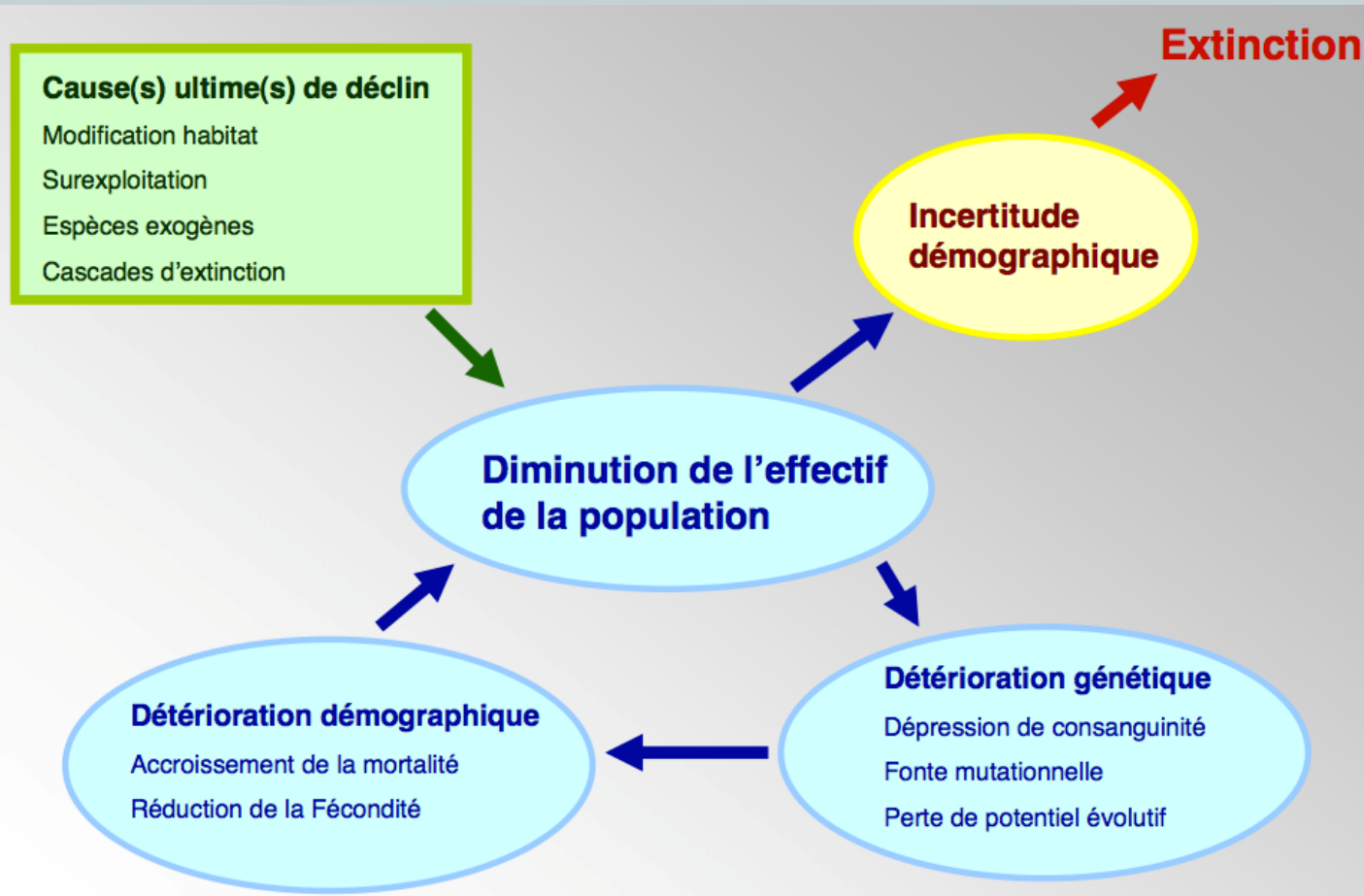


“Conservation biology is a crisis discipline requiring urgent management for threatened species often with inadequate information” (Soulé, 1985).

