

Biological invasions in islands

(Definition, history, eradication and eradication consequences)

Michel Pascal

INRA

**Équipe Écologie des Invasions Biologiques (EIB)
UMR 0985 Écologie et Santé des Écosystèmes (ESE)**

Definition

**Une invasion biologique survient
quand une espèce constitue hors de son aire de répartition initiale
une ou des populations pérennes et autonomes
dans les milieux naturels investis**

Biological invasions happen when species build self reproducing populations in ecosystems that are outside their natural distribution areas

(Williamson, 1996 ; Pascal, Lorvelec & Vigne, 2006)

Définitions annexes

Sus scrofa



Île de Cocos - Costa Rica
Mars 2004

- Une espèce est dite **autochtone** (*Native*) d'une entité géographique quand cette entité appartient à l'aire de répartition naturelle de l'espèce.
- Une espèce est dite **allochtone** (*Alien*) d'une entité géographique quand cette entité est extérieure à l'aire de répartition naturelle de l'espèce (d'après UICN/ISSG, 1999).
- **Nota:** l'expression espèce allochtone est impropre si elle ne fait pas référence à une entité géographique car l'espèce est obligatoirement autochtone de son aire de répartition initiale. Il faut donc parler de populations allochtones d'une espèce plutôt que d'une espèce allochtone.

Vous avez dit invasif ?

Oryctolagus cuniculus



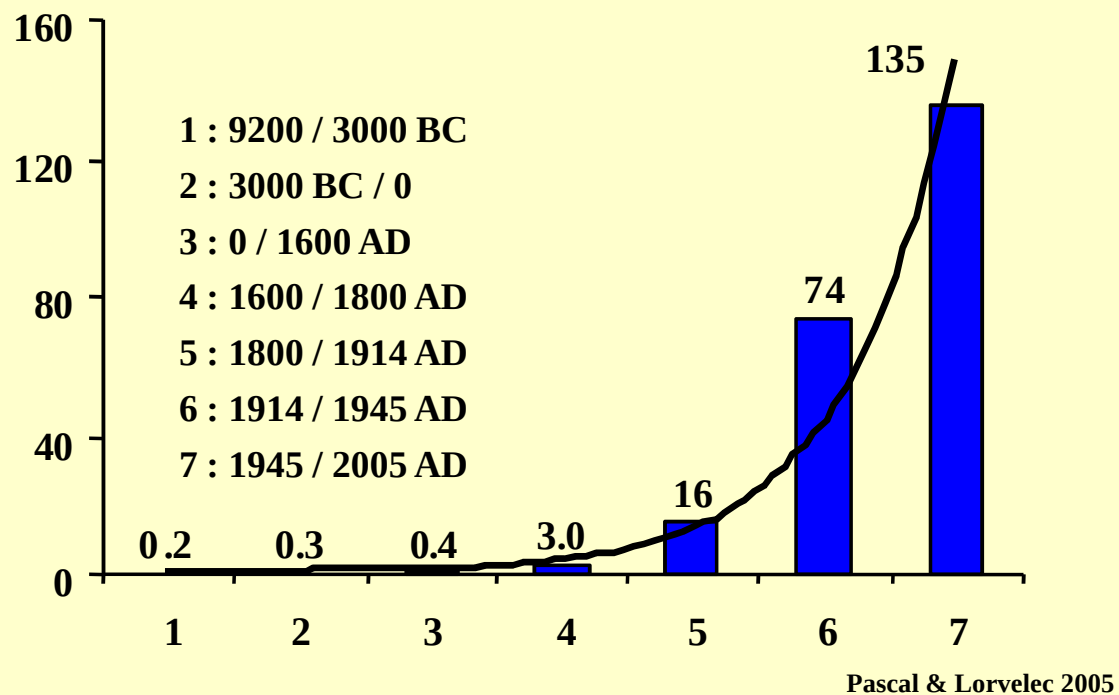
Île de Béniguet
Juillet 2003

- La population d'une espèce est qualifiée d'**invasive**, quand,
- introduite par l'Homme dans un nouveau domaine géographique,
- elle se comporte comme un agent de **perturbation** du fonctionnement de son écosystème d'accueil
- et nuit à la diversité biologique **autochtone** (IUCN/ISSG - Shine *et al.*, 2000).
- **Envahissante** ≠ invasive

