



HAL
open science

**LES POPULATIONS DE RATS NOIRS INSULAIRES
DE L'OUEST DE L'EUROPE. ESSAI PRÉLIMINAIRE
DE CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE
(CARYOTYPE ET ADN MITOCHONDRIAL) A first
insight into the genetic structure (karyotype and
mtDNA) of the insular black rats of western Europe**

R. Libois, J. Torrico, M.G. Ramalhinho, J Michaux, R. Fons, M.L. Mathias

► **To cite this version:**

R. Libois, J. Torrico, M.G. Ramalhinho, J Michaux, R. Fons, et al.. LES POPULATIONS DE RATS NOIRS INSULAIRES DE L'OUEST DE L'EUROPE. ESSAI PRÉLIMINAIRE DE CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE (CARYOTYPE ET ADN MITOCHONDRIAL) A first insight into the genetic structure (karyotype and mtDNA) of the insular black rats of western Europe. Vie et Milieu / Life & Environment, 1996, pp.213-218. hal-03100663

HAL Id: hal-03100663

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03100663v1>

Submitted on 6 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LES POPULATIONS DE RATS NOIRS INSULAIRES DE L'OUEST DE L'EUROPE. ESSAI PRÉLIMINAIRE DE CARACTÉRISATION GÉNÉTIQUE (CARYOTYPE ET ADN MITOCHONDRIAL)

A first insight into the genetic structure (karyotype and mtDNA) of the insular black rats of western Europe

R. LIBOIS*, J. TORRICO*(1), M.G. RAMALHINHO, J. MICHAUX*, R. FONS***, M.L. MATHIAS******

* Unité de recherches zoogéographiques, Institut de Zoologie, Université de Liège, Quai Van Beneden, 224020 Liège, Belgique

(1) : Adresse actuelle : c/Nataniel Aguirre, 37, Casilla 4995, Santa Cruz, Bolivia

** Museu nacional de Historia natural, Rua da Escola Politecnica, 58, 1200 Lisboa, Portugal

*** Observatoire Océanologique, Laboratoire Arago, Université P.-et-M.-Curie (Paris 6) et CNRS URA 2156, 66650 Banyuls-sur-Mer, France

**** Departamento de Zoologia e Antropologia, Faculdade de Ciencias, Universidade de Lisboa, Bloco C2, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal

RATTUS RATTUS
ADN MITOCHONDRIAL
ÎLES
EUROPE DE L'OUEST

RÉSUMÉ. – L'arrivée du Rat noir (*Rattus rattus*) en Europe est récente et remonte à l'époque romaine seulement. Ce rongeur s'est largement répandu sur le continent mais aussi sur les îles où il fut introduit par l'Homme. Dans certains cas, les populations insulaires se distinguent morphologiquement par leur plus grande taille. L'origine de ces peuplements insulaires est anthropique mais la provenance géographique des immigrants n'est pas connue. L'étude de 52 Rats noirs provenant de différentes îles méditerranéennes (Sicile, Sardaigne, Corse, Lavezzi, Elbe, Porquerolles) et atlantiques (Açores, Ré, Oléron) permet d'aborder ce problème. Leur caryotype a été déterminé et leur ADN mitochondrial isolé pour être comparé à celui de souches continentales européennes (Espagne) et africaines (Tunisie, Bénin). Après digestion de l'ADN par les endonucléases HAE III et RSA I, les patrons de restriction obtenus montrent une très grande similitude. L'un d'entre eux isole toutefois tous les animaux africains des autres, laissant entendre une colonisation de l'Europe et de l'Afrique par des lignées différentes.

RATTUS RATTUS
MTDNA
ISLANDS
WESTERN EUROPE

ABSTRACT. – The colonisation of Europe by the black rat (*Rattus rattus*) dates back only to the Roman times. This rodent is now widespread all over the continent as well as on many islands where it was introduced by man. In some instances, insular populations are morphologically differentiated by their greater size. In order to study the possible origin of these insular populations, rats were caught on many Mediterranean (Sicily, Sardinia, Lavezzi, Corsica, Elba, Porquerolles) and Atlantic islands (Ré, Oléron, Azores) and compared to animals from continental Europe (Spain), and Africa (Tunisia, Benin). Their karyotype was determined and their mtDNA restriction patterns studied using the HAE III and RSA I endonucleases and a polyacrylamide gel electrophoresis. These patterns appear very similar to each other though one of them is specific to the African animals, probably indicating that Europe and Africa were colonised by different strains.

INTRODUCTION

Le Rat noir (*Rattus rattus*) est un Rongeur originaire du sud ou du sud-est asiatique. Son apparition en Europe est récente puisqu'elle ne

remonte qu'à l'époque romaine. Présent voici environ 10 000 ans sur la côte méditerranéenne de l'Égypte à la Syrie (Tchernov, 1986), il a atteint la Méditerranée occidentale entre le IV^e et le II^e siècle avant notre ère. Des restes datés de cette époque sont signalés en Corse par Vigne (1994),

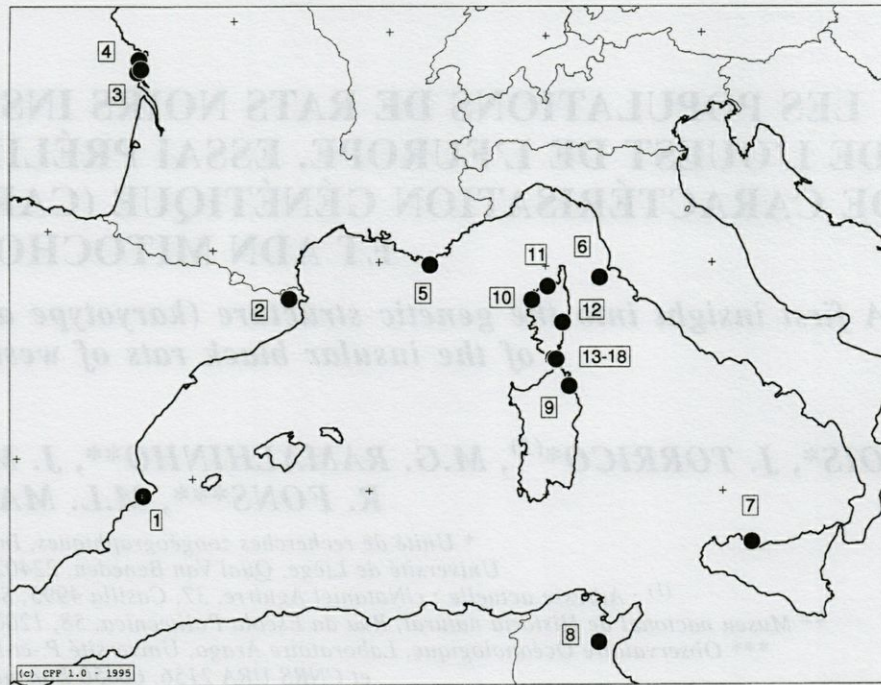


Fig. 1. – Localisation des sites de capture de Rats noirs dans le bassin méditerranéen occidental. Les numéros correspondent à ceux du tableau I.

Map showing the sampling points in the western Mediterranean area. Numbers refer to those in table I.

aux Baléares par Sanders & Reumer (1984) et à Pompéi par Hirst (1953). La colonisation de l'Europe non méditerranéenne s'est effectuée progressivement, dès la période antique, via les axes commerciaux de l'époque : côtes, fleuves ou voies romaines (Audoin-Rouzeau et Vigne, 1994). Sa grande expansion en Europe ne remonte toutefois qu'au Moyen-Âge central (XI^e-XIII^e s.), époque d'urbanisation et de poussée démographique humaine.