Conservation des populations sauvages



- Vortex d'extinction (Gilpin and Soulé, 1986)

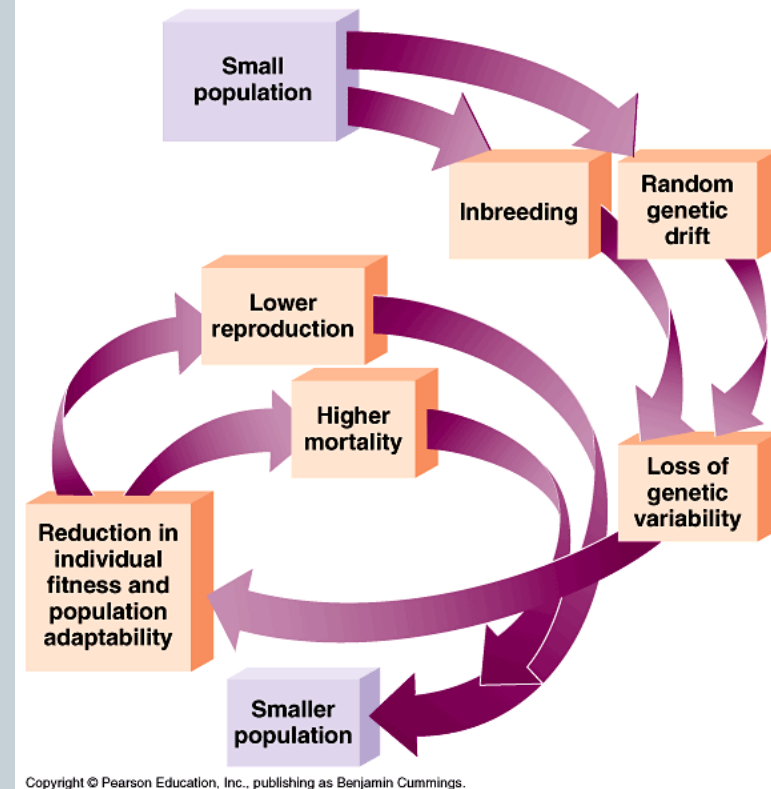


A. Robert
2011

Conservation des populations sauvages



- Vortex d'extinction (Gilpin and Soulé, 1986)
- Si une population reste longtemps à très petit effectif, une détérioration génétique s'installe et même si les menaces initiales sur la population disparaissent, cette détérioration va persister.
- Une restauration génétique peut être possible, uniquement s'il existe d'autres populations de la même espèce.
- **Il est particulièrement important de maintenir des effectifs suffisants au niveau des espèces pour éviter le vortex d'extinction.**



Conservation des populations sauvages



- Que faire quand une population semble menacée?
 - Diminuer ou supprimer les perturbations ayant causé le déclin de la population!
 - Diagnostiquer les éventuels problèmes génétiques.
 - Si nécessaire, restauration génétique.

Conservation des populations sauvages



- **Diagnostic génétique**
 - Comment mesurer l'effectif efficace et la viabilité des populations sauvages?
 - Quelle valeur seuil retenir?
- **Que faire quand une valeur inférieure à la valeur seuil est observée?**
- **Deux études de cas**
 - La « panthère » de Floride.
 - Les écureuils roux du parc de Sceaux

Mesurer N_e chez les populations sauvages



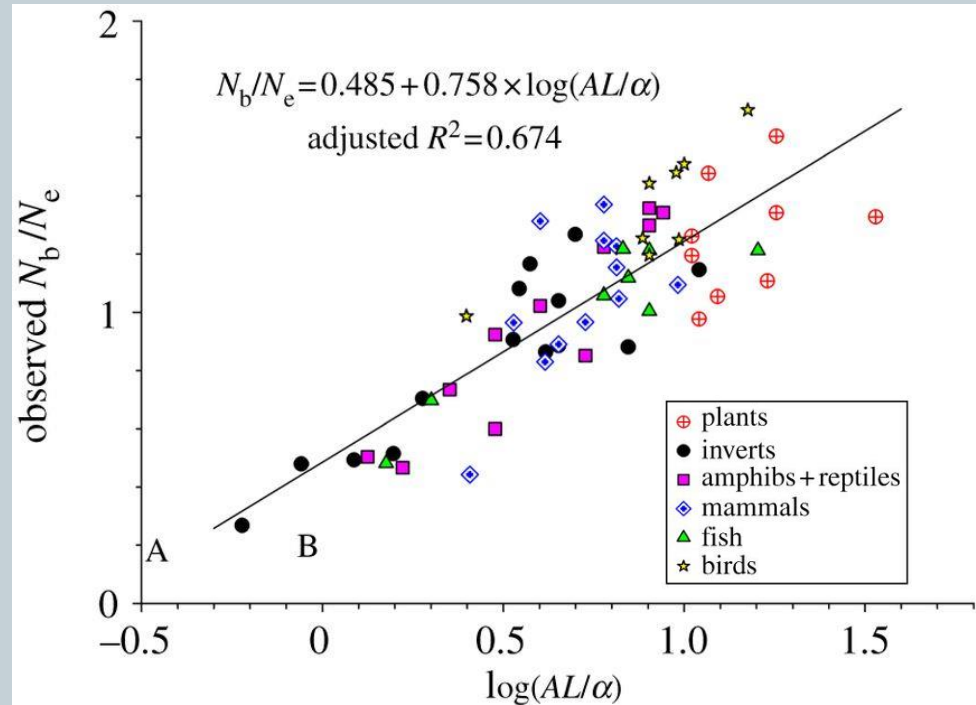
- **Mesurer N_e à partir de données démographiques** si on connaît le nombre d'individus qui se reproduisent mais rarement possible.
- **Extrapoler N_e à partir de N :**
- N_e / N : 0.10–0.14 (Frankham, 1995; Palstra and Ruzzante, 2008; Palstra and Fraser 2012)
- Mais « the actual N_e/N value in a particular population or species differs tremendously depending upon demography and life history. » Jamieson and Allendorf (2012).
 - N_e/N was much lower ($2 \cdot 10^{-5}$) in highly fecund exploited fish compared to other species
- → est-ce une méthode valable?

