

# Indices de diversité génétique : Introduction générale

Séminaire du Réseau des Ressources  
Génétiques Animales  
12-13 Mai 2016

Gwendal Restoux

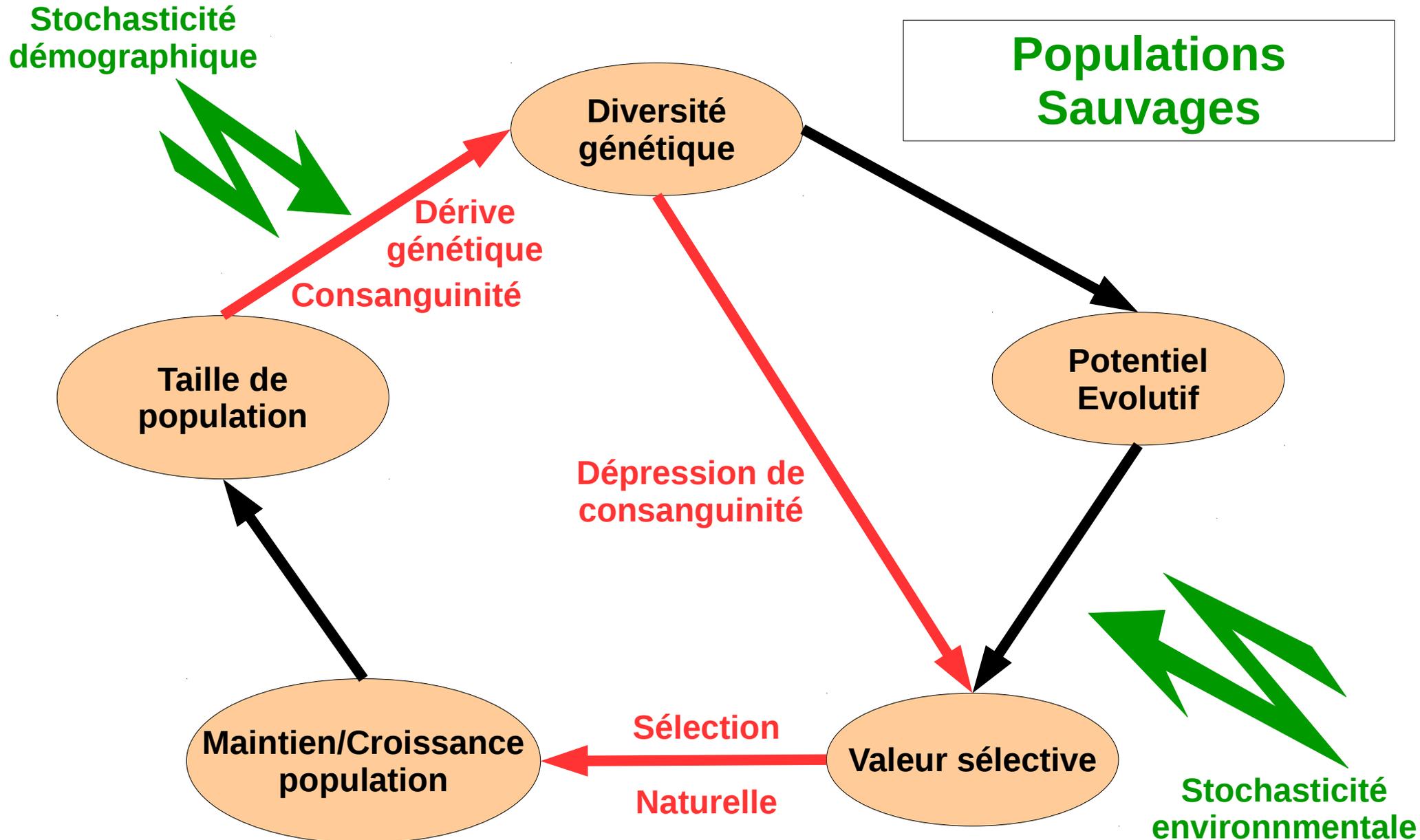
AgroParisTech, INRA, GABI, PSGen – Jouy en Josas