Biological Invasions : the fact

11 millennia of vertebrate invasions in France

Number of biological invasions per century



Biological Invasions : the fact

DAISIE European Community Project
11 000 species introduced in Europe since 1500
(Hulme *et al.*, 2009)

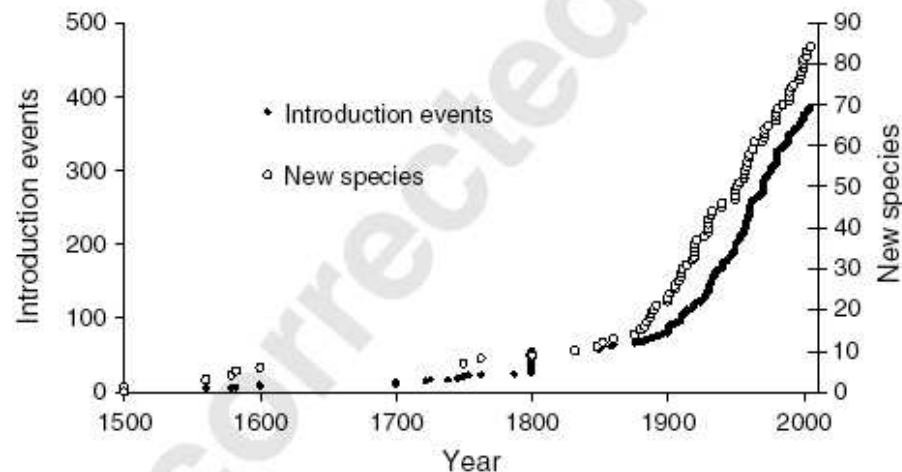


Fig. 9.3 Trends of mammal invasions in Europe: number of introduction events occurred since 1500 ($n = 386$ with exponential growth $y = 1E-07e^{0.011x}$) and cumulative number of alien species invading Europe (66 non native alien species established in Europe ($y = 1E-07e^{0.011x}$, $R^2 = 0.97$))

Genovesi *et al.*, 2009

Exponential trend of mammal invasions



Invasions biologiques et économie

USA 1993

1 milliard US\$ / an

(ne sont pas pris en compte les impacts environnementaux ou en santé humaine - U.S.G., 1993).

USA 2001

100 milliard US\$ / an (Barbier, 2001).

USA 2005

50 000 sp. introduites -120 milliard US\$ / an (Pimentel *et al.*, 2005).

USA 2005

***Rattus et Mus* introduits 19 milliard US\$ / an** (Pimentel *et al.*, 2005).

Invasions biologiques et économie

Europe 2009

Près de 11 000 espèces introduites sur le territoire européen depuis 1600

(Hulme *et al.*, 2009 - DAISIE)

Europe 2009

Information sur impact économique pour 1347 d'entre elles (13 %)

(Vilà *et al.*, 2009)

Europe 2009

**Actuellement pas d'estimation globale du coût des Invasions biologique
mais :**

100 espèces ont été identifiées comme les plus « couteuses » (Vilà *et al.*, 2009)

Invasions biologiques et santé publique et vétérinaire

Épidémies et épizooties parmi les plus sévères ont pour origine des invasions biologiques.

L'émergence de maladies vectorielles est au centre des préoccupations de l'OMS.

L'une des trois principales causes de perte de diversité spécifique à l'échelle mondiale (Diamond, 1989; Vitousek *et al.*, 1997; Alonso *et al.*, 2001).

Leur impact est estimé de même niveau que celui du changement climatique (Mooney & Cleland, 2001).

Depuis 1600 elles sont à l'origine de l'extinction documentée de :