Mesurer N_e chez les populations sauvages



● Extrapoler N_e à partir de N :

- Up to half the variance in single generation N_e/N is explained by age at maturity and adult lifespan (Waples et al. 2013)
- → possibility of providing more precise extrapolations from N_e to N than possible previously



Regression (solid line) of N_b/N_e and the \log_{10} of the ratio of adult lifespan to age at maturity (AL/α) for 63 species

Mesurer N_e chez les populations sauvages



- A partir de données génétiques (microsatellites le plus souvent)
- Mesures successives dans le temps (échantillons temporels)
 - e.g. Wang, J., & Whitlock, M. C. (2003). Estimating effective population size and migration rates from genetic samples over space and time. *Genetics*, 163(1), 429-446.
- Un seul échantillon
 - e.g. Waples, R. S., & Do, C. H. I. (2008). LDNE: a program for estimating effective population size from data on linkage disequilibrium. *Molecular ecology resources*, 8(4), 753-756.

Valeurs seuils



- Recommandations souvent utilisées :
- **Pour éviter la dépression de consanguinité à court terme** (≈ 5 générations), il faut :
- $N_e > 50$ (Franklin, 1980; Soulé, 1980), from the opinion of animal breeders and limited data from domestic and laboratory animals.
- $N_e > 100$ (Frankham et al. 2014) if a 10% decline in fitness is acceptable (based on 10-15 lethal equivalent)

Valeurs seuils

recommandations souvent utilisées :



- “The genetic diversity underlying the quantitative variation in reproductive fitness is the raw material for adaptive evolution through natural selection. Loss of this class of genetic variation reduces the capacity of populations to evolve in response to environmental change.” (Frankham et al. 2014)
- Pour **maintenir le potentiel évolutif à long terme (indéfiniment!)**, il faudrait :
- $N_e > 500$ (Franklin, 1980), based on equilibrium mutation and genetic drift for a quantitative trait either neutral or subject to stabilising selection.
- $N_e > 1000$ (Frankham et al. 2014), maintenance of genetic diversity for reproductive fitness,

Comment restaurer les petites populations souffrant de consanguinité et ayant très peu de variabilité génétique?



- «Sauvetage génétique » :
 - rétablir ou établir des flux génétiques grâce à des individus provenant d'autres populations, d'autres sous-espèces, voire d'autres espèces.
 - en favorisant la connectivité naturelle ou bien par translocation d'individus
- Une stratégie souvent efficace (Frankham 2015, méta-analyse):
 - Beneficial effects in 92.9% of 156 cases screened as having a low risk of outbreeding depression (same species, no fixed chromosomal differences, adapted to similar environments and gene flow within the last 500 years).
 - Median increase in composite fitness 148% in stressful environments and 45% in benign ones.
- Mais très peu employée
 - outbreeding depression/upsetting local genetic adaptation/local purity and provenance
 - risks of disease, pest and parasite spread
 - disrupting social systems in some animals
 - lack of clear guidelines
 - moving biological material across political jurisdictions, regulatory barriers, costs

