



HAL
open science

ÉRADICATION DE POPULATIONS INSULAIRES DE SURMULOTS Archipel des Sept-Iles - Archipel de Cancale: Bretagne, France Norway rat eradication front Brittany islands (Sept-îles Archipelago - Cancale Archipelago)

M. Pascal, F. Siorat, J.-F. Cosson, H. Burin Des Roziers

► **To cite this version:**

M. Pascal, F. Siorat, J.-F. Cosson, H. Burin Des Roziers. ÉRADICATION DE POPULATIONS INSULAIRES DE SURMULOTS Archipel des Sept-Iles - Archipel de Cancale: Bretagne, France Norway rat eradication front Brittany islands (Sept-îles Archipelago - Cancale Archipelago). *Vie et Milieu / Life & Environment*, 1996, pp.267-283. hal-03100699

HAL Id: hal-03100699

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03100699v1>

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.

ÉRADICATION DE POPULATIONS INSULAIRES DE SURMULOTS

Archipel des Sept-Îles – Archipel de Cancale : Bretagne, France

*Norway rat eradication from Brittany islands
(Sept-Îles Archipelago – Cancale Archipelago)*

M. PASCAL*, **F. SIORAT****, **J.-F. COSSON***, **H. BURIN des ROZIERS*****

*Laboratoire de la Faune Sauvage du Centre INRA¹ de Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France

**Station Ornithologique de l'Île Grande, LPO², 22560 Pleumeur-Bodou, France

***10, rue Le Nôtre, FDGDEC³, 49044 Angers, France

BIOLOGIE DE LA CONSERVATION
MILIEUX INSULAIRES
ESPÈCES INTRODUITES
ÉRADICATION
RATTUS NORVEGICUS

BIOLOGICAL CONSERVANCY
ECOLOGICAL RESTORATION
ERADICATION
ISLAND ECOSYSTEM
ALIENS SPECIES
RATTUS NORVEGICUS

RÉSUMÉ. – Ce document expose la démarche qui a conduit à l'élaboration d'une méthode d'éradication des populations de Surmulots (*Rattus norvegicus*) de huit îles appartenant à deux archipels de la côte française de la Manche (Archipel des Sept-Îles, 36,1 ha – Archipel de Cancale, 2,7 ha), sa mise en application et l'ensemble des résultats réunis à la clôture de l'expérience, un an après sa mise en place. L'emploi simultané de la lutte par piégeage et de la lutte chimique (chlorophacinone à 50 mg/kg de blé), a permis d'obtenir en une seule opération d'un mois l'éradication du Surmulot en quelques 17 jours. Par ailleurs, retarder l'initialisation de la lutte chimique par rapport au piégeage a induit une réduction de 76% le flux de toxique dans le réseau trophique.

ABSTRACT. – This paper deals with the built up of an eradication method of the Norway rat (*Rattus norvegicus*) from eight islands belonging to two archipelagoes off the Brittany Channel coast (Sept-Îles, 36,1 ha and Cancale Archipelago, 2,7 ha). The eradication took place in September-October 1994 and long term control started in the same season in 1995. The eradication was carried out in less than 17 days within one month. The use of trapping and poison (chlorophacinone) successively permitted the reduction by 76% of the input of poison into the food web and reduced by the same percentage the secondary poisoning hazard. There was no evidence of impact on the native mammals (shrews) but 31 birds belonging to 4 passerine species died in traps.

I. INTRODUCTION

L'acclimatation d'une espèce exogène dans une île induit le risque de voir certains mécanismes de fonctionnement de son écosystème fortement perturbés. Ces perturbations induisent souvent la raréfaction, voire la disparition d'espèces indigènes et/ou endémiques (WCMC, 1992 *inter alia*). C'est pour cette raison que Diamond (1989) considère l'introduction d'espèces exotiques dans les milieux insulaires, souvent très riches en taxons

endémiques, comme l'une des principales causes de la perte de diversité biologique à l'échelle mondiale. Pour de nombreux spécialistes de la Biologie de la Conservation, l'éradication de ces espèces exogènes constitue un préalable indispensable à la restauration de milieux insulaires perturbés (Cameron *et al.*, 1985; Burger & Gochfeld, 1994; Parkes, 1990; Chapuis *et al.*, 1996 *inter alia*).

En France, diverses îles des côtes de Bretagne se sont vues conférer un statut de protection (Réserve de Biosphère, Réserve Naturelle, Réserve

¹ : INRA – Institut National de la Recherche Agronomique; ² : LPO – Ligue pour la Protection des Oiseaux; ³ : FDGDEC – Fédération Départementale de Défense contre les Enemis des Cultures; ⁴ : ONC – Office National de la Chasse; ⁵ : SEPNEB – Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne; ⁶ : La description cotée du piège INRA a été publiée par Guédon *et al.*, 1990. Les deux types de pièges sont fabriqués par BTS, 41, chemin des Torcols, 25000 Besançon, France; ⁷ : ACTA – Association de Coordination Technique Agricole.