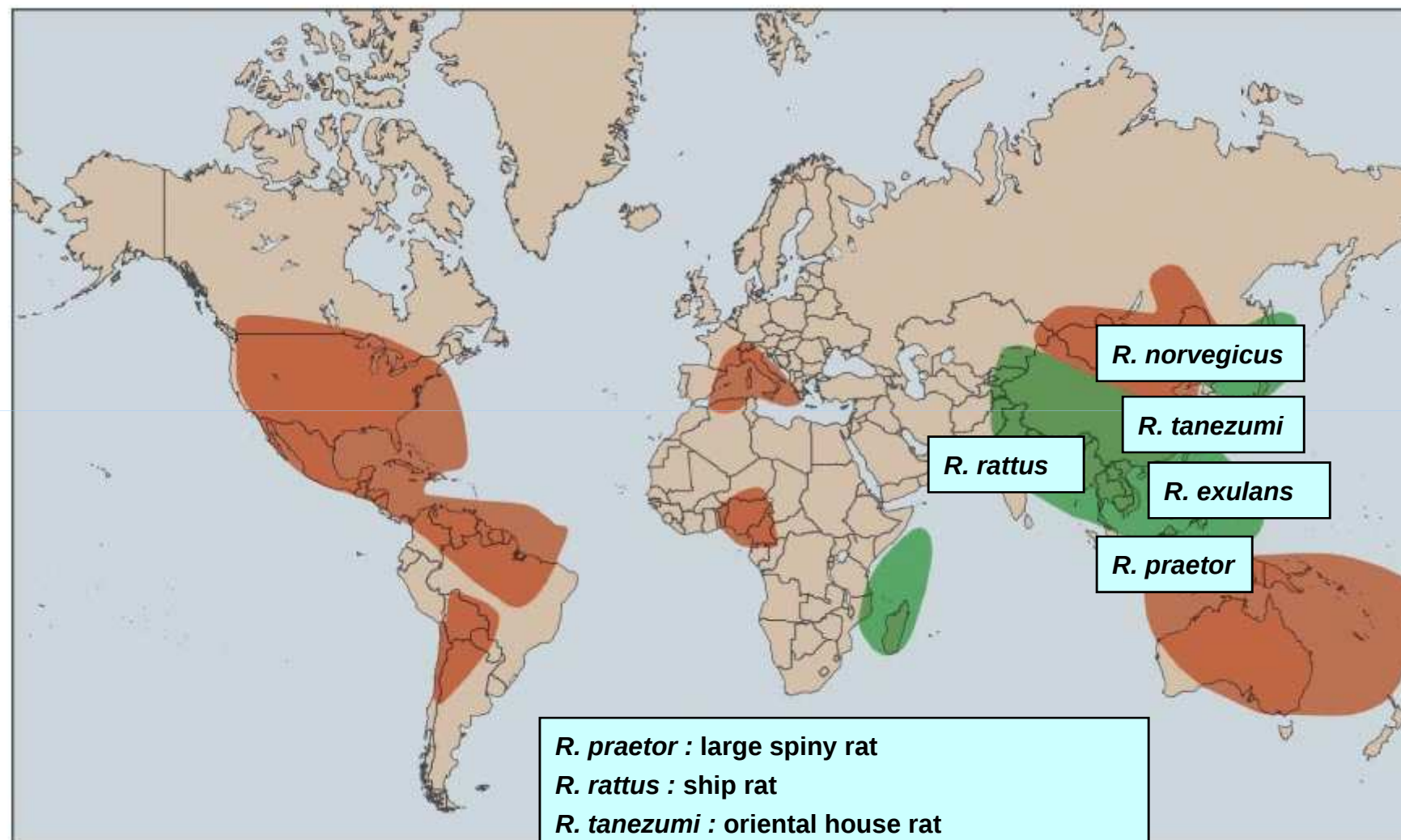
90 % des 30 espèces de reptiles et amphibiens (Honnegger, 1981),

93 % des 176 espèces ou sous-espèces d'oiseaux (King, 1985),

81 % des 65 espèces de mammifères (Ceballos & Brown, 1995).

Modification irréversible du fonctionnement d'écosystème (effet cascade : les crabes de l'île Christmas, la crazy ant et insectes piqueurs)

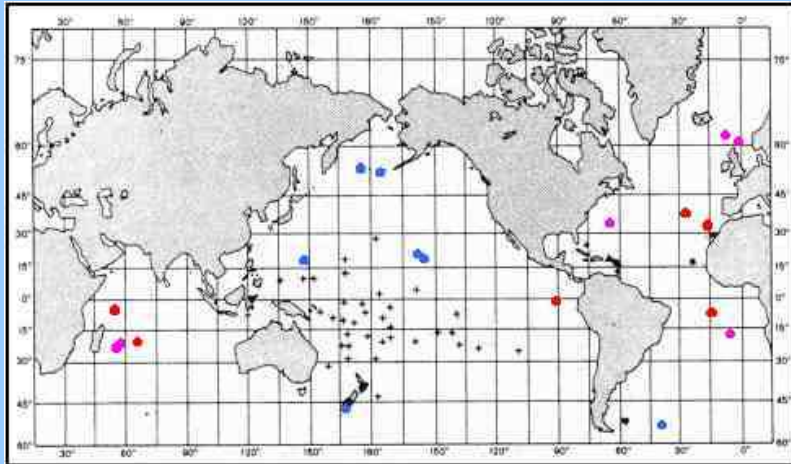
Five *Rattus* species were introduced by man since 10 millennia