Le Réseau des Ressources Génétiques Animales **R2GA**

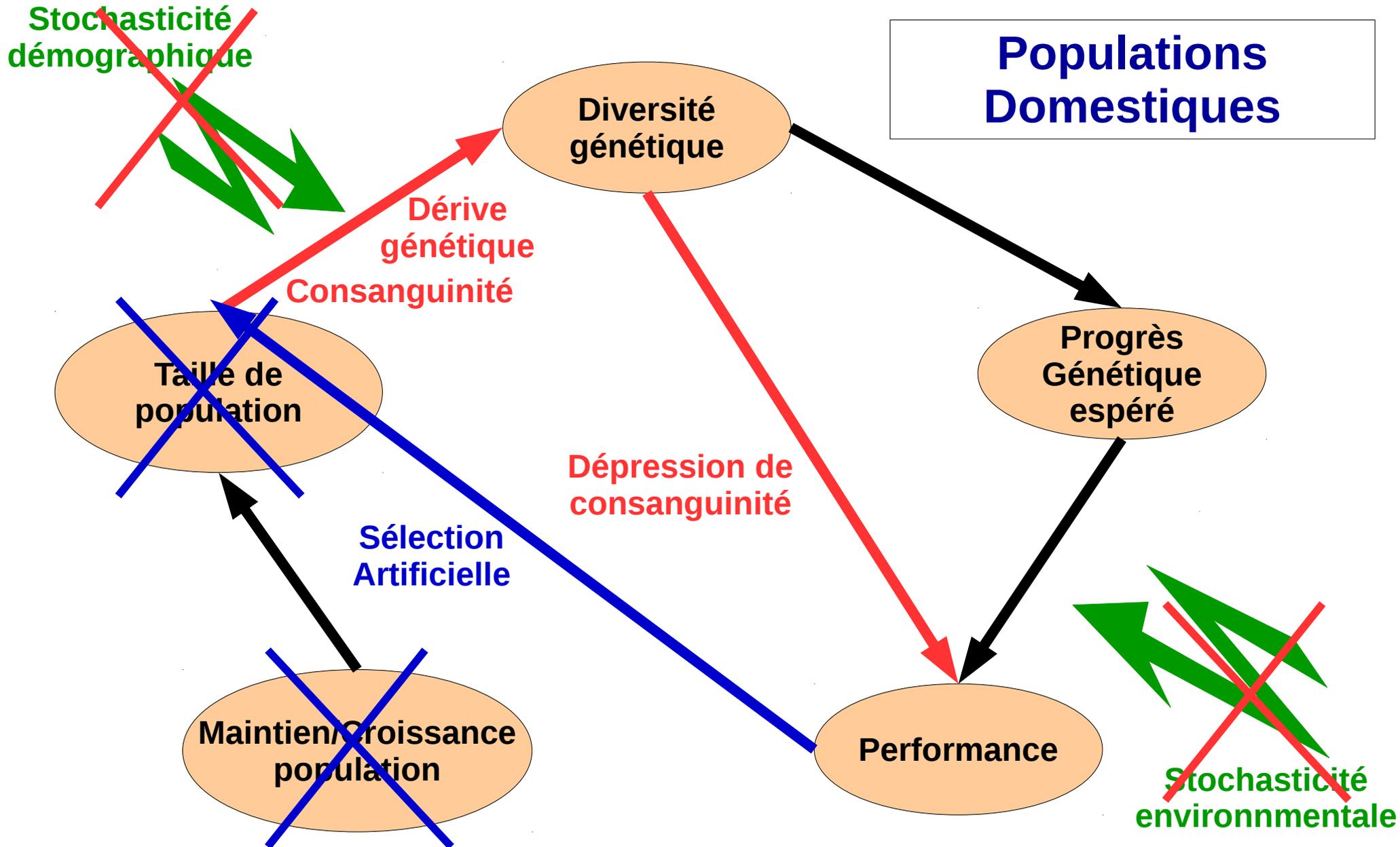


**Quel rôle pour la diversité  
génétique ?**

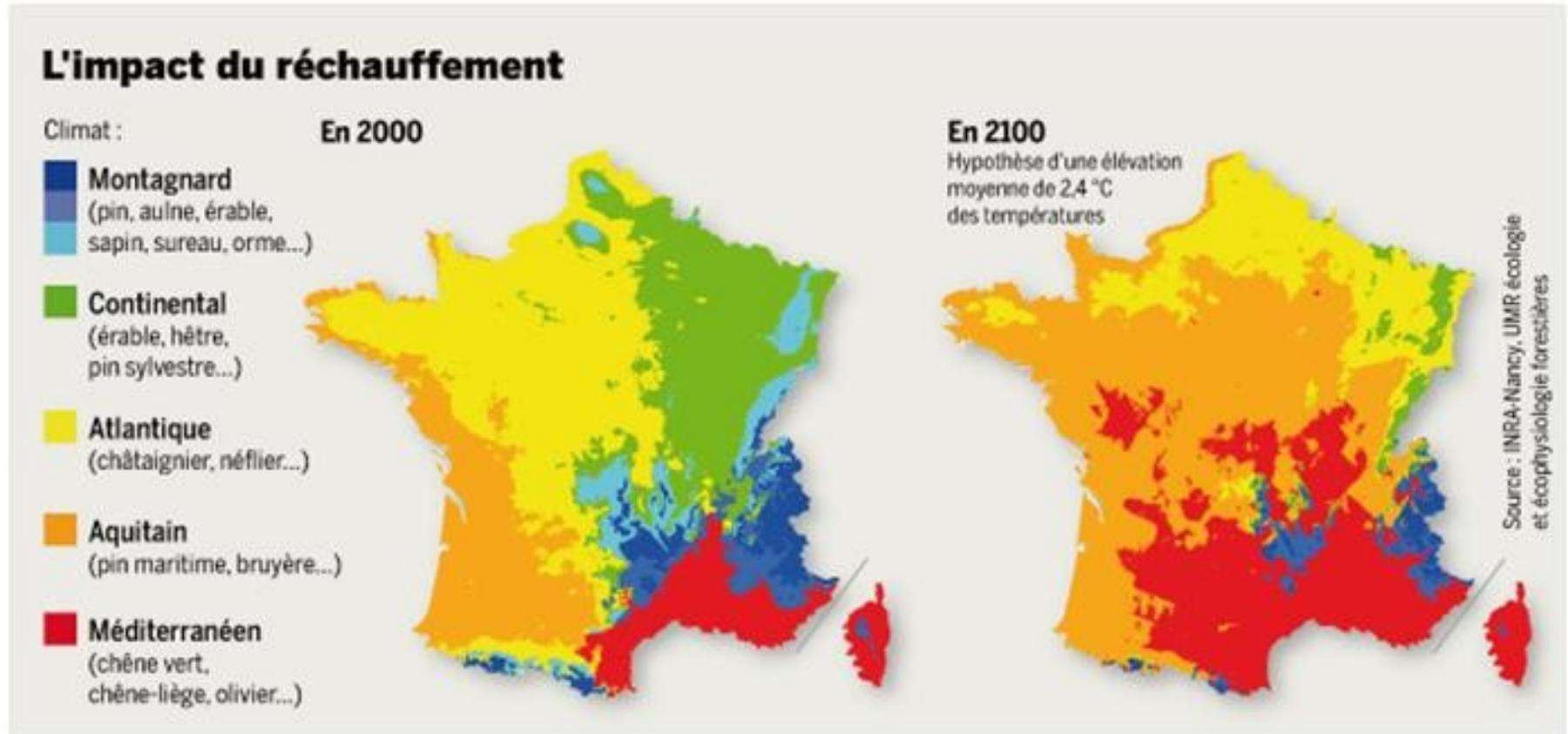
# Conserver la diversité génétique



# Conserver la diversité génétique



# Contexte

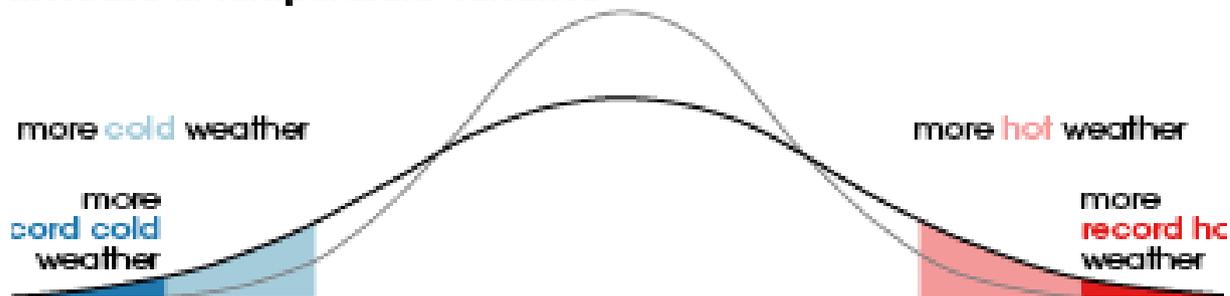


# Contexte

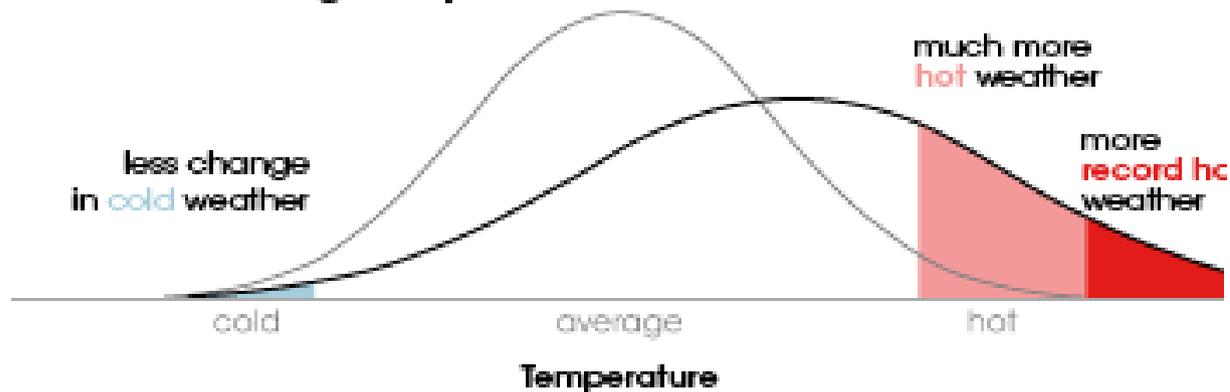
## Increase in Average Temperature



## Increase in Temperature Variance



## Increase in Average Temperature and Variance



# Contexte

- **Changement de l'environnement**
  - Modification de la sélection
- **Augmentation de la stochasticité environnementale**
  - Milieu / ressources variables dans le temps

**Nécessité de conserver la diversité  
génétique**

# Ressources Génétiques

Une ressource génétique est le matériel d'origine végétale, animale, microbienne ou autre contenant des **unités fonctionnelles de l'hérédité**, ayant une **valeur effective ou potentielle**.

Les ressources génétiques peuvent provenir de formes **sauvages**, de la faune **domestiquée** ou de flores **cultivées**.

Elles peuvent soit être prélevées ***in situ*** ..., soit se trouver ***ex situ***... sous forme d'**organismes entiers** ou d'**échantillons** (semences, gènes, etc.).