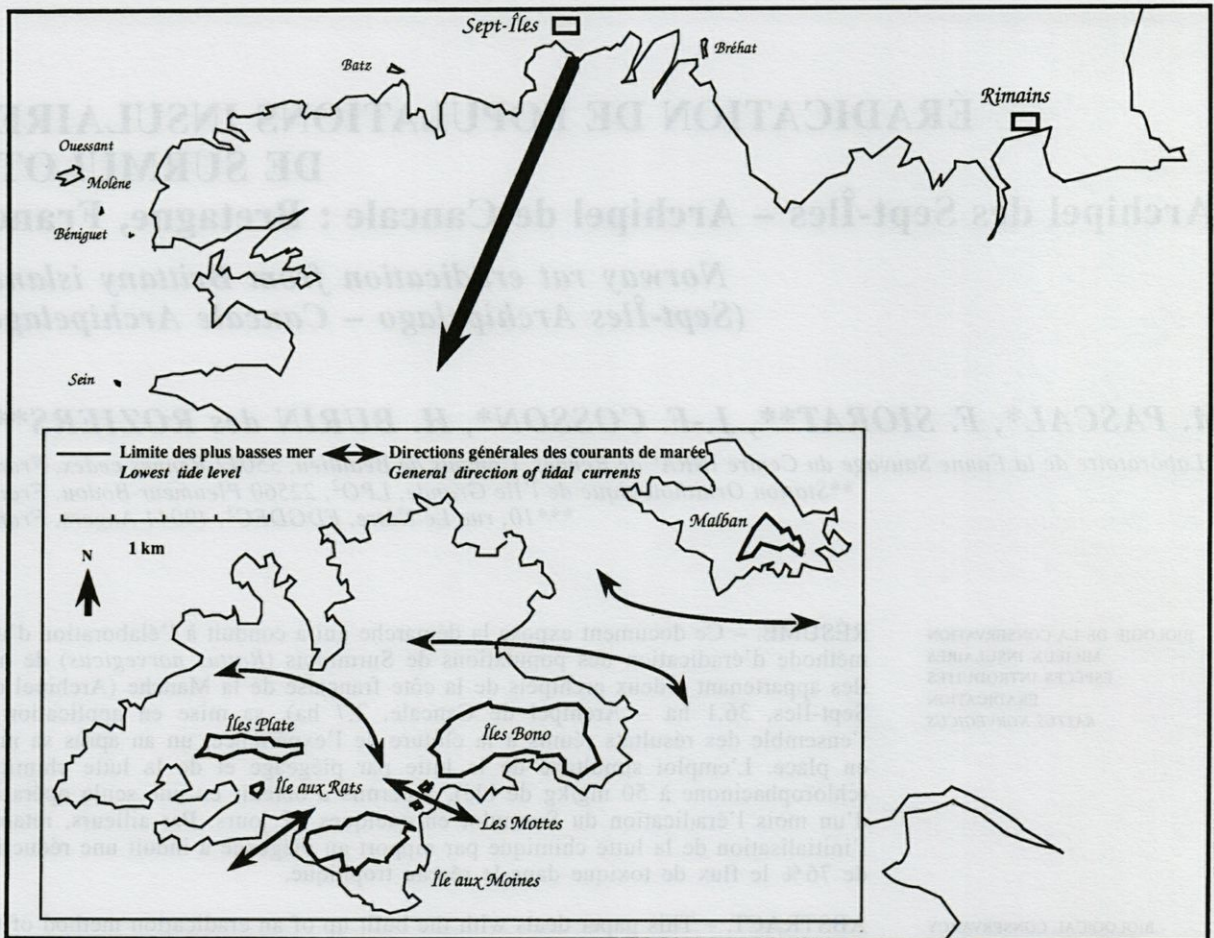


Fig. 1. – Localisation des sites expérimentaux.
Experimental sites.

de Chasse et de Faune...) en raison de l'intérêt patrimonial de leur flore et de leur faune, tout particulièrement de leur avifaune marine. Nombre de ces îles hébergent des populations de Surmulots (*Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769)) (Heim de Balsac 1940a, 1940b, 1951; Milon, 1966; Saint Girons & Nicolau-Guillaumet, 1987; Dheilly, 1995; Pascal *et al.*, 1994). Ce rongeur est l'un des 3 Muridés, les 2 autres étant *R. rattus* (Linnaeus, 1758) et *R. exulans* (Peale, 1848), qu'en 3 000 ans l'Homme a introduit dans 82% des îles ou archipels du monde (Atkinson, 1985). Dans ces milieux, il a la réputation d'être un redoutable prédateur d'Oiseaux en général, et en particulier de ceux dont la nidification est hypogée (Moors & Atkinson, 1984; Burger & Gochfeld, 1994).

Soucieux de préserver les populations d'Oiseaux marins des îles dont ils ont la responsabilité, d'en restaurer les effectifs et/ou de se prémunir contre la colonisation par le rongeur d'îles indemnes à partir d'îles voisines infestées, les organismes gestionnaires de certaines réserves de Bretagne (LPO, ONC⁴, SEPNB⁵) ont envisagé de

tenter l'éradication des populations de Surmulots de certains sites.