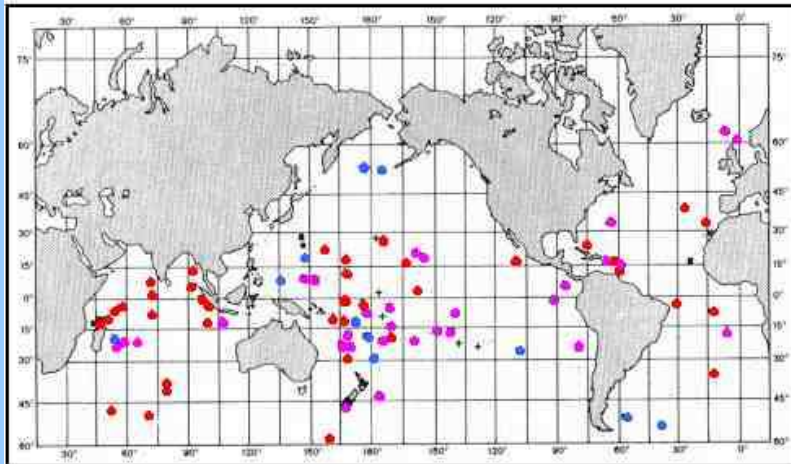
R. praetor : large spiny rat
R. rattus : ship rat
R. tanezumi : oriental house rat
R. exulans : Pacific rat
R. norvegicus : Norway rat or brown rat



During the 3 last millennia, two *Rattus* species has invaded more than 80 % of island groups in the world



1850



1980

Atkinson, 1985

●
R. norvegicus
Norway rat



●
R. rattus
Ship rat



●
R. norvegicus
&
R. rattus

Since 1980, the ship rat has invaded Clipperton in 1998...



Islands : historical (geological) contingency drives insular biological diversity and ecosystem functioning

- Islands of the continental shelves : has been in contact with continent during the Quaternary.

Insular flora and fauna are close to those of the continent

- “True” or oceanic islands :
has never been in contact with continents
or has been in contact at geological time scale.
Numerous taxa failed reaching these islands



Teuaua islet - Ua Huka Island - Marquises

Characteristics of insular ecosystems

- Low biological diversity
- Dysarmony : lack of several major taxa and functional groups
- Simple trophic chains
- High endemism rate
- High sensitivity to aggressions

Biological invasions and insular ecosystems

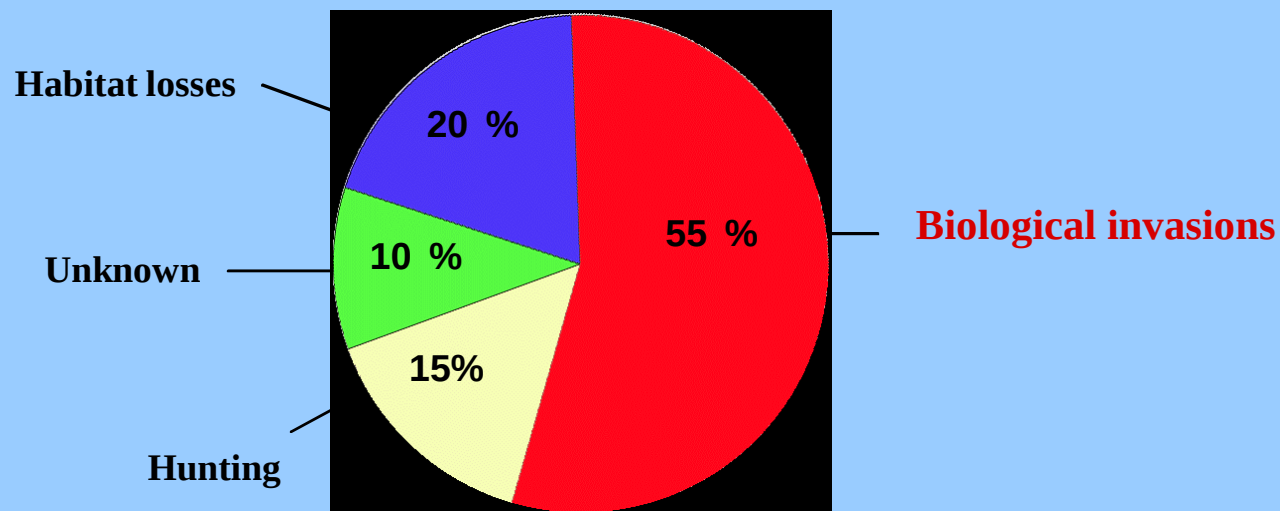
Since 1600, biological invasions were involved in documented extinction of :

90 % of 30 reptile and amphibian species (Honnegger, 1981),

93 % of 176 bird species or subspecies (King, 1985),

81 % of 65 mammal species (Ceballos & Brown, 1995).