**Evaluation des ressources  
généétiques :  
Quels indices ?**

# Indices intégrés

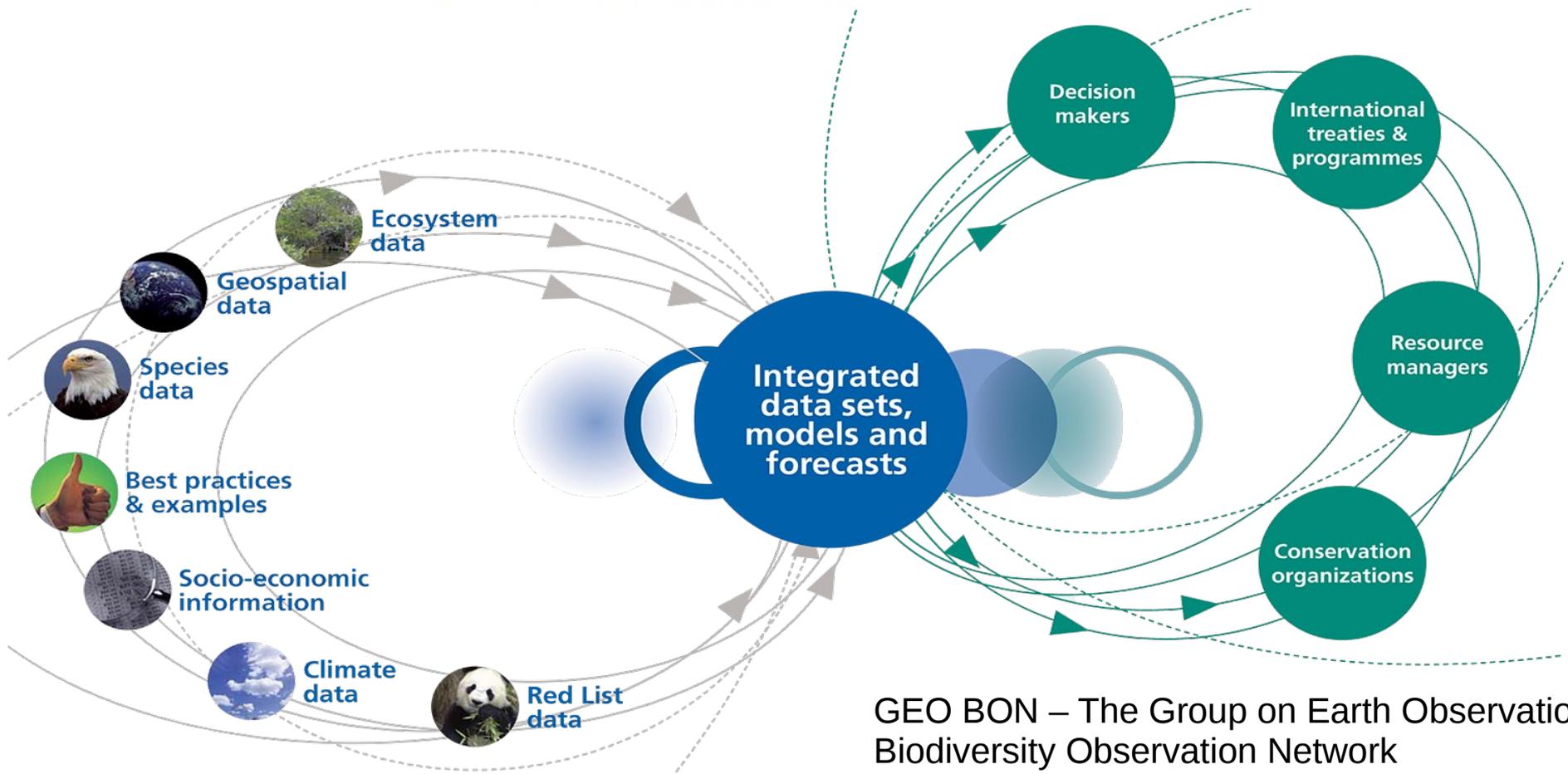
ECOLOGY

## Essential Biodiversity Variables

H. M. Pereira,<sup>1\*</sup>† S. Ferrier,<sup>2</sup> M. Walters,<sup>3</sup> G. N. Geller,<sup>4</sup> R. H. G. Jongman,<sup>5</sup> R. J. Scholes,<sup>3</sup>  
M. W. Bruford,<sup>6</sup> N. Brummitt,<sup>7</sup> S. H. M. Butchart,<sup>8</sup> A. C. Cardoso,<sup>9</sup> N. C. Coops,<sup>10</sup> E. Dulloo,<sup>11</sup>  
D. P. Faith,<sup>12</sup> J. Freyhof,<sup>13</sup> R. D. Gregory,<sup>14</sup> C. Heip,<sup>15</sup> R. Höft,<sup>16</sup> G. Hurtt,<sup>17</sup> W. Jetz,<sup>18</sup> D. S. Karp,<sup>19</sup>  
M. A. McGeoch,<sup>20</sup> D. Obura,<sup>21</sup> Y. Onoda,<sup>22</sup> N. Pettorelli,<sup>23</sup> B. Reyers,<sup>24</sup> R. Sayre,<sup>25</sup>  
J. P. W. Scharlemann,<sup>26,27</sup> S. N. Stuart,<sup>28</sup> E. Turak,<sup>29</sup> M. Walpole,<sup>26</sup> M. Wegmann<sup>30</sup>

A global system of harmonized observations is needed to inform scientists and policy-makers.

Science, 2013

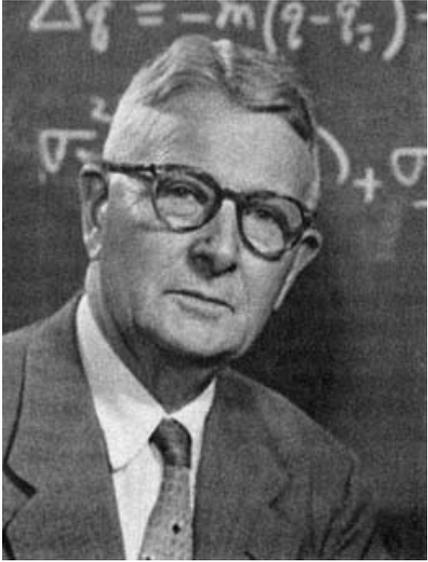


GEO BON – The Group on Earth Observations  
Biodiversity Observation Network

# Les Variables Essentielles de Biodiversité

EBV Class	EBV	Measurement and scalability	Temporal sensitivity
Genetic composition	Co-ancestry	Pairwise relatedness among individuals or inbreeding coefficient of selected species, within and among populations of each species.	Generation time
	Allelic diversity	Allelic richness from genotypes of selected species (e.g. endangered species and domesticated species) at multiple locations (statistically representative of the species distribution).	Generation time
	Population genetic differentiation	Gene frequency differentiation ( $F_{st}$ and other measures) among populations or of a subpopulation compared to the metapopulation of selected species.	Generation time
	Breed and variety diversity	Number of animals of each livestock breed and proportion of farmed area under each local crop variety, at multiple locations.	5 to 10 years

# Effectif efficace : Définition



Wright, 1931

L'effectif efficace d'une population est la taille du **population idéale** qui se comporterait génétiquement de la même manière que la population d'intérêt sous l'**effet de la dérive seule**.

## Population idéale (modèle de Wright-Fisher) :

- ✓ Sex-ratio = 1:1
- ✓ Fécondité identique entre individus (en espérance)
- ✓ Panmixie
- ✓ Taille de population constante (reproducteurs)

# Effectif efficace : Intérêt

*Effective population size is whatever must be substituted in the formula ( $1/2N$ ) to describe the actual loss in heterozygosity*

Sewall Wright (1969)

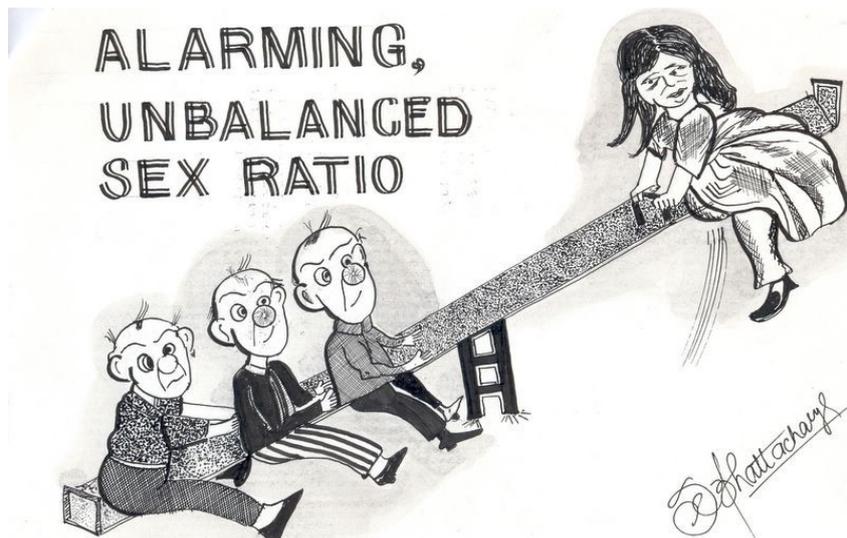
Small population size can lead to loss of neutral genetic variation, fixation of mildly deleterious alleles, and thereby reduced population fitness. The rate of this process depends on the effective size of a population,  $N_e$ , rather than the actual number of living individuals,  $N$ , making the effective size of a population one of the most fundamental parameters in evolutionary and conservation biology.

Kalinowski and Waples (2002)

# Effectif efficace : Estimation

Estimé sur la base :

- 1 - Du sex-ratio (démographique)
- 2 - Du niveau de consanguinité
- 3 - De la variance temporelle des fréquence alléliques