Entreprendre de telles opérations ne peut cependant faire l'économie d'une analyse spécifique destinée à apprécier, d'une part le caractère exogène de l'espèce, d'autre part la ou les conséquences indésirables que sa disparition pourrait engendrer pour son écosystème d'accueil (Usher, 1989; Chapuis *et al.*, 1996). Cette analyse a été menée pour les îles bretonnes (Pascal *et al.*, 1996) et a conduit à conclure que, selon toute vraisemblance, le Surmulot y a été introduit par l'Homme il y a moins de 500 ans, et que le risque de générer des troubles écologiques majeurs en éliminant ses populations insulaires apparaît dérisoire au regard des dégâts qu'une abondante littérature lui attribue. En conséquence, la décision a été prise de tenter l'éradication des populations de Surmulots de plusieurs îles de l'Archipel des Sept-Îles et de celui de Cancale (Fig. 1).

L'éradication d'espèces exogènes en milieu insulaire a fait et fait l'objet de nombreuses publications (Pascal, 1980; Calvopina, 1985; Veitch,

1985; Van Rensburg, 1986; Van Rensburg *et al.*, 1987; Veitch & Bell, 1990; Chapuis, 1994; Chapuis & Barnaud, 1995...), certaines spécifiquement consacrées aux Muridés (Moors *et al.*, 1992), voire au Surmulot (Moors, 1985; Thomas & Taylor, 1988; Taylor & Thomas, 1989). D'après Moors *et al.* (1992), ce Rongeur a été éliminé par voie chimique (monofluoracétate de sodium, brodifacoum, bromadiolone) de 7 îles néo-zélandaises, certaines pouvant atteindre la surface de 173 ha. Le projet d'éradiquer le Surmulot de plusieurs îles bretonnes pouvait donc *a priori* être considéré comme réalisable et se résumer à une simple application technique. Cependant, si les auteurs des travaux néo-zélandais se sont préoccupés d'apprécier, afin de les limiter, les impacts éventuels des techniques de luttés sur diverses espèces non cibles appartenant à plusieurs taxons, ils ont écarté les Mammifères de leur champ d'investigation pour l'excellente raison que leurs îles sont toutes dépourvues de Mammifères terrestres autochtones. Or, à titre d'exemple, McIlroy et Gifford (1991) ont montré qu'en milieu continental australien l'emploi d'appâts au monofluoracétate de sodium (nom commercial, 1080) engendre une réduction de 90% des effectifs de l'exotique Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) sans impact notable sur les populations autochtones d'Oiseaux et de Marsupiaux, mais provoque par intoxication indirecte un déclin de 75% des populations de Renard roux (*Vulpes vulpes*). Ce Carnivore, comme le Lapin de garenne, a été introduit sur le territoire australien. Les auteurs du document se félicitent donc du double effet des opérations de lutte. L'appréciation eut été bien différente si l'expérimentation s'était déroulée en milieu continental européen. En d'autres termes, envisager un simple transfert technique présentait de réels dangers. Restait à élaborer une stratégie adaptée aux conditions locales.

Quand la décision de tenter l'éradication du Surmulot a été prise, la composition spécifique de l'avifaune de l'Archipel des Sept-Îles, et dans une moindre mesure, de celui de Cancale était bien connue (Milon, 1966; Pénicaut, 1979; Siorat & Bredin, 1996), mais celle de leurs peuplements mammaliens n'avait fait l'objet d'aucun travail systématique. Seule était signalée la présence du Surmulot sur l'ensemble des îles de l'Archipel de Cancale et sur 4 îles de l'Archipel des Sept-Îles (Bono, île aux Moines, île Plate, île aux Rats (Milon, 1966)), du Lapin, espèce introduite en 1899 (Salembier, 1994), sur l'Île aux Moines, l'Île Bono et Malban, et d'une Musaraigne au statut spécifique inconnu sur l'Île Rouzic. Comme des travaux relativement anciens avaient montré que d'autres îles du littoral breton hébergaient par ailleurs 6 taxons mammaliens endémiques, tous élevés au rang de sous-espèce (Heim de Balsac 1940 a,b, 1950; Heim de Balsac & de Beaufort, 1966 a,b), il importait d'établir la composition du

peuplement mammalien des îles soumises à l'expérimentation afin d'étendre aux Mammifères les mesures de précaution prises essentiellement à ce jour au bénéfice des Oiseaux.

L'objet de cet article est :

— d'exposer la réflexion qui a conduit au choix de la méthode d'éradication, choix qui a été largement influencé par l'éventuelle présence de taxons mammaliens indigènes et par le statut de réserve conféré à la plupart des îles soumises à expérimentation,

— puis de décrire les résultats obtenus à l'occasion de 2 opérations d'éradication qui se sont déroulées dans le courant de 1994, l'une sur le domaine privé de l'Archipel de Cancale (Île des Rimains, Îlot Chatellier et Rocher de Cancale), l'autre sur la Réserve Naturelle de l'Archipel des Sept-Îles (Île Plate, Île aux Rats, Île Bono, les Mottes, Île aux Moines).