Sauvetage génétique : Le cas de la Panthère de Floride



Panthère de Floride



- La panthère de Floride : une population de puma menacée (*Puma concolor*), qui vit dans les forêts et les marais du sud de la Floride.
- Principales causes de mortalité : les collisions avec les voitures et les agressions territoriales entre panthères.
- Mais menace principale pour la population : dégradation, fragmentation et perte de son habitat
- Diminution forte des populations à partir de 1900 environs
- 1967 : considérée comme en danger au niveau fédéral



Aire de répartition du
puma en 2011

Sauvetage génétique : Le cas de la Panthère de Floride



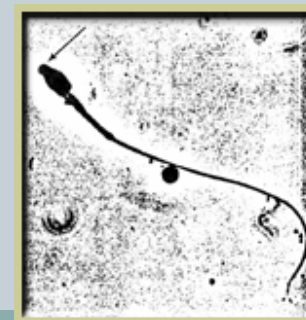
- La population présente une variabilité génétique extrêmement faible :
 - Données microsatellites : étude de 31 populations de en A. du nord et du sud → la panthère de Floride présente les valeurs les plus faibles (Culver et al. 2000)
 - La variabilité génétique a diminué depuis 1890–1920 (études sur des spécimen de musée).
- Et semble présenter une consanguinité importante :
 - Queue cassée très fréquente, associés avec la consanguinité
 - Infections et parasitisme fréquent
 - Très faible qualité du sperme, cryptorchidie très fréquente (56%, versus 4% dans les autres populations de puma)
 - Malformations cardiaques fréquentes



Panthère atteinte de teigne



good



Bent acrosome



Mid-piece constricted

Sauvetage génétique : Le cas de la Panthère de Floride



- **Que faire?**
- **1981** : premier plan de sauvetage de la panthère de Floride
- **1989** : Etablissement du « Florida Panther National Wildlife Refuge » (8 000 ha) et du “Corkscrew Regional Ecosystem Watershed (CREW Trust)” (20 000 ha)
- **1990** : il reste 20-25 adultes
- Analyses de viabilité de la population :
 - la population va décliner de 5-10% par an → extinction d’ici 24-63 ans en l’absence d’intervention
- → nécessité d’une intervention
- **1994** : le U.S. Fish and Wildlife Service approuve un plan pour la restauration génétique de la panthère de Floride



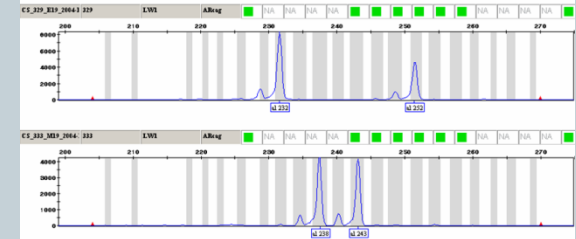
Sauvetage génétique : Le cas de la Panthère de Floride



- **1995** : 8 puma femelles de 2-3 ans provenant du Texas sont relâchées en Floride du sud dans des territoires vacants
- **2010** : Achèvement de l'étude pour déterminer l'efficacité du plan de restauration



- 591 individus échantillonnés entre 1978 et 2009
- 23 locus microsatellite pour reconstituer les relations de parenté
- Mesures de la démographie, de la morphologie et des traits d'histoire de vie
- Ne estimé grâce aux effectifs de mâles et femelles reproducteurs



Johnson, et al. (2010). Genetic restoration of the Florida panther. *Science*, 329(5999), 1641-1645.