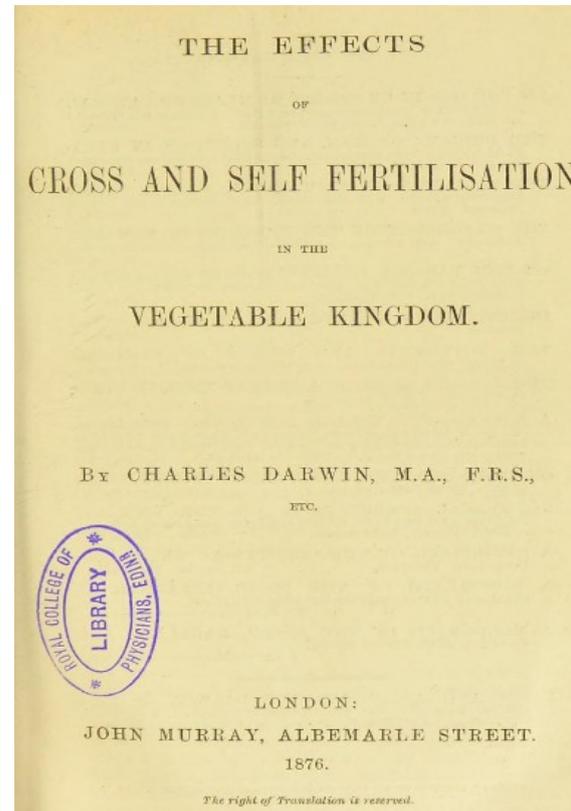
$$N_{es} = \frac{4MF}{M + F}$$

Cf F. Hospital & S. Boitard

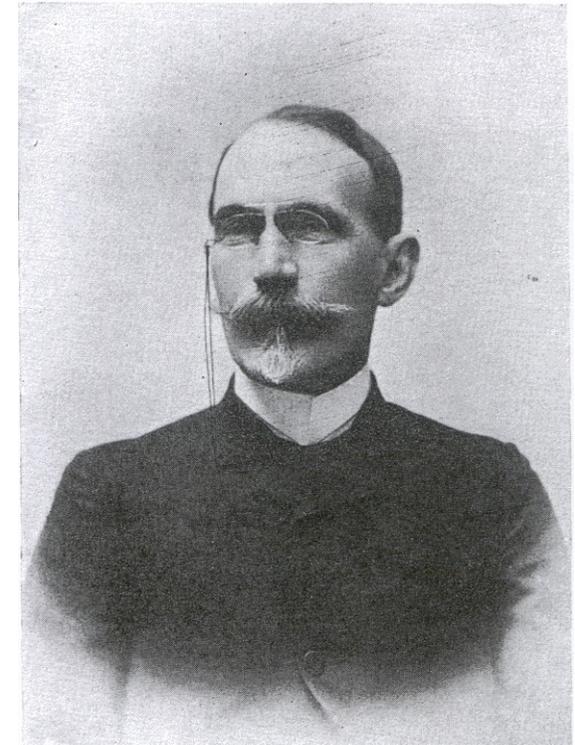
# Dépression de consanguinité



Louis XIV et Marie-Thérèse d'Autriche avec le seul de leurs six enfants qui ait survécu. Les époux étaient doubles cousins germains : le père de Louis était le frère de la mère de Marie-Thérèse et sa mère était la sœur du père de son épouse (tableau de Werner).



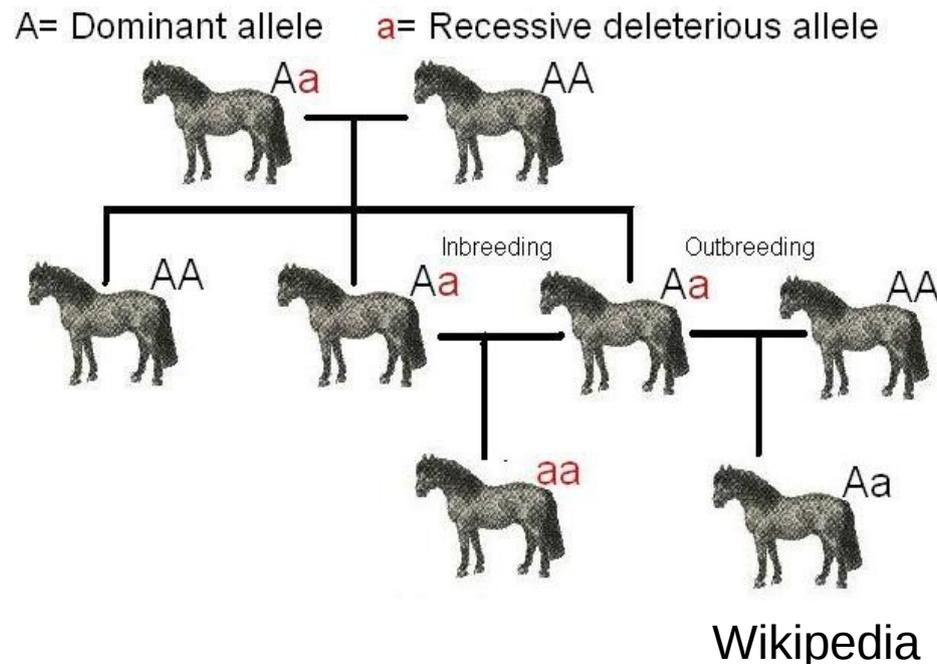
Darwin, 1876



Fabre-Domergue, 1898

# Dépression de consanguinité : Définition

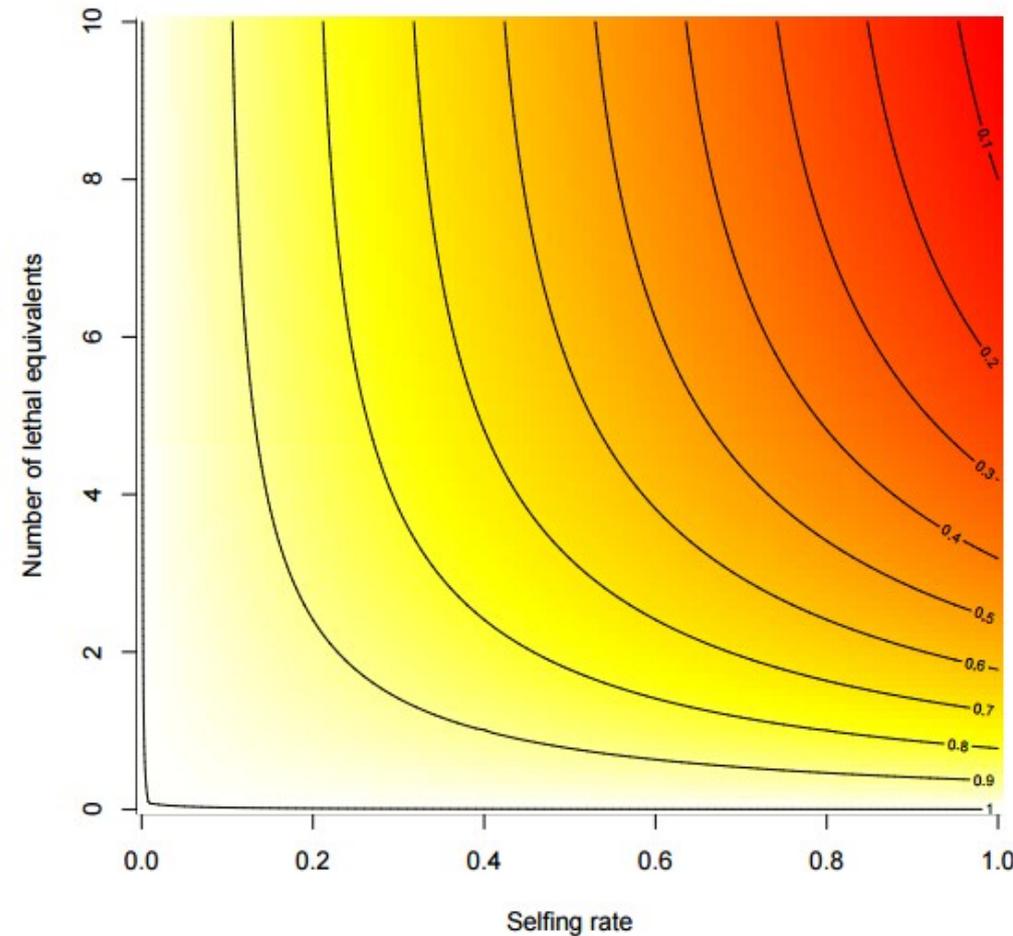
La dépression de consanguinité est la **baisse de vigueur** associée à une **augmentation du niveau de consanguinité**.