— de tenter d'identifier les limites et les avantages de la méthode employée.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Démarche méthodologique

Trois contraintes majeures ont été prises en compte dans la démarche méthodologique, et ont directement influé sur la chronologie et la nature des interventions (Fig. 2) :

— réduire au seuil le plus bas les impacts potentiels de la lutte sur les espèces non cibles, les éventuels Mammifères d'une part, les Oiseaux d'autre part,

— optimiser l'efficacité de la méthode de lutte afin d'en réduire le nombre d'épisodes et leur durée,

— contrôler, autant que possible, l'efficacité du ou des processus de lutte employés.

Pour pallier la méconnaissance de la composition de la faune micromammalienne des îles, il importait en tout premier lieu d'en faire l'inventaire, dans la mesure du possible exhaustif et non traumatisant. A la lumière des résultats de cet inventaire, il a été procédé à l'appréciation des risques que pouvaient représenter pour les Mammifères les diverses techniques de lutte retenues *a priori* pour leur faible risque à l'égard de l'avifaune locale. A l'issue de cette appréciation, 3 types de décision restaient possibles : — l'abandon du projet si les risques étaient jugés trop importants; — une adaptation des méthodes de lutte afin de les réduire à un niveau raisonnable; — l'initialisation de la phase de lutte dans la continuité de la phase d'inventaire afin de limiter le nombre d'épisodes et la durée des perturbations liées à la présence humaine si le risque était jugé minime.

3 variables susceptibles de fortement influencer sur l'efficacité de la méthode de lutte ont été prises en considération :

— la situation de la période d'intervention au cours du cycle annuel,

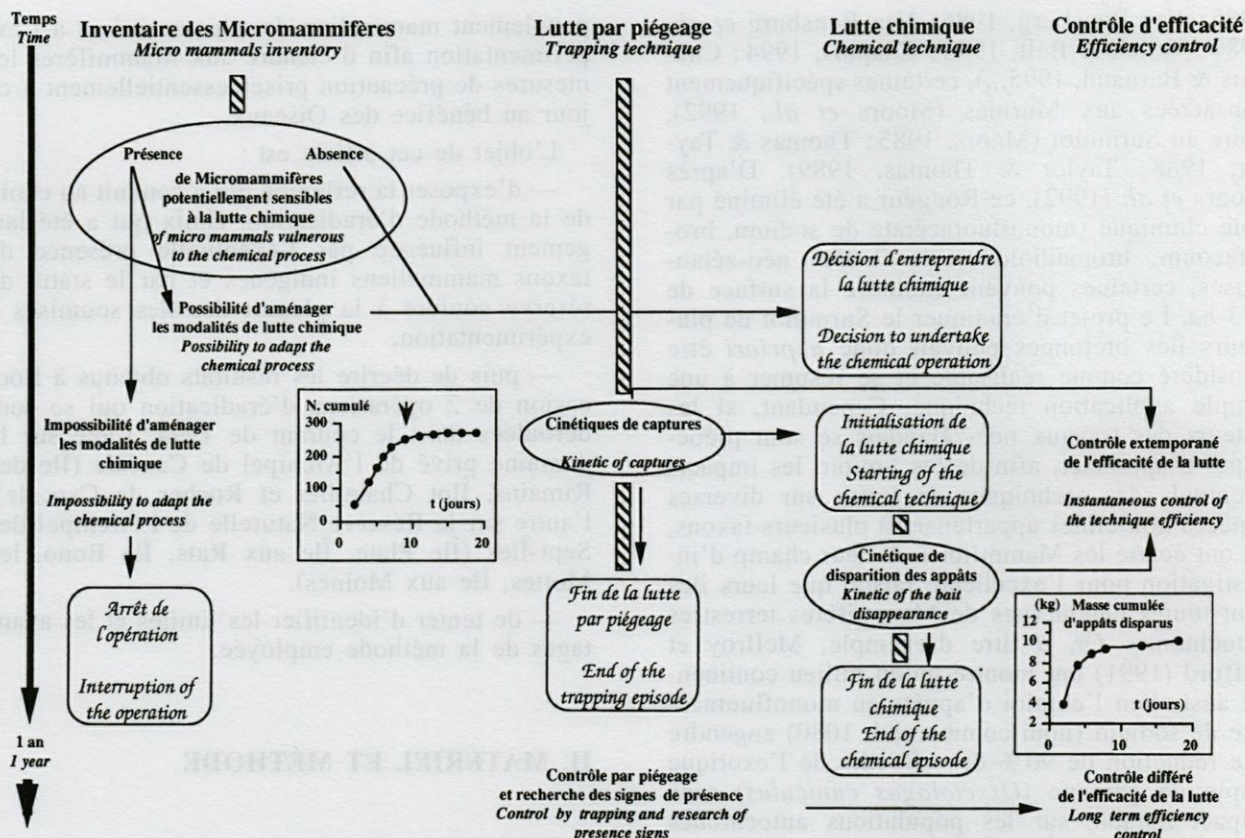


Fig. 2. – Démarche méthodologique empruntée pour tenter l'éradication du Surlulot (*Rattus norvegicus*) de 8 îles du littoral de Bretagne.