La recherche de nouvelles frontières au monde connu a poussé les navigateurs de plus en plus loin. Enhardis par de nouvelles techniques de construction navale et par les progrès en matière de navigation en haute mer, ils ont « découvert » et colonisé des îles et des rivages de plus en plus lointains. Le Rat les y a suivis, devenant une des espèces de Rongeurs les plus largement répandues, avec deux autres Muridés anthropophiles, le Rat brun (*Rattus norvegicus*) et la Souris domestique (*Mus musculus*).

A partir du foyer moyen-oriental (De Bruyn, 1980-81), peut-on imaginer deux axes de colonisation du bassin méditerranéen, l'un passant par l'Égypte et intéressant l'Afrique, l'autre passant par les voies commerciales reliant les côtes nord et les différentes îles ?

En ce qui concerne les Açores, il semble que les Carthaginois furent les premiers à découvrir l'archipel, suivis par d'autres navigateurs, arabes et italiens. Aucune installation ne fut cependant définitive avant l'arrivée, au XV^e s., de colons tantôt flamands (Terceira, Faïal, Flores, São Jorge), tantôt portugais (São Miguel, Santa Maria, Pico, Faïal, São Jorge, Flores, Corvo) (Frutuoso, 1978, 1983). Ces derniers y firent régulièrement escale au retour des côtes du Golfe de Guinée. La question se pose dès lors de savoir d'où proviennent les Rats noirs de l'archipel.

Les populations résultant de ces colonisations multiples dérivent-elles de souches différentes ? Se sont-elles génétiquement différenciées, notamment sur les îles où l'on sait qu'elles ont développé des caractères morphologiques particuliers, comme c'est le cas de nombreuses populations insulaires de Rongeurs (Van Valen, 1973; Lomolino, 1985; Granjon et Cheylan, 1990) ? Les études biométriques de Orsini et Cheylan (1988) et de Granjon & Cheylan (1990) montrent en effet que les Rats noirs des petits îlots méditerranéens sont affectés par du gigantisme insulaire et non ceux des grandes îles, ce qui a également été constaté chez le Mulot sylvestre, *Apodemus sylvaticus* (Angerbjörn, 1986; Libois et Fons, 1990; Libois *et al.*, 1993; Michaux *et al.*, 1996).

Tabl. I. – Localités de récolte et caractéristiques génétiques des animaux étudiés. Les chiffres entre parenthèses se réfèrent au nombre d'animaux étudiés. Pour les caryotypes, le premier désigne le nombre d'individus dont le caryotype a été déterminé, le second celui dont les caryotypes ont été utilisés dans les comparaisons cytométriques.

Sampling localities and genetic characteristics of the black rats. The numbers in brackets refer to sample size. When two numbers appear (karyotypes), the first indicates the number of rats whose karyotype was determined and the second, the number of karyotypes used in cytometrical studies.

Localités		Station n° (cfr fig. 1)	Nb. chromosomique 2 N	mt-DNA (types)	
Stations continentales					
Europe					
Espagne	Altea (Alicante)	1	?	AW (2)	
	Figueras (Gerona)	2	?	AW (1)	
Portugal		-	38 (5,5)	?	
Afrique					
Bénin	Cotonou	-	38 (2,2)	AZ(2)	
	Sèhouè	-	38 (1,0)	AZ(1)	
Tunisie	Zaghouan	8	?	AZ(1)	
Stations insulaires					
Açores	Sao Miguel (île)	-	38 (5,5)	AW(2)	
	Terceira (île)	-	38 (9,9)	AW(2)	
Oléron	St. Pierre	3	38 (1,1)	AW(2)	
Ré	Ste Marie	4	38 (2,2)	AW(2)	
Porquerolles		5	38 (1,1)	AW(1)	
Elbe		6	?	AW (3), AY (2)	
Sicile	San Vitto	7	?	AW(1)	
Sardaigne	San Antonio	9	?	AW(1)	
Corse	Galeria	10	38 (3,1)	AX (1), BX (3)	
	Ogliastro	11	38 (5,3)	AW (3), BW (2)	
	Ghisonaccia	12	38 (1,0)	AW(2)	
	Bonifacio	13	38 (4,3)	AW(4)	
	Santa Manza	14	?	AW(1)	
	Lavezzi	Cavalo (îlot)	15	?	AW(3)
		Lavezzi (îlot)	16	38 (1,1)	AW(3)
		Piana (îlot)	17	?	AW(3)
		Ratino (îlot)	18	38 (4,2)	AW (3), AX (1)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les piégeages (pièges Sherman ou Manufrance) ont été volontairement très dispersés dans l'espace afin d'avoir plus de chances de mettre en évidence d'éventuelles variations. Nous avons également choisi de travailler d'une part dans un contexte relativement ancien de colonisation par le Rat, à savoir le bassin méditerranéen occidental et, d'autre part, dans un contexte nettement plus récent, celui de l'archipel des Açores, isolé au milieu de l'Atlantique.

Les animaux continentaux étudiés proviennent d'Europe (Portugal, Espagne : Figueras et Altea), d'Afrique du Nord (Tunisie : Zaghouan) et du Golfe de Guinée (Bénin : Cotonou et Sèhouè, resp. 6°22'N, 2°25'E et 6°54'N, 2°17'E). Les souches insulaires ont été capturées à Porquerolles, en Corse, en Sicile, en Sardaigne, à Elbe et sur 4 îlots de l'Archipel des Lavezzi (Cavalo, Lavezzi, Piana et Ratino) ainsi que dans l'Archipel des Açores (Terceira 38°45'N, 27°15'W et Saõ Miguel 37°45'N, 25°30'W), à Ré et Oléron (fig. 1).

Nous avons déterminé le caryotype de 44 individus et isolé l'ADN mitochondrial de 52 individus pour les caractériser sur le plan génétique.

Les caryotypes ont été obtenus après injection intrapéritonéale de colchicine, extraction de la moelle des fémurs dans une solution hypotonique de KCl, centrifugation de la suspension et fixation du culot à l'aide d'un mélange (3 : 1) de méthanol et d'acide acétique glacial (Baker *et al.*, 1970). Les préparations ont été colorées au Giemsa 4%.

L'extraction de l'ADN mitochondrial repose sur l'isolement, par centrifugations différentielles, d'un culot de mitochondries provenant d'un broyat d'organes : rein, foie, cœur, rate. Ces mitochondries sont ensuite lysées en phase alcaline et leur ADN est purifié selon la méthode classique au phénol avec précipitation par l'alcool éthylique en milieu salin (Palva et Palva, 1985). Une fois purifié, l'ADN est incubé en présence d'une enzyme de restriction qui permet d'obtenir un certain nombre de fragments de restriction. Pour chacun des individus, nous avons utilisé deux de ces enzymes, en l'occurrence RSA I (GTAC) et HAE III (GGCC) qui livrent chacun environ 15 à 20 fragments de restriction. Selon Ferris *et al.* (1983a et b) et Tegelström et Jaarola (1989), l'examen d'environ 40 sites de restriction peut suffire à obtenir une bonne estimation de la divergence. Les fragments ainsi obtenus sont soumis à une électrophorèse sur gel de polyacrylamide (Tegelström, 1986) et révélés par une technique de coloration directe au nitrate d'argent (Guillemette et Lewis, 1983). Les patrons de restriction peuvent alors être comparés entre eux au moyen de l'indice de similarité de Dice à partir duquel le taux de divergence des séquences nucléotidiques de Nei et Li (1979) peut être calculé.

RÉSULTATS

Tous les caryotypes déterminés comptent 38 chromosomes (Tabl. I). Ce nombre diploïde correspond au caryotype « océanien » défini par

Tabl. II. – Valeurs des indices de Dice (sous la diagonale) et de Nei & Li (au-dessus de la diagonale) calculées entre les six types d'ADN mitochondrial trouvés chez les Rats noirs.

Dice's (under the diagonal) and Nei & Li's (above) indice values calculated between the six mtDNA types evidenced in the black rats.