**Mise à l'état  
homozygote de  
mutations  
délétères**

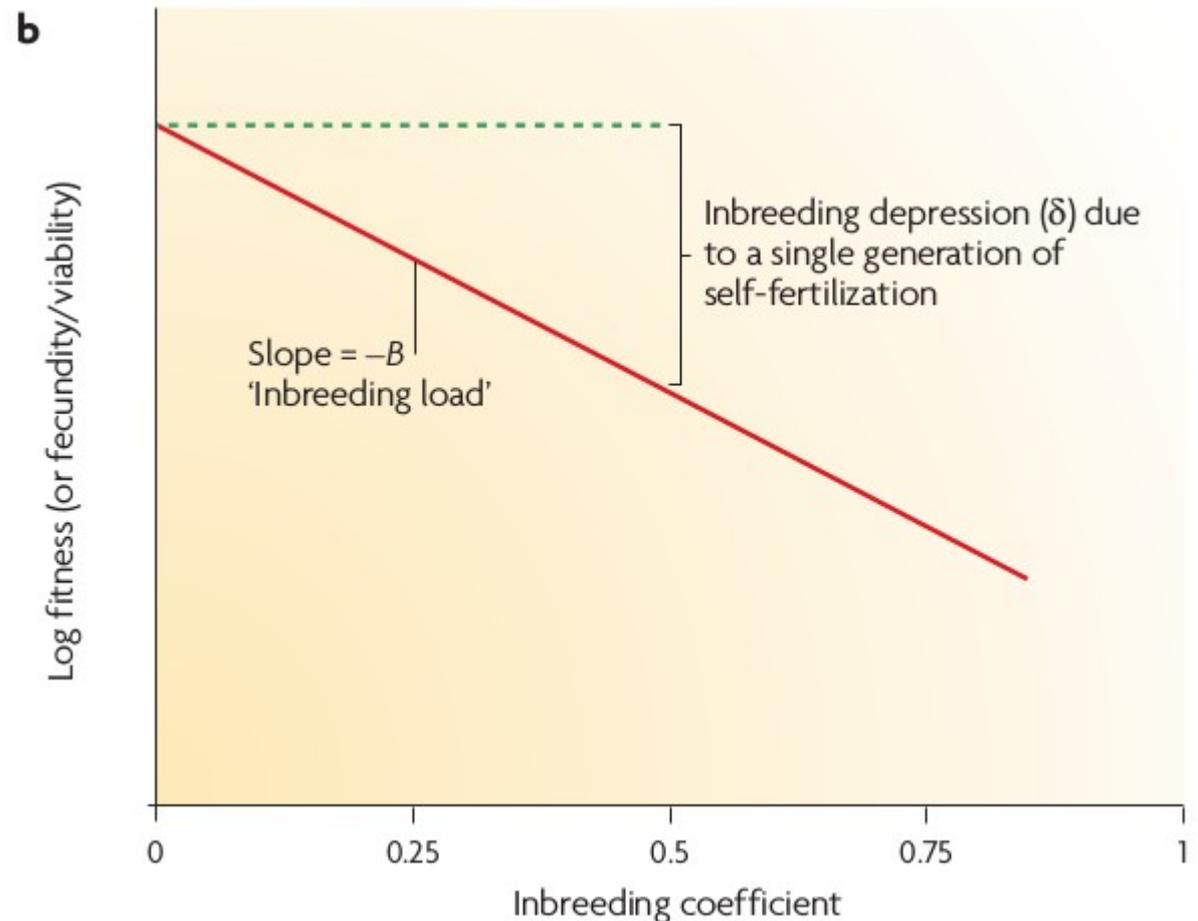
# Dépression de consanguinité : Causes

Dépression de consanguinité  
=  
Fardeau Génétique  
+  
Consanguinité



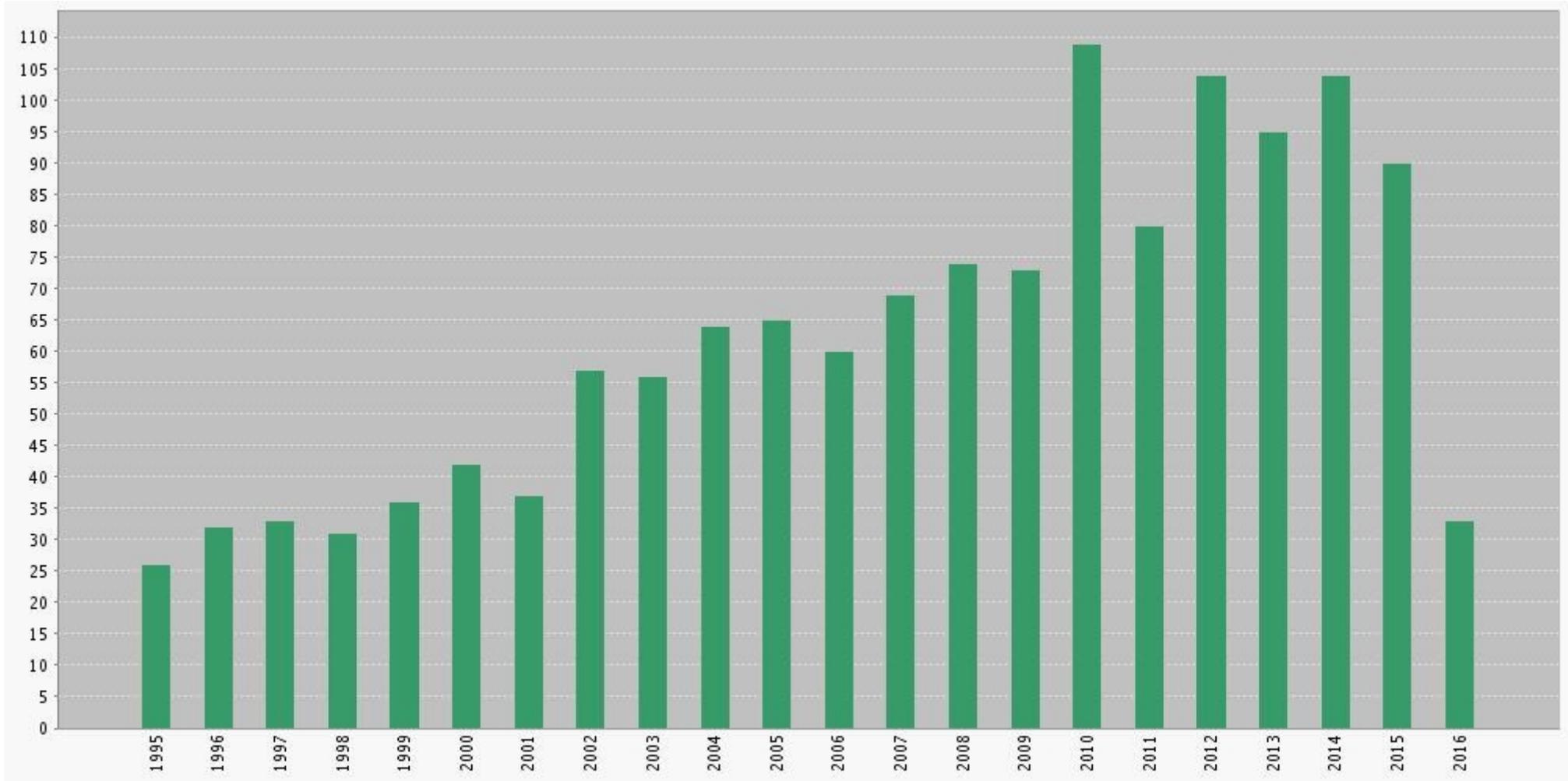
# Dépression de consanguinité : Estimation