Methodology followed for the eradication of the Norway rat (*Rattus norvegicus*) from 8 islands of two Archipelagos off the Brittany coast.

- la ou les techniques de lutte retenues,
- certaines modalités de leur application.

La phase finale de la période hivernale (janvier-février sous nos latitudes) est réputée la plus favorable à l'engagement d'une lutte contre des Rongeurs sauvages (Moors, 1985; Pascal, 1988...). Elle est sensée correspondre à un épisode de pénurie alimentaire favorisant l'effet attractif des appâts, et à une période du cycle annuel où l'effectif des Rongeurs est à son plus bas niveau, toute activité de reproduction étant interrompue, ce qui autorise un effort de lutte de moindre ampleur. Cependant, la difficulté d'accès aux îles pendant l'hiver entraînait le risque de ne pouvoir contrôler avec rigueur les opérations. Par ailleurs, il était préférable de ne pas intervenir entre mars et août afin d'éviter les dérangements pendant la période de nidification et d'émancipation des Oiseaux. La prise en compte de ces divers arguments et du contexte local a conduit à retenir la période s'étalant de la mi-septembre à la mi-octobre pour opérer sur l'Archipel des Sept-Îles et celle s'étalant de la mi-juin à la mi-juillet pour opérer sur celui de Cancale. En d'autres termes, au moment où ces décisions ont été prises, la période retenue pour agir sur l'Archipel des Sept-Îles minimisait au mieux les risques pour l'avifaune mais se situait, selon toute vraisemblance, à un moment du cycle annuel où l'effectif du Surlulot était à son maximum, sa reproduction en déclin, voire interrompue, et sa population constituée

essentiellement de subadultes et d'adultes. Pour l'Archipel de Cancale, la période retenue ne minimisait pas pleinement les risques pour l'avifaune, se situait à une période de forte croissance démographique du Rongeur dont la population devait être composée pour l'essentiel d'adultes et de juvéniles.

Si diverses contraintes ont compromis un choix pleinement satisfaisant de la période d'intervention, peu influèrent sur celui des techniques de lutte. Celles utilisées à l'encontre de Rongeurs ravageurs des cultures sont traditionnellement regroupées sous 3 rubriques : lutte biologique, lutte physique et lutte chimique. Le concept de lutte intégrée, élaboré par les spécialistes des Invertébrés ravageurs (Biliotti, 1975; Milaire, 1978, 1986 *inter alia*) et étendu aux vertébrés ravageurs (Pascal, 1988b *inter alia*), repose sur l'optimisation de l'usage de ces techniques et la recherche de leurs éventuelles synergies ou complémentarités. Il a guidé la réflexion dans le cas présent. Les perspectives qu'offrent les 3 catégories de techniques de lutte ont été analysées dans un document récent (Musard & Pascal, 1991). Si les premiers essais de lutte biologique par dissémination de pathogènes remontent au siècle passé (Cuénaux, 1915), l'emploi de cette technique se heurte actuellement à des difficultés méthodologiques, légales et éthiques difficilement contournables. L'éventualité de son utilisation sur les îles a été rapidement abandonnée. Limités à 2 espèces mammaliennes non cibles dans le

cas présent, le Lapin de garenne et le Renard roux (Bradley, 1994), les très récents travaux portant sur l'immunocontraception ne sont pas encore suffisamment avancés pour en espérer des applications prochaines en milieu naturel (Tyndale-Biscoe, 1994). La faune des îles ne comportant aucun prédateur mammalien autochtone, le développement d'une lutte biologique par lâcher de prédateurs naturels ne pouvait reposer que sur l'utilisation de rapaces. Outre qu'elle n'est pas maîtrisée actuellement, cette technique n'offre guère de perspective quand le but poursuivi est l'éradication d'une espèce proie. Ne subsistent donc que la lutte par piégeage et la voie chimique. A notre connaissance, aucune de ces 2 techniques employée seule n'a permis l'élimination totale d'une population de Rongeurs en une unique et brève opération de lutte. Moors (1985) signale avoir obtenu en Nouvelle-Zélande l'élimination de la population de Surmulots d'Otata après 3 années de campagne de lutte chimique et obtenu par piégeage la quasi disparition de celle de Motuhoropapa en une seule année de piégeage intensif. Associer ces 2 techniques au cours d'une même opération paraissait prometteur. C'est cette option qui fut retenue.

Si le choix d'utiliser en synergie deux techniques de lutte a été guidé par un souci d'efficacité, cette option offrait en outre la possibilité de tenter la réduction du flux de toxique au sein du réseau trophique insulaire en différant l'épisode de lutte chimique par rapport à celui du piégeage : les sujets capturés avant la mise en place des appâts toxiques sont autant d'individus qui ne pourront contaminer prédateurs, charognards et décomposeurs non cibles.