Extinction causes of insular bird species since 1600



Veitch & Clout, 2002

Why eradication attempts has been so numerous on islands ?

- **As island are isolated :**
 - **Probability of success and of success perpetuation are higher in islands than in continent** (Chapuis *et al.*, 1995),
 - **Working at ecosystem level allows identifying and quantifying the consequences of the operation** (Pascal & Chapuis, 2000; Simberloff, 2003; Lorvelec & Pascal, 2005),
 - **As archipelagos encompassed several islands, eradication strategy may be reproduced for testing it's potential generalization.**

Mammal eradications in islands

Species	Attempts	Success	Area max
<i>Felis sylvestris</i>	-	48	29,000 ha
<i>Capra hircus</i>	-	75	-
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	-	23	-
<i>Sus scrofa</i>	-	7	-
<i>Bos primigenus</i>	-	3	-

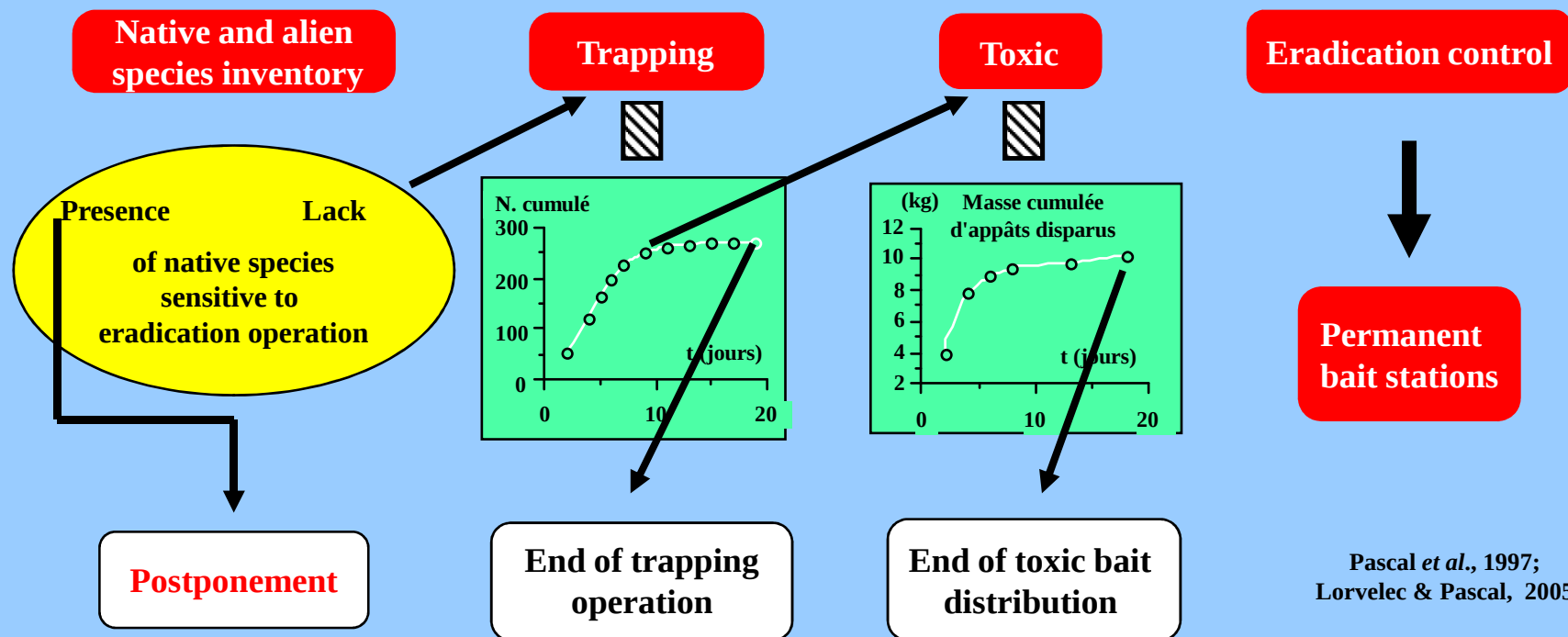
Insular *Rattus* eradications

Species	Attempts	Success	Area max
<i>R. rattus</i>	174	159 (82%)	1,022 ha
<i>R. norvegicus</i>	109	104 (95%)	11,300 ha
<i>R. exulans</i>	61	55 (90%)	3,083 ha
Total	344	318	47,628 ha