$$\delta = \frac{W_o - W_s}{W_o}$$



# **Utilisation des indices de diversité génétique**

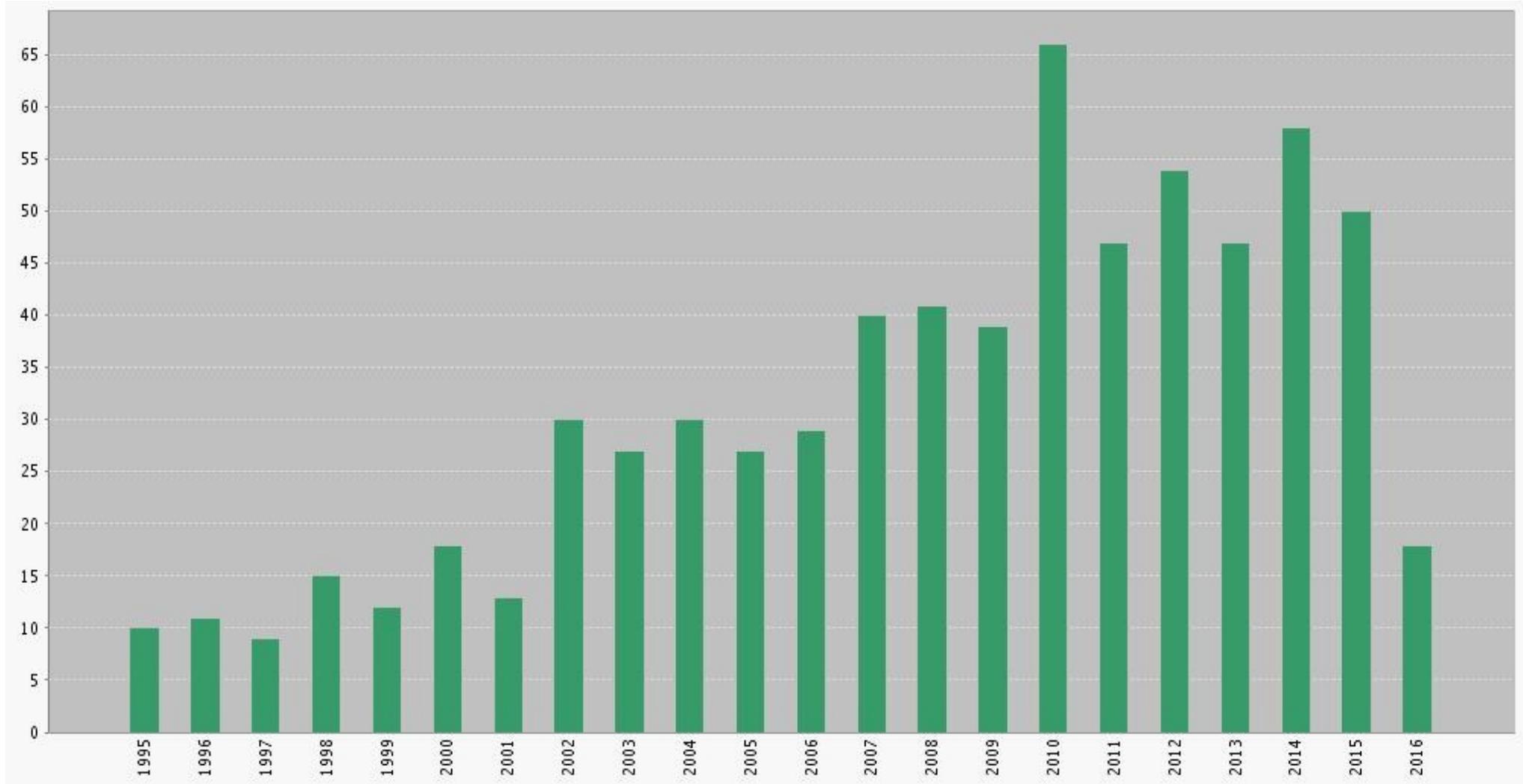
# Utilisation des indices : Littérature



ISI, Web Of Science

**Effective Population Size :**  
**1370 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature

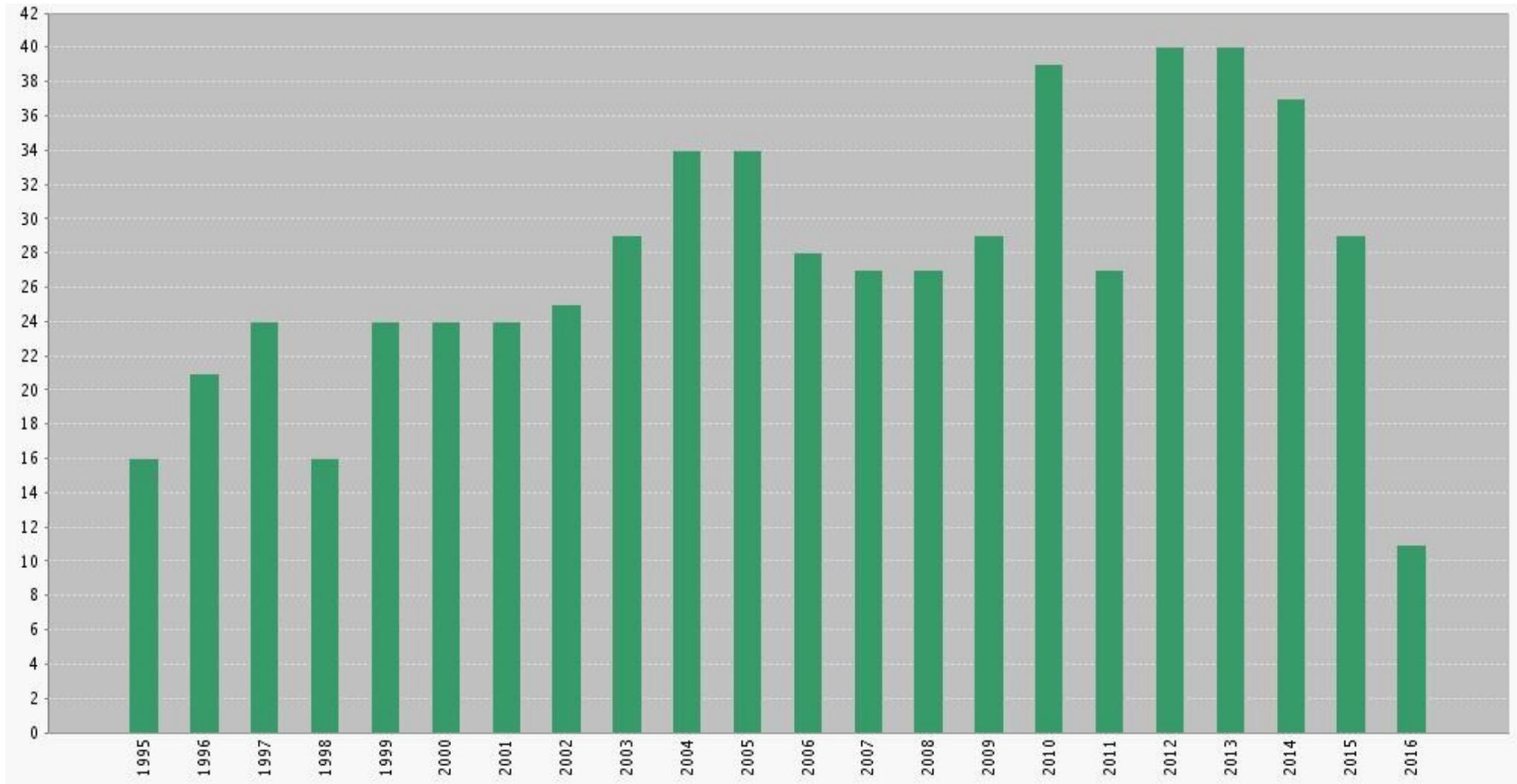


ISI, Web Of Science

**Effective Population Size :**

**Conservation : 691 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature

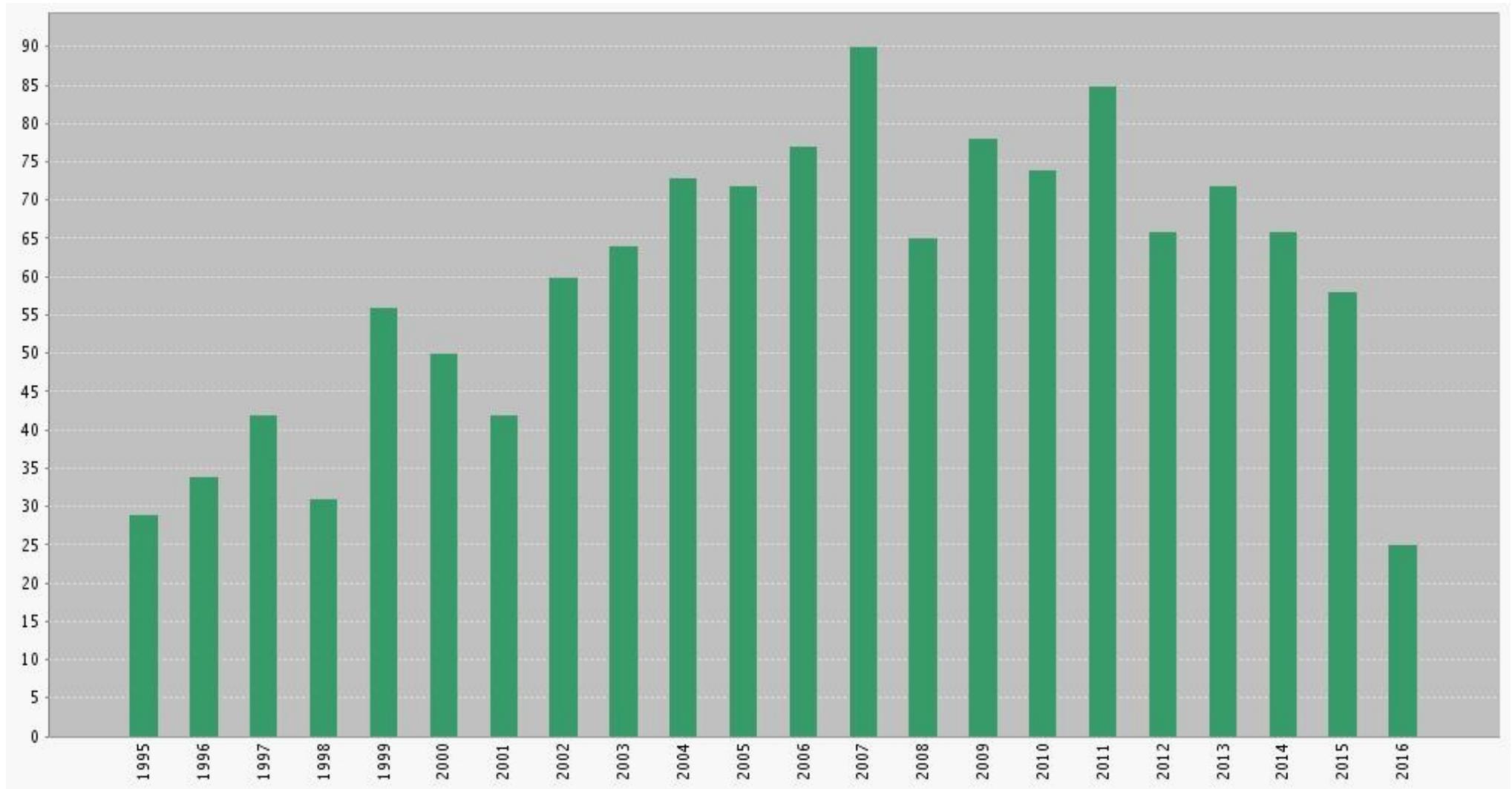


ISI, Web Of Science

**Effective Population Size :**

**Généraliste : 605 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature

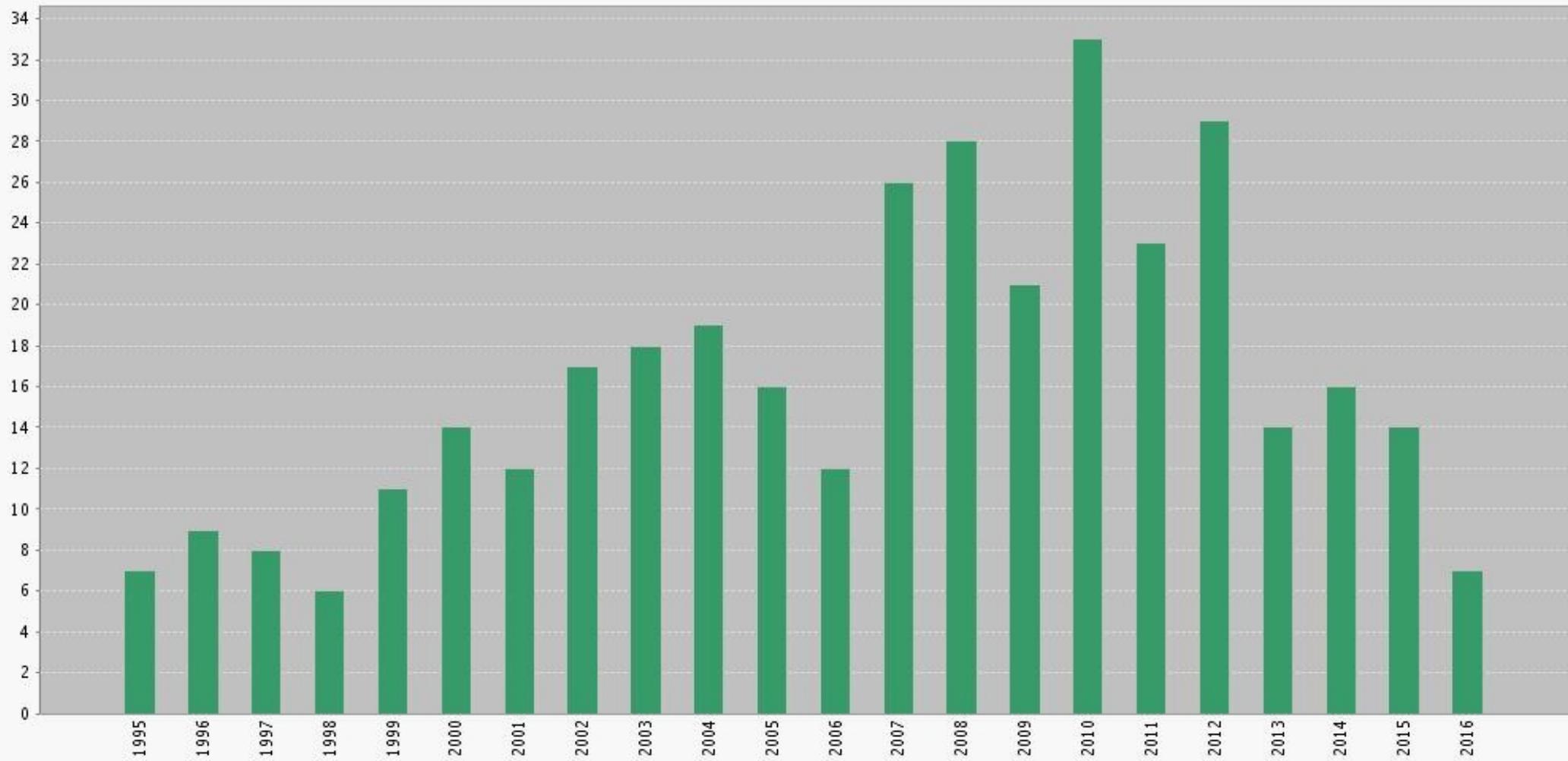