Enfin, pour limiter les déplacements générateurs de perturbations et tenir compte du comportement de néophobie particulièrement marqué chez le Surmulot, les pièges et les tubes destinés à recevoir les appâts toxiques ont été disposés simultanément. Il a été prévu de les localiser aux mêmes nœuds d'une maille carrée de dimension inférieure à celle de 40 m × 40 m utilisée par Moors (1985) et choisie par cet auteur sur la base des valeurs moyennes entre captures successives obtenues à l'occasion d'un travail mené en Nouvelle-Zélande : 113 m pour les mâles et 49 pour les femelles (Moors, 1979). La forme parfois très découpée du rivage et l'existence de fortes déclivités générant des surfaces gauches sur lesquelles il est délicat de plaquer un maillage carré ont conduit à moduler ce protocole. C'est ainsi que le dispositif de piégeage définitif a été constitué de lignes de pièges disposées le long de courbes de niveau distantes de 30 m au plus les unes des autres. La plus basse de ces lignes, la plus longue et donc la mieux dotée en postes de piégeage et d'appâtage, a été établie au-dessus de la limite supérieure de l'estran, hors de portée des eaux, dans la zone réputée la plus riche en Surmulots.

Si différer la mise en application de la lutte chimique par rapport à la phase de piégeage a été une option prise dans la perspective de réduire les risques d'intoxication secondaire, cette décision a généré une interrogation : à l'issue de quelle durée de piégeage convenait-il d'entamer la lutte chimique pour atteindre ce but ? En toute rigueur, il aurait fallu attendre l'épuisement par piégeage de la fraction capturable de la population. Cette option menaçait de prolonger considérablement la durée de l'expérience sans réduction appréciable du risque écotoxicologique car le nombre

de captures observé pendant la longue phase finale de la cinétique de capture (évolution au cours du temps du nombre cumulé de captures) est négligeable au regard de celui observé pendant la première phase (Pascal, 1984 *inter alia*) (Fig. 2). En conséquence, il a été retenu de déclencher la lutte chimique après l'apparition du fort ralentissement du nombre de captures qui préfigure la phase « plateau » de la cinétique. De même, l'apparition de la phase plateau des cinétiques de disparition d'appâts (évolution de la masse cumulée d'appâts disparus au cours du temps) a-t-elle constituée le signal retenu pour fixer la fin de la lutte chimique.

Cependant, l'obtention d'un plateau pour l'ensemble de ces cinétiques n'a qu'une valeur limitée. Elle signifie que l'ensemble des sujets susceptibles d'être piégés l'ont été, et que l'ensemble des sujets susceptibles de prélever des appâts et de disparaître à l'issue de ce comportement, ont disparu. En d'autres termes, cette évaluation extemporanée de l'efficacité de l'opération d'éradication n'a rien d'absolu, certains sujets pouvant être réfractaires à la fois au piège et à la lutte chimique. Partant de l'hypothèse que les descendants de ces sujets réfractaires ne manifesteraient pas obligatoirement les mêmes caractéristiques comportementales, il a été retenu de laisser aux éventuels rescapés de l'opération d'éradication la possibilité de se reproduire pendant une année pleine, puis de tenter la capture de leur descendance par la remise en place de l'essentiel du dispositif de piégeage initial. Une recherche systématique des indices de présence de l'espèce a été associée à cette opération de piégeage comme le préconise Moors *et al.* (1992). Il est vrai qu'à nouveau l'absence de capture et d'indice de présence du rongeur ne constitue pas en soit une preuve absolue du succès de l'éradication. Elle en renforce cependant la présomption. Seule l'accumulation des observations au cours de longues périodes de temps pourra transformer cette présomption en certitude.

En résumé, le protocole retenu comporte quatre phases successives, l'initialisation et/ou les modalités de certaines d'entre elles étant conditionnées par les résultats de la ou des précédentes (Fig. 2) : - inventaire des micromammifères - lutte par piégeage - lutte chimique et poursuite de la lutte par piégeage - évaluation à long terme de l'efficacité de la lutte.

2. Sites expérimentaux

La localisation géographique des sites expérimentaux est précisée sur la Figure 1. Quelques-unes de leurs caractéristiques géographiques sont présentées dans le tableau I. Le site expérimental de l'Archipel de Cancale comprend l'île des Rimaux dont l'essentiel de la superficie toujours émergée est couverte par les bâtiments d'un fort Vauban, et un groupe de deux îlots, l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale, distants du continent d'environ 300 m et séparés l'un de l'autre seulement par marée haute de fort coefficient. Le terme d'îlot Chatellier couvrira dans la suite de ce texte l'ensemble de ces 2 îlots. Le site expérimental de l'Archipel des Sept-Îles comprend l'Île Plate, l'Île aux Rats, l'Île Bono, les Mottes et l'Île aux Moines, seule île de l'Archipel occupée par l'Homme à année entière. Ces îles et îlots sont reliés entre eux par marée basse de fort coefficient, situation qui a conduit à les traiter simultanément. De forts courants de marée animent les eaux de ces 2 archipels.