Howald *et al.*, 2007

76 % of the total area was treated using aerial broadcast of toxic baits

Alternative to the only toxic bait strategy



Between 90 % and 100% of the target species population has been eliminated by trapping

1994-2009 eradication attempts

Areas	Archipelagos	Islands & islets	S. (ha)	Target species	Failures
Temperate	7	34	0,2-30	<i>R. norvegicus</i> <i>M. putorius</i>	1
Méditerranéan	2	21	0,1-73	<i>R. rattus</i>	0
Tropical	3	6	0,5-120	<i>R. rattus</i> <i>R. exulans</i> <i>M. musculus</i> <i>H. auropunctatus</i>	1
Total	12	61	0,1-120	6	2

Lorvelec & Pascal, 2005 updated

Some consequences of eradications

Abundance index



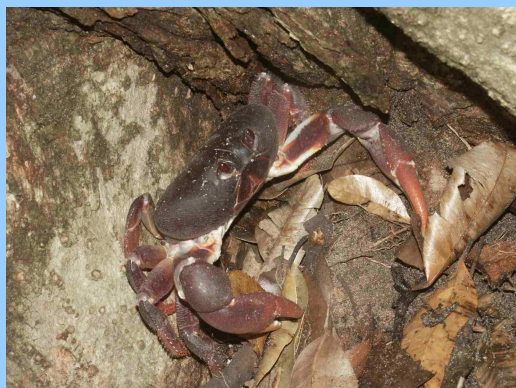
Fajou Islet - Guadeloupe
March 2002

One year after Javanese mongoose eradication

1 → 10

Rallus longirostris

Fajou Islet - Guadeloupe



Marie Galante - Guadeloupe
August 2002

Two years after ship rat eradication

0,9 → 1,4

Gecarcinus ruricola

Hardy Islet - Martinique

Lorvelec *et al.*, 2004; Pascal *et al.*, 2004

Some consequences of eradications



Anthus petrosus - Béniguet Island - July 2003

Trielen Island (Molène archipelago)
The pair numbers of 16 terrestrial birds remain unchanged but...

pair number

Five years after brown rat eradication

13 → **66/91**

Anthus petrosus

3 → **6**

Prunella modularis

9 → **24**

Troglodytes troglodytes

Kerbiriou *et al*, 2004

Some consequences of eradications



Anous stolidus Clipperton Atoll - Décembre 2004



Calonectris diomedea - Lavezzi - 2002

Breeding success

Three years after ship rat eradication
0 → 90

Puffinus lherminieri
Hardy Islet - Martinique

One year after ship rat eradication
5 → 65/90

Anous stolidus
Hardy Islet - Martinique

Three years after ship rat eradication
47 → 87

Calonectris diomedea
Lavezzi Island - Corsica

Pascal *et al.*, 2004, 2008

Some consequences of eradications

Level of destroyed nests

Three years after Javanese mongoose eradication

100% —————→ 0%

Eretmochelys imbricata

Fajou Islet - Guadeloupe

ClickTime™ et un
diagnostiqueur
sont requis pour visionner cette image.