	AW	AX	AY	AZ	BW	BX
AW	#	0,645	0,491	0,324	0,672	1,352
AX	0,926	#	0,474	0,990	1,352	0,672
AY	0,942	0,945	#	0,491	1,193	1,144
AZ	0,962	0,889	0,943	#	1,028	1,733
BW	0,923	0,852	0,868	0,885	#	0,645
BX	0,852	0,923	0,873	0,815	0,926	#

Yosida *et al.* (1969,1971, 1974) et par Yosida (1971) et dériverait du caryotype ancestral « asiatique » à 2N = 42 par fusions robertsoniennes. Le type océanien est celui qui est le plus répandu à travers le monde. L'étude de la variation de la longueur relative et de l'index centromérique des chromosomes nous indique qu'il n'y a aucune différence significative entre les individus conti-

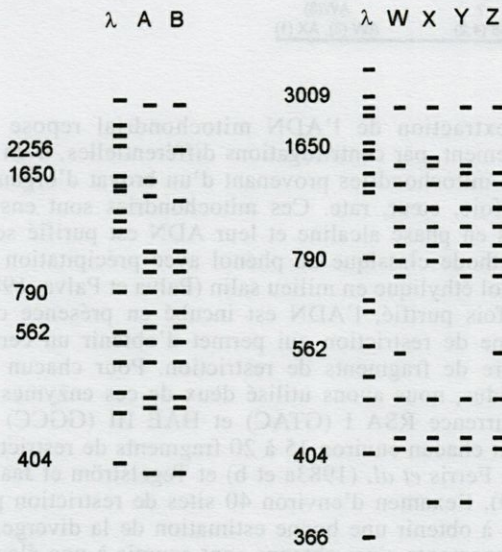


Fig. 2. – A gauche, patrons de restriction de l'ADN mitochondrial de Rats noirs (A et B) obtenus après digestion par l'endonucléase HAE-III. Le marqueur (1) est l'ADN du phage 1 digéré par l'enzyme BGL-I. A droite, patrons de restriction de l'ADN mitochondrial de Rats noirs (W, X, Y et Z) obtenus après digestion par l'endonucléase RSA-I. La piste (1) est l'ADN du phage 1 digéré par l'enzyme BGL-I.

On the left, black rat mt-DNA restriction patterns obtained with the HAE-III endonuclease (A and B). The 1 lane contains 1 phage DNA digested with BGL-I to produce fragment size markers. On the right, black rat mt-DNA restriction patterns obtained with the RSA-I endonuclease (W, X, Y and Z). The 1 lane contains 1 phage DNA digested with BGL-I to produce fragment size markers.

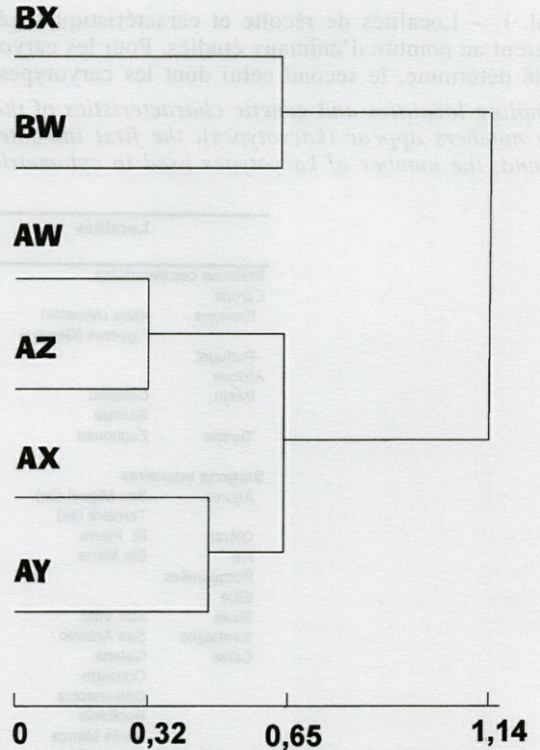


Fig. 3. – Dendrogramme UPGMA du coefficient de Nei et Li (en pourcentage de divergence nucléotidique) pour les six types d'ADN mitochondriaux obtenus.

UPGMA cluster analysis dendrogram of the six mt-DNA types. The units are in percentage of nucleotide sequence divergence computed according to Nei and Li, 1979.

nentaux européens ou africains et ceux des îles, tant atlantiques que méditerranéennes. Il est donc vraisemblable que le statut taxonomique des populations dont sont issus nos échantillons soit le même partout. Cependant, d'autres types d'altérations sont actuellement recherchées.

En ce qui concerne l'ADN mitochondrial, l'enzyme HAE III a livré 2 patrons qui diffèrent entre eux par seulement 2 fragments (Fig. 2, gauche). Le patron A, le plus fréquent est trouvé dans toutes les stations alors que le patron B apparaît dans deux localités de Haute Corse : Galeria et Ogliaastro (embouchure de l'Ostriconi) (Tabl. I).

L'enzyme RSA I a livré 4 patrons différents, W, X, Y et Z (Fig. 2, droite). Le patron Z est propre à tous les individus africains, qu'ils soient de Tunisie ou du Bénin. Y est particulier à l'île d'Elbe. X n'est trouvé qu'en Corse ainsi qu'à Ratino des Lavezzi et W est très largement répandu dans tous les échantillons européens : Espagne, Açores, îles atlantiques françaises, Porquerolles, Elbe, Sardaigne, Sicile, Corse et îlots des Lavezzi. Les patrons W, Y et Z sont par ailleurs très semblables entre eux, ne différant que pour 2 fragments.

Le dendrogramme UPGMA (Fig. 3) représentant la matrice des indices de similarité éclaire les différences entre types d'ADN mitochondrial. Elles varient de 0,32 % entre AZ et AW et 1,73 % entre AZ et BX. Les 2 types comprenant le patron B forment un premier groupe constitué à 0,65 % de divergence. Il ne comprend que des individus corses. Le second groupe réunit les autres types de DNA à des niveaux de divergence faibles : 0,32 % entre individus africains (AZ) et européens (AW); 0,47 % entre le type AY de l'île d'Elbe et les types AX de Corse. Les deux groupes ainsi constitués se rattachent à un niveau de divergence assez faible également puisqu'il atteint à peine 1,2 % (Tabl. II).

DISCUSSION - CONCLUSIONS

Tous les niveaux de divergence génétique mis en évidence par l'étude de l'ADN mitochondrial demeurent largement en deçà des valeurs habituellement observées entre espèces (plus de 10 %) ou entre sous-espèces (de l'ordre de 4 à 5 %). En fait, elles sont de l'ordre de ce que l'on observe couramment entre individus appartenant à une même métapopulation, voire à une même population. Brown et Simpson (1981), avec d'autres enzymes de restriction, ont obtenu des valeurs comparables (entre 0,2 et 2,3 %) pour des Rats d'Amérique du Nord et de Porto-Rico, certains types d'ADN mitochondrial parmi les plus distants (2,1 %) étant partagés par des animaux issus d'une même région (Floride). L'existence de lignées très différentes sur le plan génétique a cependant été mise en évidence par les mêmes auteurs qui ont trouvé que les Rats noirs de Sri Lanka constituaient au moins une sous-espèce à la fois distincte de la sous-espèce nominale de Floride ou de Californie (taux de divergence de 5,3 %) et de la souche d'Extrême-Orient (9,6 % de divergence), elle-même différente de la nominale (de 3,4 à 4,5 % de divergence).

Du point de vue de leurs patrons de restriction, les populations de Rats noirs d'Europe de l'Ouest testées ici sont très semblables entre elles. Le niveau de divergence est extrêmement faible mais, rapporté à l'échelle du temps, il indique néanmoins que certains des Rats qui ont envahi l'Europe appartenaient à des lignées mitochondriales distinctes puisque leur divergence remonte au moins à plusieurs dizaines de milliers d'années si l'on se réfère à l'horloge moléculaire de Wilson *et al.* (1985) : 120 000 ans au moins entre les clones AY et AW tous deux présents sur Elbe; plus de 330 000 ans entre AX et BW; tous deux présents en Corse.