3. Techniques de piégeage

Dans la perspective de pouvoir relâcher les individus appartenant à des espèces non cibles, le piégeage a été réalisé au moyen de pièges non vulnérants et susceptibles de capturer le plus large spectre possible d'espèces. Riche d'une expérience précédente (Pascal *et al.*, 1994), le choix s'est porté sur la ratière Manufrance (version INRA pliante à une seule porte) et le piège «Le Chappelier» plus communément connu sous le nom de piège INRA⁶. Chaque piège a été appâté au moyen d'un agglomérat de flocons d'avoine liés par du beurre d'arachide (Howell, 1991; Pascal *et al.*, 1994) associé, pour les seuls pièges INRA, à un cube d'emmental destiné à attirer d'éventuelles Musaraignes. Ces appâts ont systématiquement été renouvelés lors de leur disparition. Un poste de piégeage est constitué par 2 pièges, une ratière Manufrance et un piège INRA, localisés à moins de 50 cm l'un de l'autre. Le piège INRA a été retiré à la fin de la phase d'inventaire.

4. Choix de la molécule et technique de lutte chimique

La liste des matières actives entrant dans la composition d'appâts destinés à la lutte contre des Rongeurs et plus particulièrement des Rats et Souris en milieu naturel est strictement définie par la législation française (J.O, 1988, 1991; Musard & Grolleau, 1991). Au moment de l'élaboration du projet, à l'exception du scilliroside dont l'application est limitée au Ragondin et au Rat musqué, ces molécules appartiennent toutes à la famille des anticoagulants et comptent, dans l'ordre chronologique de leur apparition sur le marché, le coumafène, le chlorophacinone, la bromadiolone et le brodifacoum, excluant le monofluoracétate de sodium, l'une des substances actives utilisées sur les îles néo-zélandaises (Cluzeau, 1994). Les conditions d'emploi du brodifacoum sont particulièrement restrictives en raison de sa forte efficacité qui a pour conséquence une moindre sélectivité et une plus forte rémanence que les autres molécules anticoagulantes citées.

Cet ordre chronologique correspond à une augmentation de l'efficacité des molécules en terme de DL₅₀, donc de risque toxicologique. Cette évolution a été commandée par l'apparition de phénomènes de résistance observés dès 1958 sur des populations de Surmulots, très rapidement après la mise sur le marché du coumafène en 1947 (Lund, 1964; 1984; Greaves, 1971, Jackson *et al.*, 1975). La base génétique de cette résistance a été établie. Bishop *et al.* (1977), puis Partridge (1979), ont montré que les individus résistants présentaient des performances de reproduction inférieures à celles des sujets non résistants. Par ailleurs, Greaves (1994) a montré que les sujets résistants de certaines populations manifestent des besoins en vitamine K environ 20 fois supérieurs à ceux des sujets non résistants de la même population. La mise en évidence de ces différences a permis d'expliquer, d'une part la croissance de la proportion d'individus résistants dans les populations soumises à un empoisonnement chronique, d'autre part, la restauration, au moins partielle, de la sensibilité à la suite de la suspension des traitements. Greaves *et al.* (1977) ont montré qu'une population

soumise à des traitements peu fréquents et peu intensifs au coumafène comptait moins de 10% d'individus résistants, Nahas *et al.* (1986) que 28,2% des individus résistants au coumafène conservaient une sensibilité au chlorophacinone, et Marsh (1977), puis Marsh *et al.* (1980), que 86% des individus de populations résistantes au coumafène demeuraient sensibles à la bromadiolone. Enfin, d'après Greaves (1994), de nombreuses études montrent un net déclin de la résistance à la suite d'une interruption de 2 à 4 ans des traitements aux anticoagulants.

La rapide apparition de la résistance au coumafène et le maintien d'un taux relativement élevé d'individus résistants lors de traitements peu fréquents sont les 2 arguments qui ont conduit à écarter cette molécule en première analyse. Le choix entre les 2 matières actives restantes a été réalisé à la suite d'une enquête destinée à établir, dans la mesure du possible, l'histoire locale d'une éventuelle lutte chimique contre les Rongeurs. Après enquête, aucune des îles soumises à l'expérience n'aurait fait l'objet d'opérations de dératisation chimique soutenues et continues dans les 10 années écoulées à l'exception de l'île des Rimains, habitée à année entière par un couple de gardiens qui y réalisent une lutte chimique permanente au chlorophacinone suite à 2 tentatives infructueuses d'éradication menées par 2 sociétés de dératisation, en 1992 et 1993. Ces apparents échecs ont pour cause très probable la réinfestation de l'île à partir du très proche îlot Chatellier qui, hébergeant une forte population murine, n'a jamais été traité. Le maintien du Surmulot sur l'île des Rimains n'aurait donc vraisemblablement pas pour cause l'émergence d'un noyau d'individus résistants. Les rapports d'activité de la Réserve des Sept-Îles font état de campagnes de lutte menées en février, sur l'Île Plate en 1982, puis, sur l'Île Plate et l'Île aux Rats en 1986, 1987 et 1988. Ces rapports évoquent l'emploi de blé empoisonné sans préciser la nature exacte de l'anticoagulant (probablement le chlorophacinone), ni les modalités de dépôts des appâts, ni celles de contrôle de l'efficacité des traitements. En conclusion, l'îlot Chatellier, réservoir probable des colonisateurs de l'île des Rimains, n'aurait jamais été le siège d'une lutte chimique, et le plus récent traitement réalisé sur les Sept-Îles remonterait à plus de 6 ans. Les conditions semblaient donc remplies pour fixer le choix sur le chlorophacinone. Ce choix permettait en outre, en cas d'apparition de phénomènes de résistance, de disposer d'une molécule de substitution très active, la bromadiolone, qui, comme le chlorophacinone, offre aujourd'hui, d'après Lorgue (1991), «les meilleures garanties vis-à-vis du risque pour les espèces non cibles et pour l'environnement».