Fajou Islet - Guadeloupe
April 2002

Resettlement of a disappeared native species

Ten years after brown rat eradication

0 —————→ 3 pairs

Hydrobates pelagicus

Malban Island - Sept-Îles

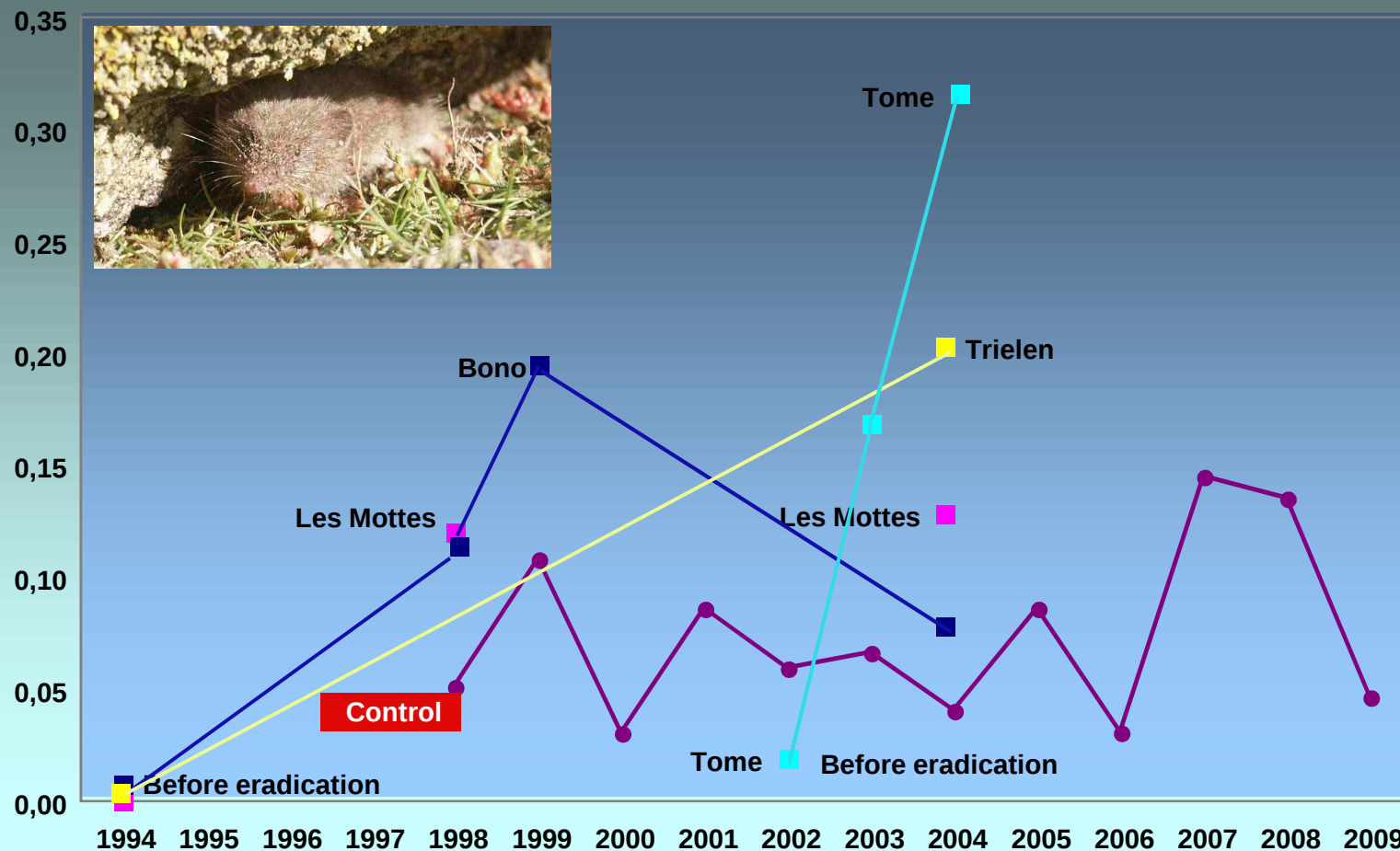
Lorvelec & Pascal, 2005

Unpredicted consequence

Several years after brown rat eradication the recovering of two shrew species

Crocidura suaveolens & *C. russula*

Abundance index



Unpredicted consequence

Distribution of *R. norvegicus* captures during the eradication operation and distribution of the shrew *C. suaveolens* captures before and after the rodent eradication

(Bono Island - Sept-Îles Archipelago)