Entre les Rats africains et les européens, la divergence est faible également (0,32 % pour la plupart). Toutefois, le fait que tous les individus

africains partagent le patron Z et que ce patron Z ne se trouve que chez eux, pourrait indiquer une colonisation de ce continent par une souche différente de celles qui ont envahi l'Europe. Des recherches complémentaires, portant sur un plus grand nombre d'individus et sur d'autres régions, notamment l'Égypte et le Proche-Orient demeurent indispensables pour vérifier cette hypothèse. Si elle se confirmait, cela signifierait que le peuplement des Açores s'est bien effectué à partir de l'Europe et non via les côtes africaines.

La présence dans une même région, parfois à la même station de capture, de patrons de restriction différents a déjà été mise en évidence chez le Mulot (*Apodemus sylvaticus*) par Michaux *et al.* (1996) et n'a donc rien de surprenant. Cela indique clairement que la colonisation n'est pas le fait d'un petit nombre d'individus ayant tous la même origine. Elle a pu se faire à plusieurs reprises ou par un stock d'animaux initialement non homogène.

Notre étude montre enfin qu'au vu des faibles divergences génétiques observées, il serait téméraire d'élever certaines populations étudiées au rang de sous-espèce en dépit de caractères morphologiques particuliers : différences de coloration, taille plus grande (Açores : Ramalhinho *et al.*, sous presse; îlots corses : Granjon et Cheylan, 1990; Vigne *et al.*, 1993) ou plus petite (Corse : Orsini et Cheylan, 1988; Afrique : données personnelles).

REMERCIEMENTS - Nous remercions les responsables et le personnel du Parc National de Port-Cros, du Conservatoire Botanique de Porquerolles, des Réserves naturelles de Scandola et des îles Lavezzi et Cerbicales. Nous remercions également le Dr M. Sara pour son aide en Sicile et en Tunisie, Nicodème Chabi et le Prof. Kora (ISBA, Cotonou) pour l'accueil dans leur laboratoire ainsi que M.R. Anciaux, Antoine et Eusèbe pour leur collaboration au Bénin. Les échantillons des Açores ont été réunis avec la collaboration de J.P. Clara, M. Collares-Pereira, G. Ferraz de Carvalho, J. Matos, M.M. Oom, F. Petrucci-Fonseca et M. Santos-Reis (programme STRIDE - projet de recherche 447/92 - JNICT) et grâce aux crédits de mission accordés par le FNRS au premier auteur. Pour la réalisation de l'étude génétique, nous avons bénéficié d'un financement du FRFC (2.4547.89) et de la bienveillance du Prof. R. Matagne qui nous a accueilli dans son laboratoire. Cette étude s'est également poursuivie dans le cadre des accords de coopération scientifique (Relations internationales) entre les Universités P.-et-M.-Curie de Paris VI (France) et de Liège (Belgique) et le Parc National de Port-Cros.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGERBJÖRN A., 1986. Gigantism in island populations of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) in Europe. *Oikos* 47 : 47-56.

- AUDOIN-ROUZEAU F. et J.D. VIGNE, 1994. La colonisation de l'Europe par le rat noir (*Rattus rattus*). *Rev. Paléobiol.* **13** : 125-145.
- BAKER R., M. HAIDUK, L. ROBBINS, A. CADENA & B. KOOP, 1970. Chromosomal studies of South American bats and their systematic implications. *Spec. Publ. Pymatuning lab. Ecol.* **6** : 303-327.
- BROWN G.G. and M.V. SIMPSON, 1981. Intra and interspecific variation of the mitochondrial genome in *Rattus norvegicus* and *Rattus rattus* : restriction enzyme analysis of variant mitochondrial DNA molecules and their evolutionary relationships. *Genetics* **97** : 125-143.
- DE BRUYN T., 1980-81. Huisrat (*Rattus rattus*) en bruine rat (*Rattus norvegicus*) in archeozoologische context. *Mém. Fac. Sc. Rijksuniv. Gent*, 75 p.
- FERRIS S.D., R.D. SAGE, C.M. HUANG J.T. NIELSEN U. RITTE & A.C. WILSON, 1983 a. Flow of mitochondrial DNA across a species boundary. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **80** : 2290-2294.
- FERRIS S.D., R.D. SAGE, E.M. PRAGER U. RITTE & A.C. WILSON, 1983(b). Mitochondrial DNA evolution in mice. *Genetics* **105** : 681-721.
- FRUTUOSO G., 1978. Livro sexto das saudades da terra. Instituto cultural de Ponta Delgada (Açores), 300 p.
- FRUTUOSO G., 1983. Livro terceiro das saudades da terra. Instituto cultural de Ponta Delgada (Açores), 432 p.
- GUILLEMETTE J.G. and P.N. LEWIS, 1983. Detection of subnanogram quantities of DNA and RNA on native and denaturing polyacrylamide and agarose gels by silver staining. *Electrophoresis* **4** : 92-94.
- GRANJON L. et G. CHEYLAN, 1990. Différenciation biométrique des rats noirs (*Rattus rattus*) des îles ouest-méditerranéennes. *Mammalia* **54** : 213-231.
- HIRST L.F., 1953. The conquest of plague. A study of the evolution of epidemiology. Oxford.
- LIBOIS R. et R. FONS, 1990. Le mulot (*Apodemus sylvaticus*) des îles d'Hyères : un cas de gigantisme insulaire. *Vie Milieu* **40** : 217-222.
- LIBOIS R.M., R. FONS et D. BORDENAVE, 1993. Mediterranean small mammals and insular syndrome : biometrical study of the long tailed field mouse (*Apodemus sylvaticus*) (*Rodentia, Muridae*) of Corsica. *Bonn. zool. Beitr.* **44** : 147-163.
- LOMOLINO M.V., 1985. Body size of mammals on islands : the island rule reexamined. *Amer. Natur.* **125** : 310-316.
- MICHAUX J.R., M.G. FILIPPUCCI, R.M. LIBOIS, R. FONS and R.F. MATAGNE, 1996. Biogeography and taxonomy of *Apodemus sylvaticus* (the Italian woodmouse) in the Tyrrhenian region : enzymatic variations and mitochondrial DNA restriction pattern analysis. *Heredity* **76** : 267-277.
- ORSINI P. et G. CHEYLAN, 1988. Les rongeurs de Corse : modification de taille en relation avec l'isolement en milieu insulaire. *Bull. Ecol.* **19** : 411-416.
- NEI M. and W.L. LI, 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A.* **76** (10) : 5269-5273.
- PALVA T.K. and E.T. PALVA, 1985. Rapid isolation of animal mitochondrial DNA by alkaline extraction. *F.E.B.S. Letters* **192** (2) : 267-270.
- RAMALHINHO M.G., M.L. MATHIAS, M.M. SANTOS-REIS, R. LIBOIS, R. FONS, F. PETRUCCI-FONSECA, M.M. OOM and M. COLLARES-PEREIRA. First approach on the skull morphology of the black rat (*Rattus rattus*) from Terceira and São Miguel islands (Azores archipelago). *Vie Milieu.* **46** : 3/4.
- SANDERS E.A.C. and J.W.F. REUMER, 1984. The influence of prehistoric and Roman migrations on the vertebrate fauna of Menorca (Spain). *Brit. Archaeol. Rep. Internat. Ser.* **229** : 119-144.
- TCHERNOV E., 1986. Commensal animals and Human sedentism in the Middle-East. *Brit. archaeol. Rep., Intl. Ser.* **202** : 91-115.
- TEGELSTRÖM H., 1986. Mitochondrial DNA in natural populations : an improved routine for the screening of the genetic variation based on sensitive silver staining. *Electrophoresis* **7** : 226-229.
- TEGELSTRÖM H. and JAAROLA M., 1989. Genetic divergence in mitochondrial DNA between the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) and the yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*). *Hereditas* **111** : 49-60.
- VAN VALEN L., 1973. Pattern and the balance of nature. *Evol. Theory* **1** : 31-49.
- VIGNE J.D., 1994. Les transferts anciens de mammifères en Europe occidentale : histoires, mécanismes et implications dans les sciences de l'homme et les sciences de la vie. In Des animaux introduits par l'homme dans la faune de l'Europe. Colloques d'Histoire des connaissances zoologiques, n° 5. Edités par L. Bodson, Université de Liège, 15-38.
- VIGNE J.D., G. CHEYLAN L. GRANJON et J.C. AUF-FRAY, 1993. Evolution ostéométrique de *Rattus rattus* et de *Mus musculus domesticus* sur de petites îles : comparaison de populations médiévales et actuelles des îles Lavezzi (Corse) et de Corse. *Mammalia* **57** (1) : 85-98.
- WILSON, A.C., R.L. CANN, S.M. CARR M. GEORGE, U.B. GYLLENSTEIN, K.M. HELM-BY-CHOWSKI, R.J. HIGUCHI, S.R. PALUMBI, E.M. PRAGER, R.D. SAGE and M. STONEKING, 1985. Mitochondrial DNA and two perspectives on evolutionary genetics. *Biol. J. Linn. Soc.* **26** : 375-400.
- YOSIDA, T.H., 1971. Karyotypic differences of black rats, *Rattus rattus*, collected in various localities of East and Southeast Asia and Oceania. *Chromosoma* **33** : 252-267.
- YOSIDA, T.H., K. TSUCHIYA, H. IMAI & K. MORIWAKI, 1969. New chromosome type of black rat, *Rattus rattus*, collected in Oceania and hybrids between Japanese and Australian rats. *Jap. J. Genet.* **44** : 89-91.
- YOSIDA, T.H., H. KATO, K. TSUCHIYA & K. MORIWAKI, 1971. Karyotypes and serum transferrin patterns of hybrids between Asian and Oceanian black rats, *Rattus rattus*. *Chromosoma* **34** : 40-50.
- YOSIDA, T.H., H. KATO, K. TSUCHIYA, T. SAGAI & K. MORIWAKI, 1974. Cytogenetical surgery of black rats, *Rattus rattus*, in Southwest and central Asia, with special regard to the evolution of relationship between three geographical types. *Chromosoma* **45** : 99-109.