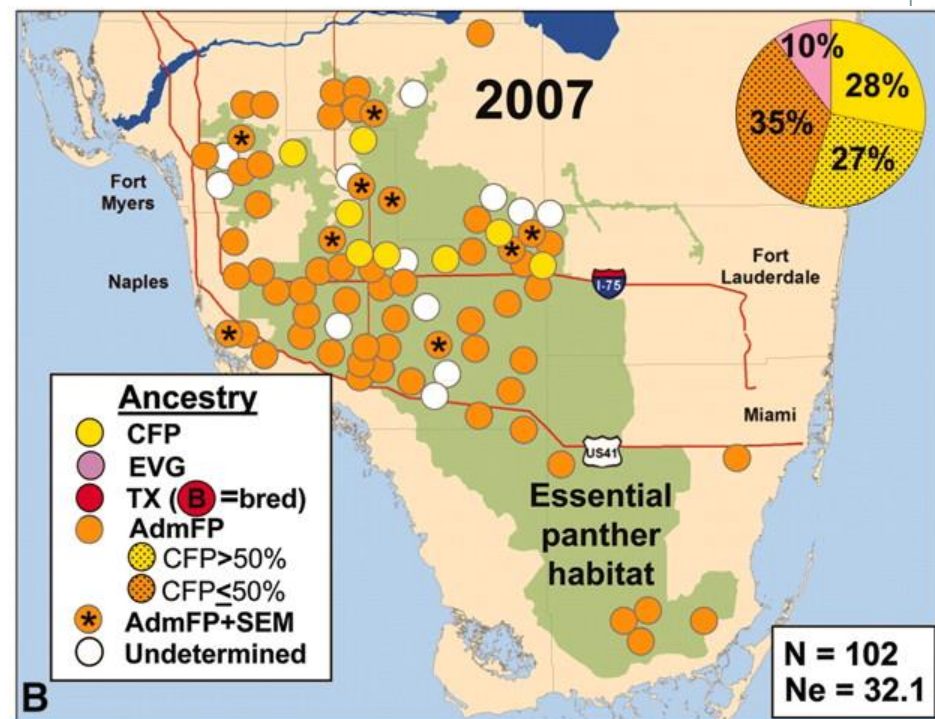
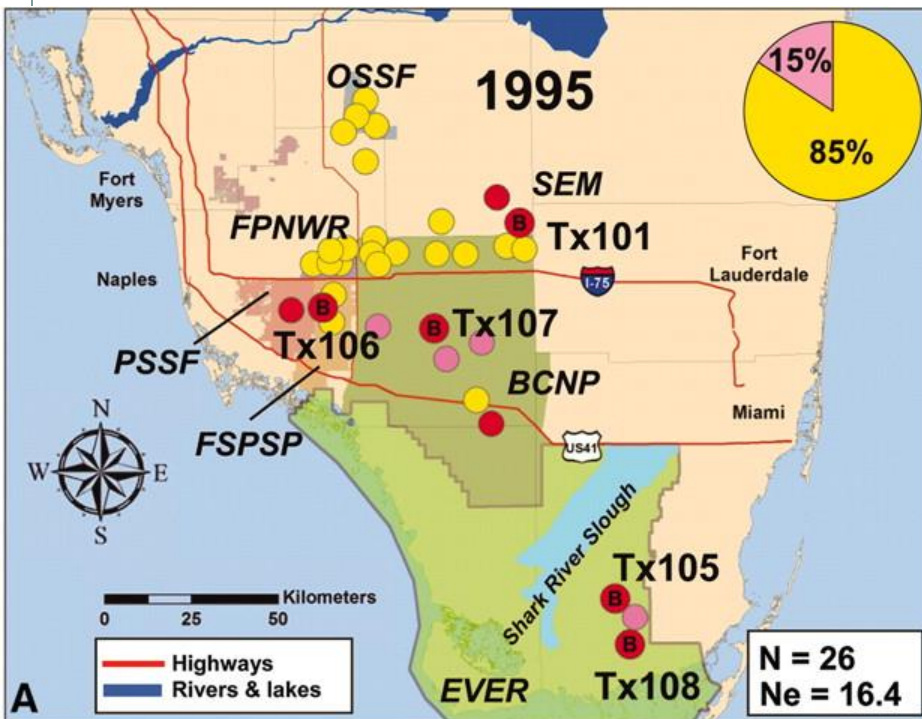
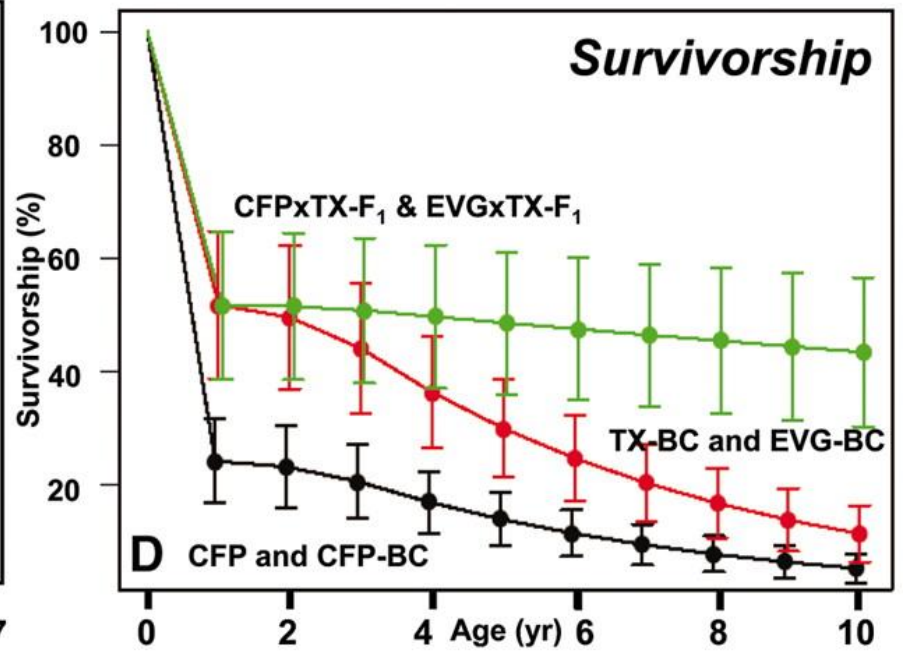