ISI, Web Of Science

**Inbreeding depression :**

**Généraliste : 1309 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature

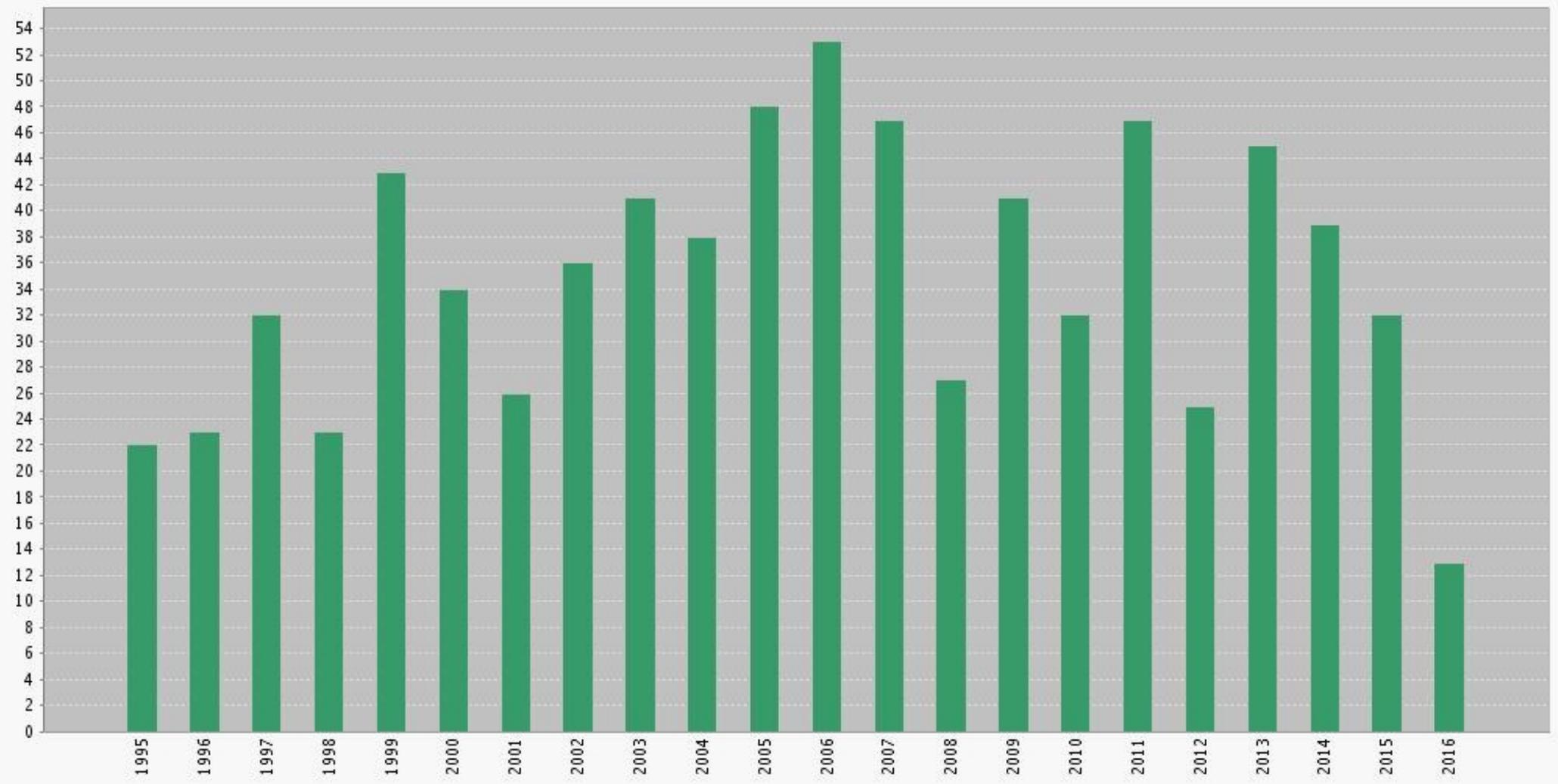


ISI, Web Of Science

**Inbreeding depression :**

**Conservation : 360 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature



ISI, Web Of Science

**Inbreeding depression :**

**Généraliste : 767 publications entre 1995 et 2016**

# Utilisation des indices : Littérature

- ✓ Intérêt pour les deux communautés :  
méthodologie et application
- ✓ Ère génomique permet l'accès à de  
nouvelles données :