PIM - Méditerranéennes Small Islands
Six-Fours (Var) - 7-10 October 2009

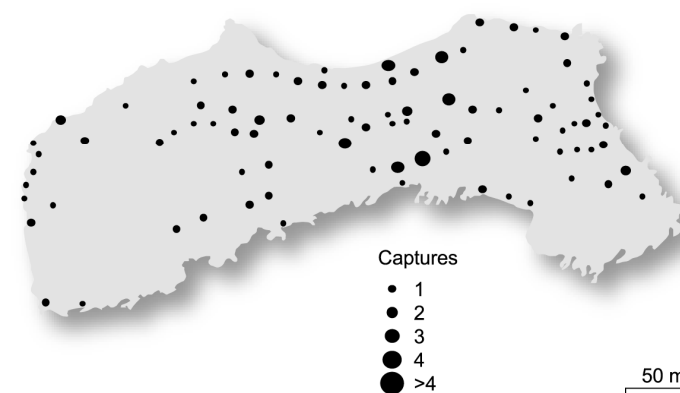
Rattus norvegicus - 1994



Crocidura suaveolens - 1994

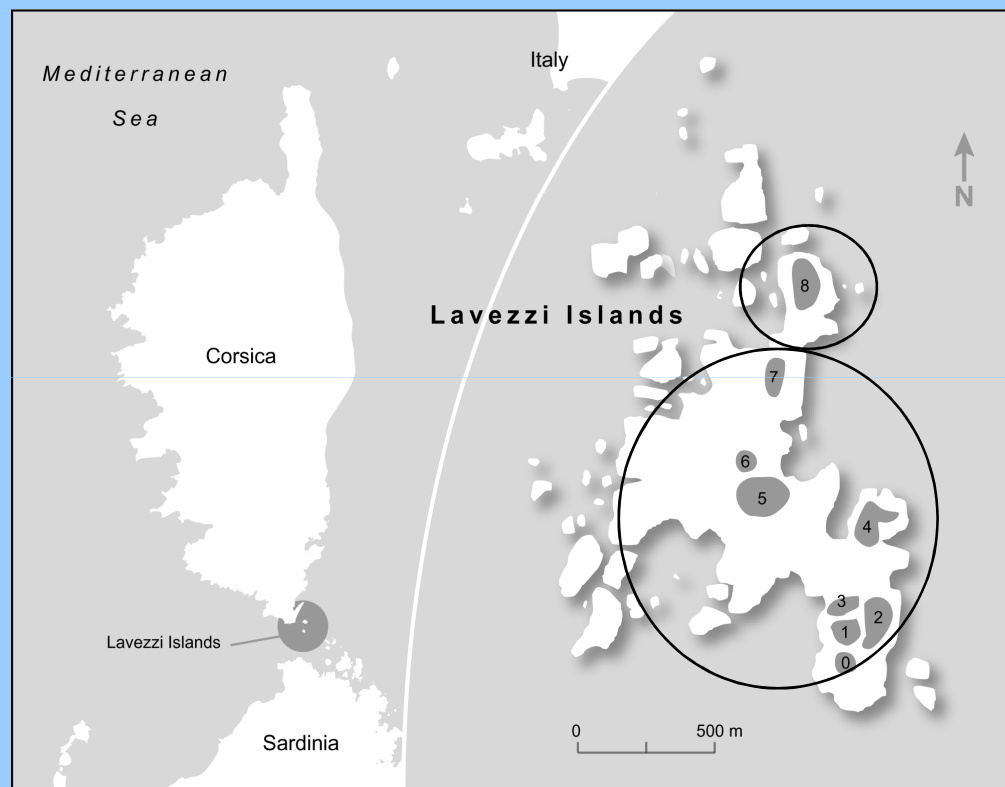


Crocidura suaveolens - 1998



Pascal *et al.*, 2005

Inferred knowledge



**Cory's shearwater breeding success
before *R. rattus* eradication (20 years record):**

- Colony 8 : 0,25
- Others : 0,52

**Fate of captured terrestrial birds
during eradication:**

- North part: 22 captures, 7 eaten by rats
- Other island part: 60 captures, 0 eaten by rats

***R. rattus* genetic structure:**

**F_{ST} & clustering method revealed a limited
but existing genetic differentiation between
the northern and the southern *R. rattus***

Abdelkrim *et al.*, 2008; Pascal *et al.* 2008



Some “by-products” of alien eradications

- **Genetic: calibration of parameters used in population genetic (dating bottlenecks, mutation rate...)** (Abdelkrim *et al.*, 2005b, 2008)
- **Parasitology and co-evolution: new host-parasite couples emergence** (Pisanu, 1999)
- **Archaeology: Introduced species as tracers of human colonisation** (Matisoo-Smith & Robins, 2004; Tollenaere *et al.*, 2009)



The last words are from this masqued boobie pair happy to see
invaders of a scientific expedition leaving Clipperton Island



M'en Fin !!!



PIM - Méditerranée Small Islands
Six-Fours (Var) - 7-10 October 2009