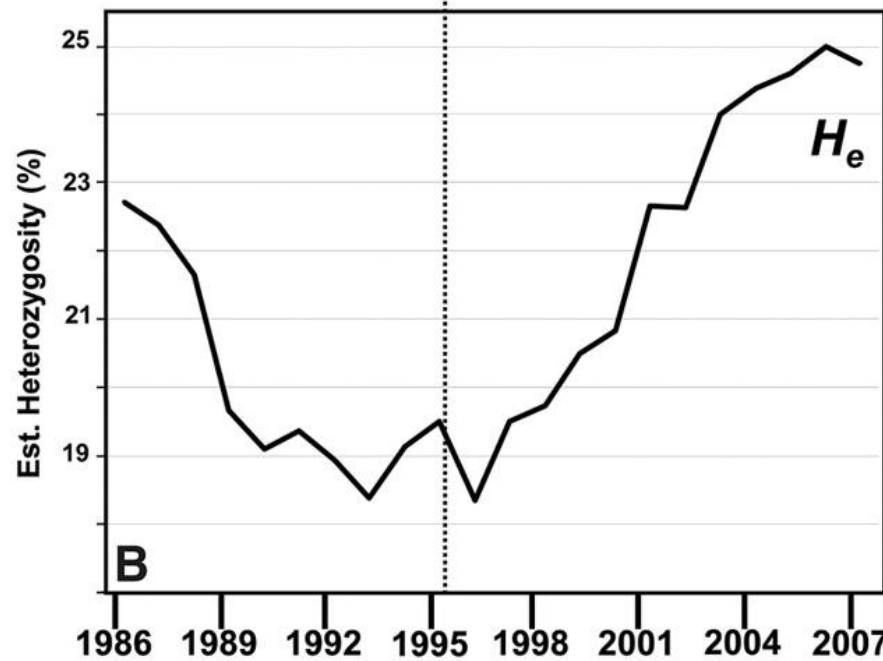
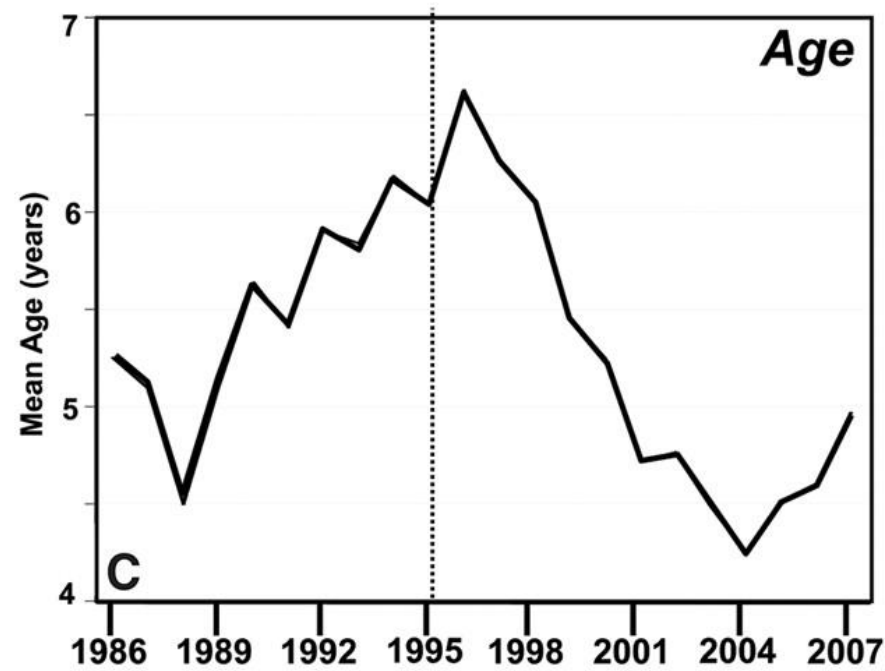
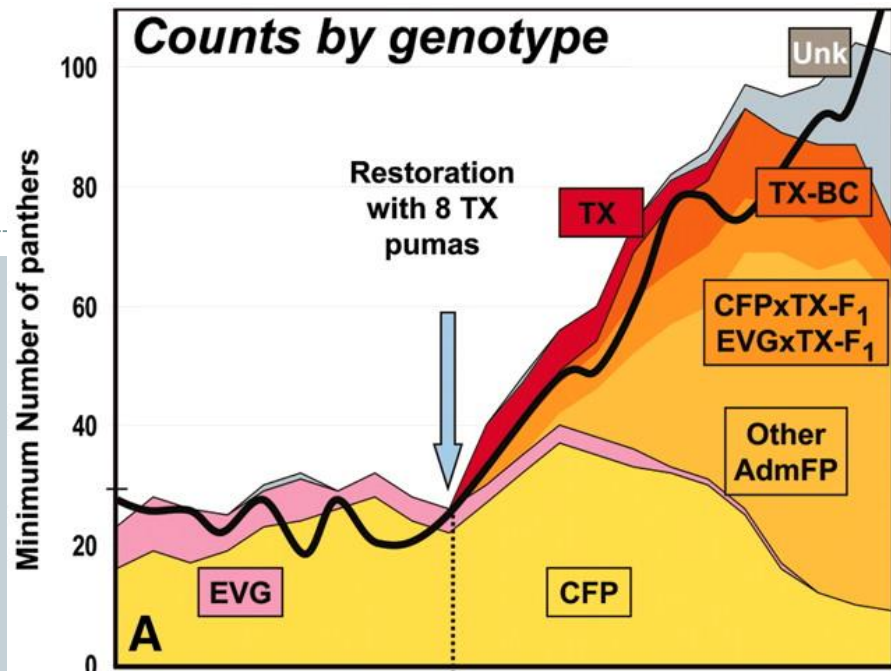