Reçu le 10 mai 1996 ; received May 10, 1996

Accepté le 12 septembre 1996 ; accepted September 12, 1996

HELMINTHES PARASITES DES RONGEURS MURIDÉS DES ÎLES D'HYÈRES (VAR, FRANCE) : ASPECTS ÉCOLOGIQUES

Ecological features on the helminth fauna of Muridae species (Rodentia) in Hyères Archipelago (Var, France)

J. MIQUEL⁽¹⁾, J.C. CASANOVA⁽¹⁾, R. FONS⁽²⁾, C. FELIU^(1, 3),
B. MARCHAND⁽²⁾, J. TORRES⁽¹⁾ and J.P. CLARA⁽²⁾

⁽¹⁾ Laboratori de Parasitologia, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Av. Diagonal s/n, 08028 Barcelona, Espagne

⁽²⁾ Observatoire Océanologique, Laboratoire Arago, Université P.-et-M.-Curie (Paris 6) et CNRS URA 2156, 66651 Banyuls-sur-Mer cedex, France

⁽³⁾ Institut de Salut Pública, Campus Universitari de Bellvitge, Barcelona, Espagne

ÎLES D'HYÈRES
MURIDAE
RATTUS RATTUS
APODEMUS SYLVATICUS
MUS MUSCULUS
HELMINTHES

RÉSUMÉ. – L'analyse de l'helminthofaune a été effectuée sur 97 Rongeurs muridés (69 Rats noirs, *Rattus rattus* L., 1758, 20 Souris, *Mus musculus* L., 1758 et 8 Mulots, *Apodemus sylvaticus* L., 1758), capturés dans différentes stations des îles de Porquerolles, de Port-Cros et du Levant. Nous avons recensé 13 espèces d'Helminthes parasites : 2 Trématodes, 4 Cestodes et 7 Nématodes. Nos résultats sont caractéristiques des milieux insulaires et montrent, par rapport aux écosystèmes continentaux, une diminution du nombre des espèces parasites et une augmentation des prévalences et des charges parasitaires. L'étude des communautés d'Helminthes rencontrées chez ces trois Micromammifères ne montre pas d'association significative entre couples d'espèces parasites.

HYÈRES ARCHIPELAGO
MURIDAE
RATTUS RATTUS
APODEMUS SYLVATICUS
MUS MUSCULUS
HELMINTHES

ABSTRACT. – The Helminth fauna were analyzed on 97 Muridae Rodents (69 Black rats, *Rattus rattus* L., 1758, 20 Mice, *Mus musculus* L., 1758 and 8 Wood mice, *Apodemus sylvaticus* L., 1758) captured on the islands of Porquerolles, Port-Cros and Levant in different stations. Thirteen species of parasitic helminths were detected : 2 trematodes, 4 cestodes and 7 nematodes. The results are characteristics of insular ecosystems in comparison with continental ones : a decrease in the number of parasitic species and an increase in the prevalences and intensities of parasitism. The study of the helminth communities found in these three micromammals does not show any significant association between pairs of species.

INTRODUCTION

L'Archipel des îles d'Hyères est situé dans le bassin méditerranéen nord-occidental proche des villes françaises de Toulon et Hyères. 3 îles principales de type continental, proches du littoral varois (environ 2 à 10 km de la côte) ont été étudiées : Porquerolles, (la plus grande), Le Levant et Port-Cros, (la plus petite). Durant la dernière décennie des recherches sur les processus évolutifs liés à l'insularité ont été consacrées aux populations de Rongeurs de ces îles (Cheylan, 1984; Cheylan & Granjon, 1985; Cheylan *et al.*, 1995; Libois & Fons, 1990; Fons *et al.*, 1993; Libois *et al.*, 1996; Michaux *et al.*, 1996). En ce

qui concerne les Helminthes parasites seul un petit nombre d'études sur les Mammifères sauvages ont été réalisées dans les écosystèmes insulaires. Pour le bassin méditerranéen occidental, il n'existe que quelques données helminthologiques sur les Micromammifères (Insectivores et Rongeurs) de l'Archipel des Baléares, des îles Medas, des îles d'Hyères, et sur ceux de la Corse et de ses îlots satellites (Esteban, 1983; Mas-Coma *et al.*, 1984, 1987; Galán-Puchades *et al.*, 1989; Herrero, 1990; Fuentes, 1992; Jiménez, 1992). Notre étude, porte sur l'helminthofaune des trois espèces de Rongeurs Muridés présents sur l'Archipel des îles d'Hyères. Outre les données faunistiques, elle apporte également les premiers résultats sur l'écologie parasitaire.

Tabl. I. – A, Spectre qualitatif général de l'helminthofaune chez *R. rattus*, *M. musculus* et *A. sylvaticus* provenant des îles de Porquerolles, Port-Cros et Levant. DH = Dihétéroxène, DH? = Dihétéroxène facultatif, MxAG = Monoxène agéohelminthe, MxG = Monoxène géohelminthe, TH = Trihétéroxène. B, Spectre quantitatif de l'helminthofaune de *R. rattus* capturés sur les îles de Porquerolles, de Port-Cros et du Levant.