**Quid de l'estimation des indices ?**

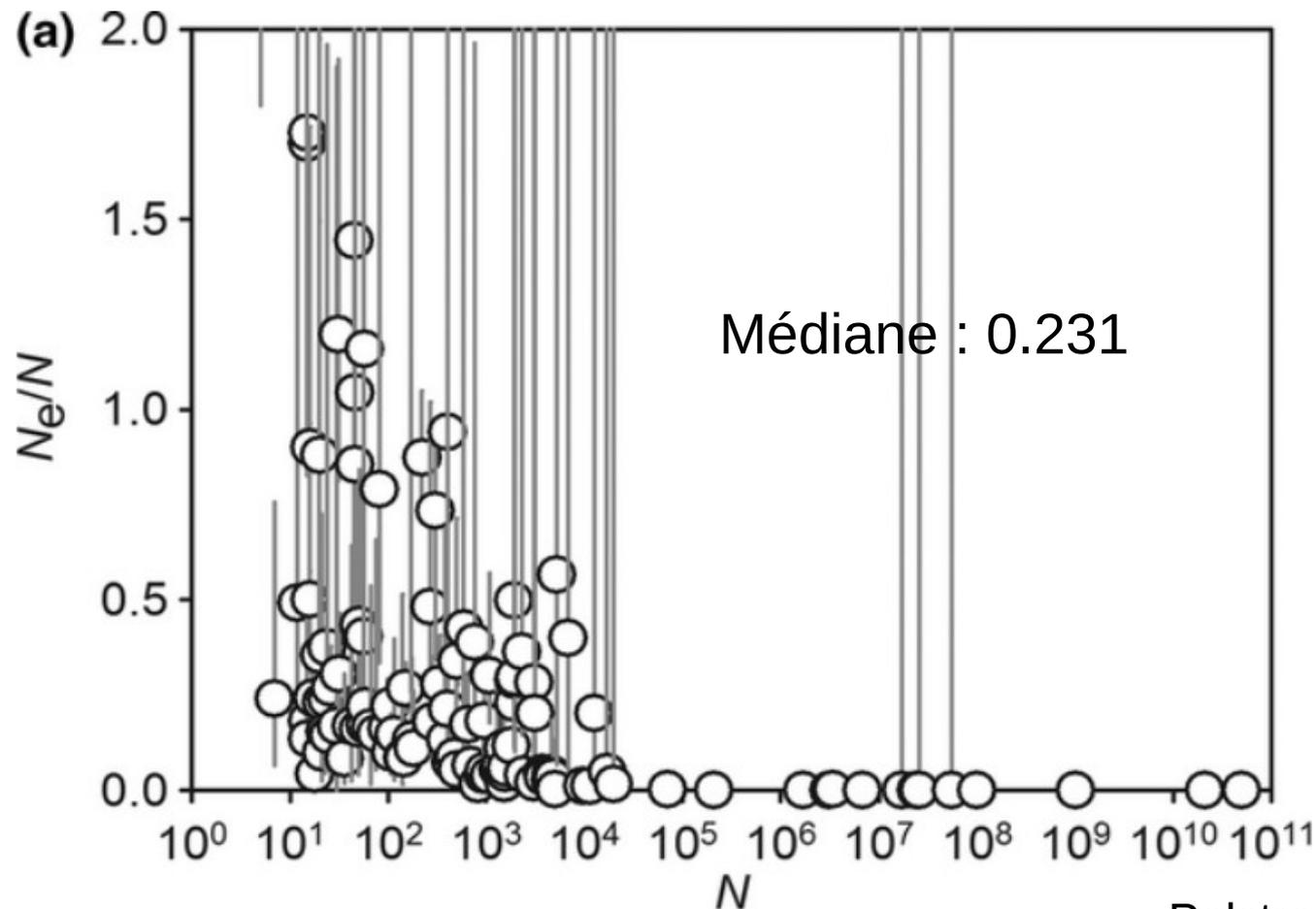
# Utilisation des indices : Quelle information ?

	<b>Sauvage</b>	<b>Domestique</b>
<b>Effectif efficace</b>	Ne/N	Ne
<b>Dépression de consanguinité</b>	F (moléculaire)	F (pédigrées) ?

**Cf M. Saint-Jalme,  
E. Baudry,  
E. Verrier,**

# Utilisation des indices : Exemple du Ne

Ratios  $N_e/N$  très différents : **Populations sauvages**



# Utilisation des indices : Exemple du Ne

Ratios Ne/N très différents : **Populations domestiques**

Race	Ne	N	Ne/N
Holstein	96	3 337 321+4523	2.9 10 <sup>-5</sup>
Bretonne Pie Noire	51	832+29	5.9 10 <sup>-2</sup>
IDF	371	69 267 + 102	5.3 10 <sup>-3</sup>
Bizet	190	6406 + ?	3.0 10 <sup>-2</sup>

# **Limites et perspectives**

# Notion de purge génétique

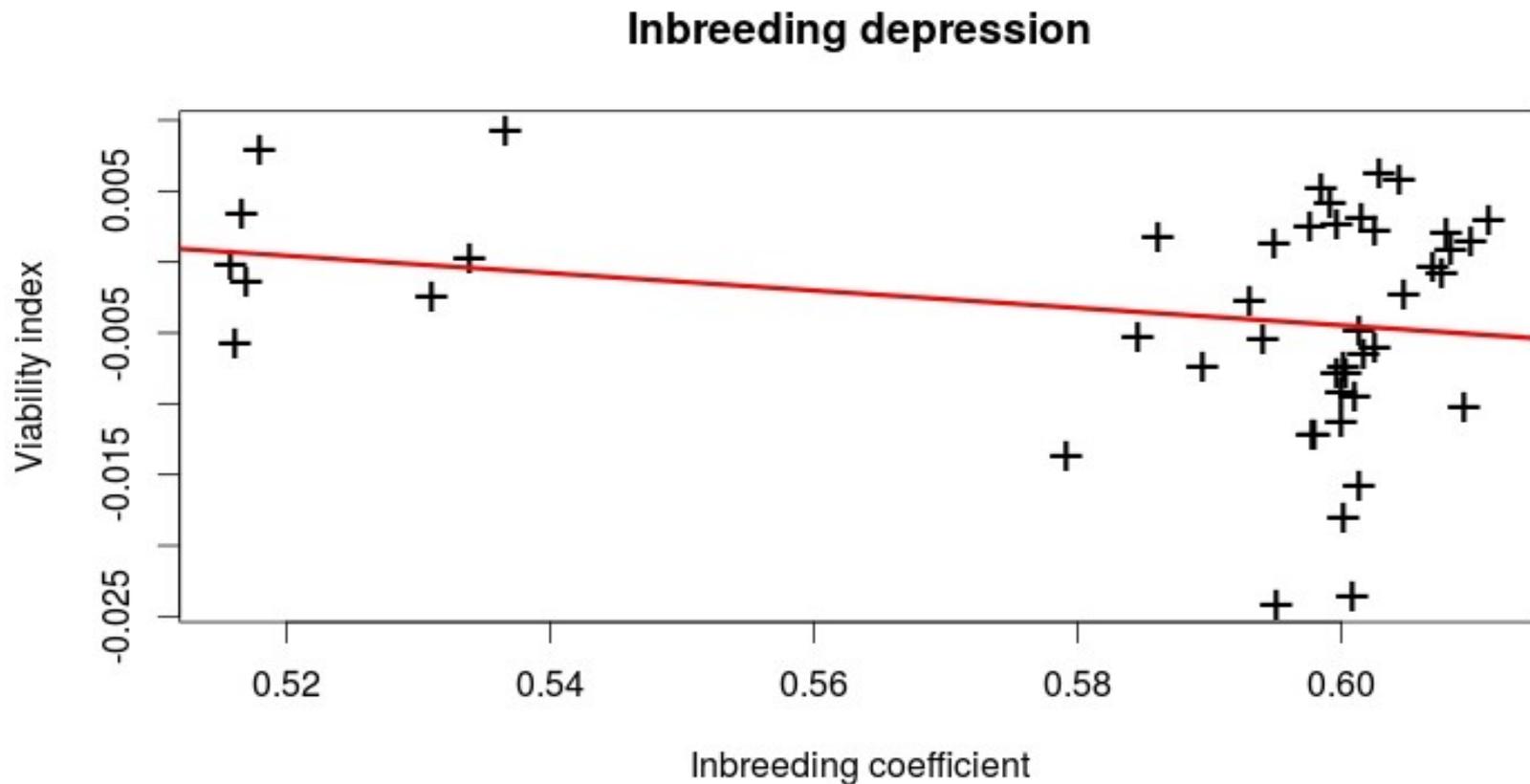
- Purge du fardeau génétique :

Elimination des mutations délétères via l'expression de la dépression de consanguinité.

- **Populations Sauvages vs Domestiques ?**

# Notion de purge génétique

Exemple : Mouton de Rambouillet



# Notion de purge génétique

## Comment gérer la diversité et la sélection ?

### Evitement de la consanguinité

- Absence de purge
- Accumulation du fardeau ?
- Dépression d'allogamie ?

Cf M. Bosse,  
F. Tortereau

# Flux de gènes

- **En présence de flux de gènes / structure :**
  - **A quelle échelle se font les accouplements ?**
  - **Comment mesurer le  $N_e$  ?**
  - Modèles spatiaux
  - Notions de densité efficace et de taille de voisinage  
(Wright 1945, Smouse *et al.*, 2001; Austerlitz *et al.*, 2004)