Fig. 1. (A and B) Southern Florida (1995, left; 2007, right) with locations of breeding-age Florida panthers (>1.5 years old), geographic features, number (N) alive, and effective population size (N_e). Labeled colored areas in (A) demarcate public land (23): Fakahatchee Strand Preserve State Park (FSPSP), Picayune Strand State Forest (PSSF), Florida Panther National Wildlife Refuge

(FPNWR), BCNP, Big Cypress Seminole Indian Reservation (SEM), Okaloacoochee Slough State Forest (OSSF), and Everglades National Park (EVER) and in (B) show panther habitat. Circles are coded by ancestry: CFP, TX females (with a B if a successful breeder), EVG, AdmFP, and SEM. Pie charts illustrate the genetic heritage of the population (fig. S1 and table S2) (13).



Sauvetage génétique :

Le cas de la Panthère de Floride

- L'objectif du plan était d'améliorer la taille de la population et sa viabilité en augmentant la variabilité génétique.
- L'objectif semble avoir été atteint :
 - La population a plus que triplé
 - Sa variabilité génétique a augmenté
 - Les défauts congénitaux sont beaucoup moins nombreux
 - La survie des animaux a augmenté : la population est passée d'un déclin de 5% par an à une augmentation de 4% par an environs.
- La réussite du plan a été favorisée par les nombreuses mesures prises par le gouvernement américain, celui de la Floride, ainsi que des groupes privés :
 - Actions légales (Endangered Species Act)
 - Acquisition et protection de >120,000 ha d'habitat
 - Modification de la gestion des proies
 - Construction de tunnels sous l'autoroute pour éviter les collisions avec les véhicules



Sauvetage génétique : Le cas de la Panthère de Floride



- Mais le plan a été beaucoup critiqué :
 - La panthère de Floride n'aurait pas été en danger
 - “swamping of the Florida panther ancestry”
- La population reste beaucoup trop petite pour maintenir son potentiel évolutif.
- Comment la gérer dans le futur?



Une population d'écureuils roux (*Sciurus vulgaris*) peut-elle être viable au sein d'un parc urbain ?