A, *Qualitative composition of R. rattus, M. musculus and A. sylvaticus helminth fauna in Porquerolles, Port-Cros and Levant islands. DH = Diheteroxenous, DH? = Facultative diheteroxenous, MxAG = Monoxenous ageohelminth, MxG = Monoxenous geohelminth, TH = Triheteroxenous. B. Qualitative composition of R. rattus helminth fauna in Porquerolles, Port-Cros and Levant islands.*

A	<i>R. rattus</i>			<i>M. musculus</i>	<i>A. sylvaticus</i>
	Porquerolles	Port-Cros	Levant	Porquerolles	Porquerolles
Trematoda					
<i>Brachylaima</i> sp. (TH)	*			*	
<i>Corrigia</i> sp. (TH)				*	*
Cestoda					
<i>Taenia taeniaeformis</i> (Batsch, 1796) larvae (DH)	*	*	*		*
<i>Hymenolepis diminuta</i> (Rudolphi, 1819) (DH)	*	*	*		
<i>Hymenolepis fraterna</i> (Stiles, 1906) (DH)	*				
<i>Skrjabinotaenia lobata</i> (Baer, 1925) (DH)					*
Nematoda					
<i>Aonchotheca annulosa</i> (Dujardin, 1843) (DH?)	*				
<i>Aonchotheca muris sylvatici</i> (Diesing, 1851) (DH?)	*	*			*
<i>Heligmosomoides polygyrus</i> (Dujardin, 1845) (MxG)					*
<i>Mastophorus muris</i> (Gmelin, 1790) (DH)	*	*	*		*
<i>Syphacia muris</i> (Yamaguti, 1935) (MxAG)	*		*		
<i>Syphacia obvelata</i> (Rudolphi, 1802) (MxAG)				*	
<i>Syphacia stroma</i> (von Linstow, 1884) (MxAG)					*

B	Porquerolles (n = 48)		Port-Cros (n = 14)		Levant (n = 7)	
	Prévalence	Charge (mini-maxi)	Prévalence	Charge (mini-maxi)	Prévalence	Charge (mini-maxi)
<i>Brachylaima</i> sp.	4,2	1,5 (1-2)	-	-	-	-
Total Trematoda	4,2		-		-	
<i>Taenia taeniaeformis</i> larvae	48,9	2,9 (1-37)	92,8	3,0 (1-22)	42,8	1,0 (1)
<i>Hymenolepis diminuta</i>	34,0	8,1 (1-81)	71,4	12,5 (1-54)	42,8	1,3 (1-2)
<i>Hymenolepis fraterna</i>	6,4	3,3 (1-5)	-	-	-	-
Total Cestoda	70,2		100		57,1	
<i>Aonchotheca annulosa</i>	14,9	8,3 (1-28)	-	-	-	-
<i>Aonchotheca muris-sylvatici</i>	4,2	42,5 (15-70)	14,3	8,5 (1-16)	-	-
<i>Mastophorus muris</i>	70,2	4,6 (1-28)	85,7	8,0 (1-20)	14,3	1,0 (1)
<i>Syphacia muris</i>	36,2	57,3 (3-339)	-	-	28,6	1261,5 (32-2491)
Total Nematoda	80,8		85,7		42,8	
Total général	89,4		100		100	

MATÉRIEL ET MÉTHODES

97 Rongeurs de trois espèces appartenant à la famille des Muridae ont été analysés : 69 Rats noirs, *Rattus rattus* L., 1758, 20 Souris, *Mus musculus* L., 1758 et 8 Mulots, *Apodemus sylvaticus* L., 1758. Ils ont été capturés sur trois îles. Sur Porquerolles nous avons récolté 48 Rats, 20 Souris et 8 Mulots. En revanche, sur les deux autres nous n'avons capturé que des Rats : 14 sur celle de Port-Cros et 7 sur celle du Levant. Les Helminthes ont été identifiés conformément aux descriptions précédentes de Baer & Tenora (1970), Mas-Coma & Feliu (1977), Feliu *et al.* (1980, 1984) et Hugot & Quentin (1985). Les prévalences et les charges parasitaires ont été calculées selon la méthodologie proposée par Margolis *et al.* (1982). Pour évaluer le degré de signification des associations parasitaires interspécifiques entre paires d'espèces nous avons utilisé le test de χ^2 ($p = 0,005$), avec la corrélation de continuité de Yates. Bien qu'aucune association binaire n'ait montré de signification statistique, pour les associations les plus fréquentes nous avons essayé d'établir le caractère de l'association et appliqué les indices de Forbes (F),

de Dice (D) et le coefficient de corrélation du point (ϕ) (Combes, 1983, 1987).

RÉSULTATS

Chez les 97 Rongeurs étudiés, 13 espèces d'Helminthes parasites ont été recensées : 2 Trématodes, 4 Cestodes et 7 Nématodes (Tabl. IA). Seules 3 espèces de parasites (*Taenia taeniaeformis* larvae, *Hymenolepis diminuta* et *Mastophorus muris*) sont présentes chez les Rats noirs de chacune des 3 îles (Tabl. IB, IIA, B). *M. muris* est également présent chez le Mulot de Porquerolles.

A Port-Cros, *R. rattus* montre des prévalences d'infestation par *T. taeniaeformis* larvae ($\chi^2 = 6,88$) et *H. diminuta* ($\chi^2 = 4,73$) significativement plus élevées qu'à Porquerolles. La prévalence est également significativement plus élevée entre Port-Cros et l'île du Levant pour *T. taeniaeformis* larvae ($\chi^2 = 3,97$).

Tabl. II. - A, Spectre quantitatif de l'helminthofaune de *M. musculus* (n = 20) provenant de l'île de Porquerolles. B, Spectre quantitatif de l'helminthofaune de *A. sylvaticus* (n = 8), capturés sur l'île de Porquerolles.

A, Qualitative composition of *M. musculus* (n = 20) helminth fauna in Porquerolles island. B, Qualitative composition of *A. sylvaticus* (n = 8), helminth fauna in Porquerolles island.

A	Prévalence	Charge (mini-maxi)
<i>Brachylaima</i> sp.	5,0	1,0 (1)
<i>Corrigia</i> sp.	50,0	92,2 (1-240)
Total Trematoda	60,0	
<i>Syphacia obvelata</i>	70,0	135,7 (5-526)
Total Nematoda	70,0	
Total général	85,0	

B	Prévalence	Charge (mini-maxi)
<i>Corrigia</i> sp.	12,5	25,0 (25)
Total Trematoda	12,5	
<i>Skrjabinotaenia lobata</i>	62,5	23,1 (6-51)
<i>Taenia taeniaeformis</i> larvae	12,5	1,0 (1)
Total Cestoda	62,5	
<i>Heligmosomoides polygyrus</i>	50,0	32,7 (4-79)
<i>Aonchotheca muris-sylvatici</i>	37,5	7,6 (1-13)
<i>Mastophorus muris</i>	25,0	1,5 (1-2)
<i>Syphacia stroma</i>	100	119,1 (3-353)
Total Nematoda	100	
Total général	100	

Pour le Nématode *M. muris*, les prévalences chez *R. rattus* à Porquerolles ($\chi^2 = 5.94$) et à Port-Cros ($\chi^2 = 7.29$) sont significativement plus élevées que chez les Rats de l'île du Levant.

Dans tous les cas, les prévalences globales (toutes espèces confondues) sont très élevées. Les charges parasitaires moyennes le sont également le plus souvent (Tabl. IA, IIA,B).

Sur l'île de Porquerolles, *A. sylvaticus* héberge 3 Helminthes présents également chez le Rat : *T. taeniaeformis* larvae, *Aonchotheca muris-sylvatici* et *M. muris*. La prévalence d'infestation par *M. muris* est significativement la plus importante chez le Rat noir ($\chi^2 = 4.24$). Le Mulot est l'hôte le plus fréquent de *A. muris-sylvatici* ($\chi^2 = 7.98$). En revanche, pour *T. taeniaeformis* larvae les différences observées ne sont pas significatives.