Célia REZOUKI

Jean-Louis Chapuis (CESCO, MNHN)
Emmanuelle Baudry (ESE, UPSUD)

Essor de l'urbanisation



- Modification extrême de l'occupation des sol
- Destruction et fragmentation des habitats
- Extinction locale d'espèces natives

- **Les parcs urbains**, refuges potentiels pour de nombreuses espèces
- Mais populations urbaines de petites tailles et isolées
- **Quelle est la viabilité de ces populations urbaines?**

McKinney et al., 2002; Shochat et al., 2006

Cornelis and Hermy, 2004;
Alvey, 2006

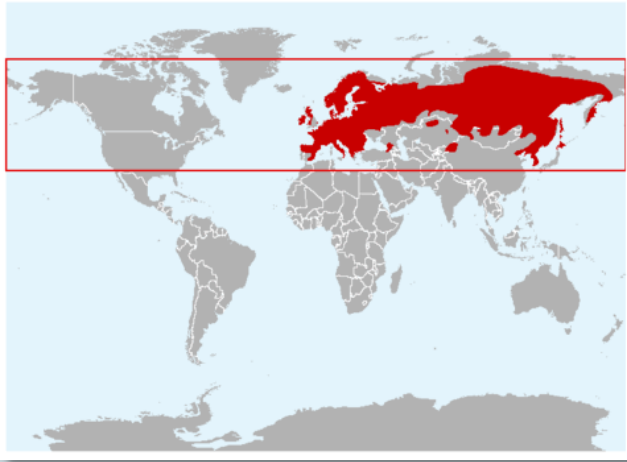


Etude de cas : les écureuils du
parc de Sceaux



L'écureuil roux

Sciurus vulgaris



Espèce protégée
Depuis 1976 en France,
et 1979 en Europe



Destruction et fragmentation de ses habitats

(Koprowski et al., 2005)

Prédation



Collisions sur les routes

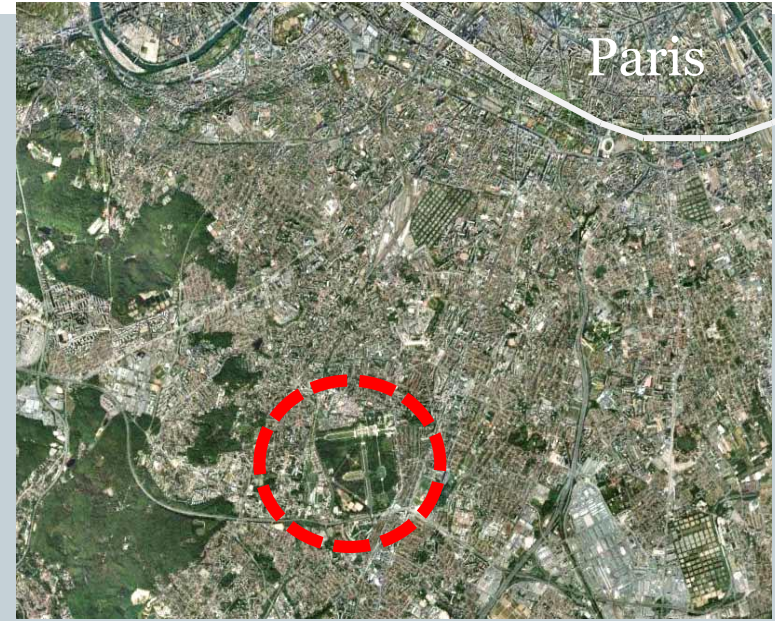


Exclusion compétitive



Site d'étude : Parc de Sceaux (184 ha)

- **Entouré d'une matrice urbaine dense**
- A 1 km du fragment forestier le plus proche



- Intense fréquentation par le public : 2 millions de visiteurs par an
- Intense activité de nourrissage



Analyse de la viabilité de la population



Logiciel VORTEX (Lacy et al., 2009)

**Facteurs
déterministes**

+

**Facteurs
stochastiques**

(Démographique, environnemental,
génétique)



**Projection de la
dynamique de la
population**



**Estimation du risque
d'extinction de la
population**

Analyses démographiques
(CMR, distance sampling)
Analyses génétiques
(marqueurs microsatellites et
mtDNA)

→ **Projection des scénarios
sur 20 ans**

Résultats et conclusion



- L'effectif de la population est assez élevé : 100-120 (nourrissage)
 - La variabilité génétique est élevée et l'effectif efficace de
 - → La viabilité de la population est bonne (probabilité d'extinction à 20 ans $< 0,1$ pour des paramètres démographiques réalistes).
 - Mais la persistance à long terme nécessite des flux génétiques.
-
- Ce parc urbain semble un bon refuge pour l'écureuil roux.
 - Mais nécessité de maintenir et de renforcer les corridors écologiques.
 - Qu'en est-il des parcs urbains en général?



- « Although genetic issues are of critical importance, there has been limited application of genetics in the practical management of threatened taxa in natural populations. »