Enfin, le Trématode *Corrigia* sp. se trouve, sans différence significative de prévalence ou de charge parasitaire, à la fois chez *A. sylvaticus* et *M. musculus*.

Les 3 communautés d'Helminthes sont caractérisées essentiellement par la présence d'oxyuridés

Tabl. III. - Analyse des associations interspécifiques binaires les plus fréquentes. D = indice de Dice; F = indice de Forbes; ϕ = coefficient de corrélation du point j; χ^2 = test du chi 2. A.a. = *Aonchotheca annulosa*, Cor. = *Corrigia* sp., H.d. = *Hymenolepis diminuta*, H.p. = *Heligmosomoides polygyrus*, M.m. = *Mastophorus muris*, S.l. = *Skrjabinotaenia lobata*, S.m. = *Syphacia muris*, S.o. = *Syphacia obvelata*, S.s. = *Syphacia stroma*, T.t.l. = *Taenia taeniaeformis* larvae.

Analysis of the most frequent binary interspecific associations. D = Dices's coefficient; F = Forbes' index; ϕ = phi coefficient; χ^2 = chi square test. A.a. = *Aonchotheca annulosa*, Cor. = *Corrigia* sp., H.d. = *Hymenolepis diminuta*, H.p. = *Heligmosomoides polygyrus*, M.m. = *Mastophorus muris*, S.l. = *Skrjabinotaenia lobata*, S.m. = *Syphacia muris*, S.o. = *Syphacia obvelata*, S.s. = *Syphacia stroma*, T.t.l. = *Taenia taeniaeformis* larvae.

<i>R. rattus</i> Porquerolles	D	ϕ	F	χ^2
T.t.l.-H.d.	0,42±0,20	0,015	1,02	0,041
T.t.l.-A.a.	0,26±0,20	0,068	1,16	0,0037
T.t.l.-M.m.	0,67±0,14	0,26	1,17	2,25
T.t.l.-S.m.	0,40±0,19	-0,02	0,96	0,01
H.d.-M.m.	0,48±0,17	0,07	1,06	0,03
H.d.-S.m.	0,30±0,17	-0,07	0,86	0,03
A.a.-M.m.	0,35±0,18	0,27	1,42	2,01
M.m.-S.m.	0,40±0,17	-0,18	0,83	0,90

<i>R. rattus</i> Port-Cros	D	ϕ	F	χ^2
T.t.l.-H.d.	0,78±0,18	-0,17	0,96	0,24
T.t.l.-M.m.	0,88±0,13	-0,11	0,98	1,12
H.d.-M.m.	0,81±0,17	0,19	1,05	0,01

<i>R. rattus</i> Levant	D	ϕ	F	χ^2
T.t.l.-H.d.	0,66±0,57	0,41	1,55	0,10

<i>M. musculus</i> Porquerolles	D	ϕ	F	χ^2
Cor.-S.o.	0,58±0,23	-0,08	0,95	0,01

<i>A. sylvaticus</i> Porquerolles	D	ϕ	F	χ^2
H.p.-S.s.	0,66±0,30	indif.	1	indif.
H.p.-S.l.	0,44±0,40	-0,25	0,80	0,00
S.s.-S.l.	0,76±0,25	indif.	1	indif.

spécifiques. Chez le Rat on trouve ainsi *Syphacia muris*, chez la Souris *Syphacia obvelata* et chez le Mulot *Syphacia stroma*. Uniquement chez ce dernier on trouve également un autre Nématode *Heligmosomoides polygyrus* et un Cestode *Skrjabinotaenia lobata*. Les autres espèces parasites ne sont pas caractéristiques de ces helminthofaunes.

L'étude des associations entre paires d'espèces ne montre aucune combinaison significative (Tabl. III). Malgré le faible caractère positif ou négatif de quelques-unes de ces associations binaires, toutes doivent être considérées comme étant le fait du hasard.

DISCUSSION

Sur les trois îles étudiées, aussi bien d'un point de vue qualitatif que quantitatif, les helminthofaunes rencontrées montrent les caractéristiques typiques des écosystèmes insulaires (syndrome d'insularité). Ainsi, le nombre d'espèces d'Helminthes est inférieur tandis que les prévalences et les charges parasitaires sont plus élevées qu'en condition continentale (Roman, 1951; Furmaga, 1957; Schmidt, 1961; Tenora, 1963; Prokopic & Genov, 1974). Ces différences sont particulièrement marquées chez les Helminthes à cycle indirect.

On observe des différences importantes lors de la comparaison des helminthofaunes du Rat noir de l'île de Porquerolles (la plus grande) et de l'île de Port-Cros (la plus petite des îles prolectées). Ainsi à Porquerolles le spectre parasitaire de *R. rattus* est constitué de 8 Helminthes (un Trématode, 3 Cestodes et 4 Nématodes) alors qu'il n'est plus que de 4 à Port-Cros (2 Cestodes et 2 Nématodes). Inversement, les prévalences apparaissent toutes plus élevées à Port-Cros qu'à Porquerolles. Pour *T. taeniaeformis larvae* et *H. diminuta*, ces différences sont statistiquement significatives.

La présence très importante de *T. taeniaeformis larvae* sur ces îles s'explique très vraisemblablement par l'existence de conditions particulièrement favorables à son cycle de développement : présence d'un grand nombre de Chats haret et fréquence élevée des contacts entre hôtes intermédiaires (Rongeurs) et définitifs (Carnivores) due au confinement insulaire. Ce fait est particulièrement évident à Porquerolles, où existe une surpopulation de Chats haret.

M. musculus présente une helminthofaune très réduite, constituée uniquement de 3 espèces : *Brachylaima* sp., *Corrigia* sp. et *S. obvelata*. Cependant, il est intéressant de souligner la forte prévalence (50%) et la charge parasitaire très élevée de *Corrigia* sp. (92,2). En effet, ce Dicrocoelidae est connu pour ne parasiter les représentants du genre *Mus* que de façon très sporadique, sur tout

le continent européen (Feliu, 1980) comme sur les îles méditerranéennes (Fuentes, 1992).

Pour l'helminthofaune du Mulot, il est intéressant de noter l'absence de *Syphacia frederici*, espèce habituellement rencontrée chez ce Rongeur, en particulier lors de la présence d'autres Oxyuridae présentant un cycle évolutif similaire (*S. muris*, *S. obvelata* et *S. stroma*). De plus, tous ces Nématodes montrent habituellement des prévalences et des charges parasitaires élevées. Notons, toutefois, que Galán-Puchades *et al.* (1989), citent *S. frederici* chez le Mulot à Port-Cros. Si l'on considère la proximité entre les îles de Porquerolles et de Port-Cros et selon la théorie de Gorman (1975), la distance entre les deux îles ne serait pas une barrière infranchissable pour le Mulot. Il n'y a donc pas de raison évidente pour expliquer l'absence de cet Oxyuridae chez *A. sylvaticus* à Porquerolles. Toutefois, n'ayant pu observer qu'un petit nombre d'animaux nous ne pouvons conclure définitivement à l'absence de *S. frederici* à Porquerolles. Des études ultérieures sont indispensables pour répondre à cette question.

En ce qui concerne les associations entre paires d'espèces, elles semblent n'être dues qu'au hasard, puisque nous n'avons pu mettre en évidence aucune signification statistique. Ces associations existent entre espèces présentant une niche écologique et des besoins différents. Les associations binaires les plus fréquentes sont constituées par : a) des espèces typiquement colonisatrices comme *Hymenolepis* spp. ou *M. muris* qui, en écosystèmes insulaires, ne montrent pas de préférence nette pour un hôte défini et sont donc habituellement partagées entre plusieurs hôtes; b) des espèces avec une spécificité stricte, comme *S. muris* chez *R. rattus*, *S. obvelata* chez *M. musculus* et *S. stroma* chez *A. sylvaticus*.

REMERCIEMENTS - Nous remercions les Responsables et le Personnel du Parc National de Port-Cros et du Conservatoire Botanique de Porquerolles pour l'aide constante qu'ils nous apportent depuis de nombreuses années. Cette étude a bénéficié du soutien de l'Action Intégrée Franco-Espagnole (Programme Picasso), de l'Accord de Coopération interuniversitaire entre les Universités P.-et-M.-Curie (Paris 6, Relations internationales) et Barcelone (Espagne), du Parc National de Port-Cros, du « Comissionat per Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya » (GRQ 94-1057) et du projet DGICYT HF-114B.

BIBLIOGRAPHIE

- BAER J.C. & F. TENORA, 1970. Some species of *Hymenolepis* (Cestoidea) from rodents and from primates. *Acta Sc. Nat. Brno* 4 : 1-32.
- CHEYLAN G., 1984. Les mammifères des îles provençales. *Trav. sci. Parc nat. Port-Cros Fr.* 10 : 13-25.

- CHEYLAN G. & L. GRANJON, 1985. Ecologie d'une population de rats noirs *Rattus rattus* à Port-Cros (Var). Méthodologie et premiers résultats obtenus sur quadrat. *Trav. sci. Parc nat. Port-Cros Fr.* **11** : 109-130.
- CHEYLAN G., L. GRANJON & J. BRITTON-DAVIDIAN, 1995. Polymorphisme enzymatique de populations insulaires méditerranéennes de *Rattus rattus*. XIX^e Cong. Int. Mammalogie, Banyuls-sur-Mer 13-15 octobre. p. 5.
- COMBES C., 1983. Application à l'écologie parasitaire des indices d'association fondés sur le caractère présence absence. *Vie Milieu* **33** : 203-212.
- COMBES C., 1987. ABC de Parasitologie probabiliste et statistique. Ed. V.A. CNRS 698, Paris, 160 p.
- ESTEBAN J.G., 1983. Contribución al conocimiento de la helmintofauna de micromamíferos (Insectívoros y Roedores) de las islas Gimnésicas y Pitiusas (Archipiélago Balear, España). Thèse Univ. Valencia, 656 p.
- FELIU C., 1980. Contribución al conocimiento de la helmintofauna de micromamíferos ibéricos. Helminthos de Gliridae y Muridae (Rodentia). Thèse Univ. Barcelona, 556 p.
- FELIU C., S. MAS-COMA & J. GALLEGO, 1980. Contribucion al conocimiento de la helmintofauna de micromamíferos ibéricos. VII. Parasitos de *Mus musculus* Linnaeus, 1758 y *Mus spretus* Lataste, 1883 (Rodentia : Muridae). *Cir. Far.* **38** : 295-309.
- FELIU C., S. MAS-COMA & J. GALLEGO, 1984. Contribucion al conocimiento de la helmintofauna de micromamíferos ibéricos. VIII. Nuevos datos sobre parasitos de *Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758 (Rodentia : Muridae). *Rev. Iber. Parasitol.* **44** : 109-128.
- FONS R., M.C. SAINT GIRONS, P. ORSINI, J.P. CLARRA, & J. OLIVIER, 1993. Nouvelles données sur les mammifères de l'île de Porquerolles (Var, France). *Trav. sci. Parc nat. Port-Cros Fr.*, **15** : 171-176.
- FUENTES M.V., 1992. Ecología de los helmintos parásitos de Roedores en las islas Pitiusas de Ibiza y Formentera (Archipiélago Balear, España). Thèse, Univ. de Valencia, 393 p.
- FURMAGA J., 1957. The helminth fauna of field rodents (Rodentia) of the Lublin environment. *Acta Parasitol. Polon.* **5** (2) : 9-50.
- GALAN-PUCHADES M.T., C. FELIU, R. FONS & S. MAS-COMA, 1989. Contribución al conocimiento de la helmintofauna de roedores de las islas d'Hyères (Francia). I Congreso Ibérico de Parasitología, Cáceres : 146.
- GORMAN M., 1975. Island Ecology. Chapman and Hall Ltd., London, 79 p.
- HERRERO J.J., 1990. Estudio electroforético de poblaciones naturales insulares de la especie *Hymenolepis diminuta* (Rudolphi, 1819) (Cestoda : Cyclophyllidae : Hymenolepididae). Thèse Univ. Valencia, 206 p.
- HUGOT J.P. & J.C. QUENTIN, 1985. Etude morphologique de six espèces nouvelles ou peu connues appartenant au genre *Syphacia* (Oxyuridae, Nematoda), parasites de Rongeurs Cricétidés et Muridés. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*, 4e sér, 7, sect A, n^o 2 : 383-400.
- JIMÉNEZ A.M., 1992. Contribución al conocimiento de la parasitofauna de Micromamíferos de la isla de Córcega (Francia). Thèse Univ. Valencia, 421 p.
- LIBOIS R. & R. FONS, 1990. Le Mulot des îles d'Hyères : un cas de gigantisme insulaire. *Vie Milieu* **40** : 217-222.
- LIBOIS R., J. TORRICO, M.G. RAMALHINHO, J. MICHAUX, R. FONS & M.L. MATHIAS, 1996. Les populations de Rats noirs (*Rattus rattus*) insulaires de l'ouest de l'Europe. Essai de caractérisation génétique (caryotype et ADN mitochondrial). *Vie Milieu* **46** (3-4) : 213-218.
- MARGOLIS L., G.W. ESCH, J.C. HOLMES, A.M. KURIS & G.A. SCHAD, 1982. The use of ecological terms in parasitology. *J. Parasitol.*, **68** (1) : 131-133.
- MAS-COMA S., J.G. ESTEBAN, M.D. BARGUES & M.A. VALERO, 1987. La evolución de una fauna parasitaria en islas « continentales » : el caso de los helmintos de micromamíferos en las Gimnésicas y Pitiusas (Archipiélago Balear). In *Mamíferos y Helminthos* Ed. Ketres, Barcelona, 203-216.
- MAS-COMA S. & C. FELIU, 1977. Contribucion al conocimiento de la helmintofauna de micromamíferos ibéricos. IV. Parasitos de *Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758 (Rodentia : Muridae). *Rev. Iber. Parasitol.* **37** : 301-317.
- MAS-COMA S., C. FELIU & J.C. BEAUCOURNU, 1984. Parasitofauna de micromamíferos de les illes Medes. In *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Edited by J. Ros, I. Olivella and J.M. Gili. *Archiv. Secc. Ciè.* 73, I.E.C., Barcelona, 259-272.
- MICHAUX J., M.G. FILIPUCCI, R. LIBOIS, R. FONS & R. MATAGNE, 1996. Biogeography and systematics of the long tailed field mouse (*Apodemus sylvaticus*) in the Tyrrhenian region : enzymatic variation and mitochondrial DNA restriction patterns analysis. *Heredity* **76** : 267-277.
- PROKOPIC J. & T. GENOV, 1974. Distribution of helminths in micromammals (Insectivora and Rodentia) under different ecological and geographical conditions. *Ceskoslovenska Akademie*, Praha, 159 p.
- ROMAN E., 1951. Étude écologique et morphologique sur les Acanthocéphales et les Nématodes parasites des Rats de la Région Lyonnaise. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, sér. 1, Zool. **2** : 49-270.
- SCHMIDT R., 1961. Untersuchungen über die Enteroparasitenfauna des Magen-Darmtraktes und der Leibesöhle von Muriden (Rodentia) der Umgebung Halles unter besonderer Berücksichtigung der Cestoden und Nematoden. *Wissensch. Zeitsch. Martin-Luther. Univ. Halle-Wittenberg* **11** : 457-470.
- TENORA F., 1963. Review of parasitic worms in rodents of the genus *Apodemus* in Czechoslovakia. *Zool. Listy* **12** : 331-336.

Reçu le 25 mai 1996 ; received May 25, 1996
 Accepté le 12 juillet 1996 ; accepted July 12, 1996