Au début de la phase d'empoisonnement, chaque poste d'appâtage constitué d'un tube en PVC de 50 cm de long et de 100 mm de diamètre destiné à prévenir la consommation d'appâts par Lapins et Oiseaux, a reçu 500 g de blé enrobé d'un concentrat huileux de chlorophacinone à la concentration de 50 mg de matière active par kg d'appât. Cette même masse d'appât a été renouvelée chaque fois qu'à l'occasion d'un contrôle, la masse résiduelle se révélait inférieure à 250 g. Sur l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale, la consommation d'appât étant très faible 5 j après leur mise en place, des boulettes de flocons d'avoines agglomérés par du beurre d'arachide ont été glissées dans les tubes des postes d'appâtage dans l'espoir d'en augmenter l'attractivité.

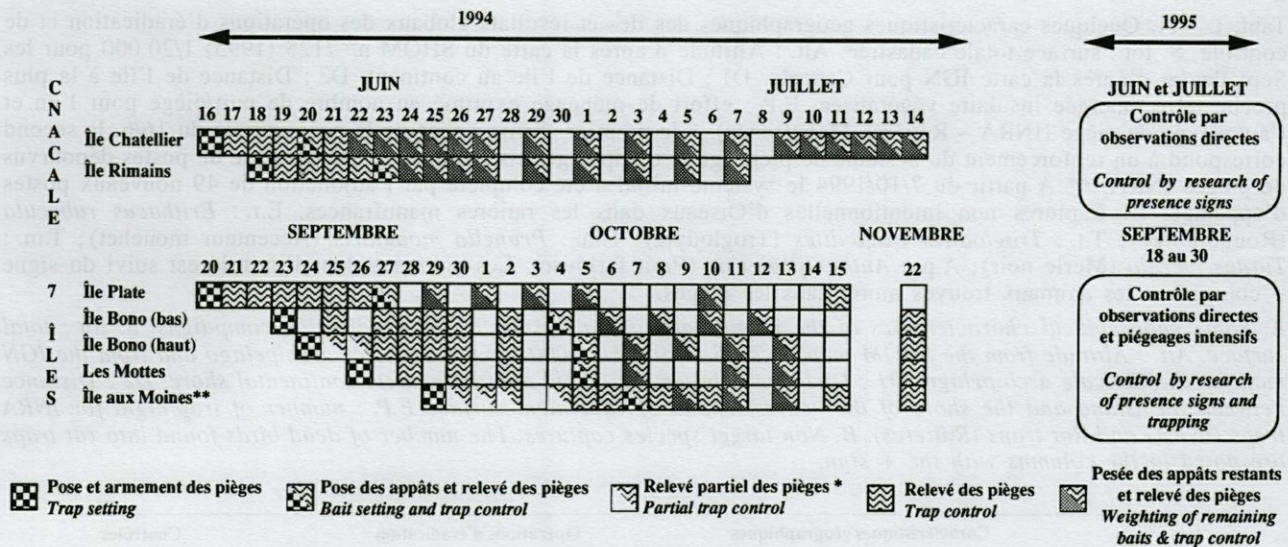


Fig. 3. – Calendrier des opérations réalisées sur l'Archipel de Cancale et l'Archipel des Sept Îles dans le cadre de la tentative d'éradication du Surmulot (*Rattus norvegicus*). * Entre le 24 et le 26/9 au soir, certains pièges n'ont pas été armés sur le secteur haut de Bono engendrant un déficit de 93 nuits pièges sur un total de 381 (24 %) et, parmi ceux tendus, certains ont été relevés 2 fois entre le 25 et le 27 permettant une double capture sur 7 postes soit un « excédent » de captures de 11,5 %. La courbe de captures cumulées ne débute donc qu'à la date du 27. **: Pour des raisons de disponibilité de pièges, sur l'Île aux Moines, 59 postes de piégeage ont été équipés de Sherman et de pièges INRA le 28/9/94. Le 4/10/94, 30 d'entre eux ont été équipés de ratières. Le 7/10/94 les tubes d'appâtage des 59 postes de piégeage ont été appâtés et 49 tubes supplémentaires ont été posés.

Calendar of the operations set on the Cancale and Sept-Îles archipelagos aiming at eradications of *Rattus norvegicus*. * Between September 24 and 26 at night, some Bono haut traps were not armed inducing a 93 trap/night lost over a 381 total (24 %), and, among those armed, some were controlled two times between Sept. 25 and 27 allowing two captures on 7 traps and inducing an 11,5 % excess of captures. It was why the origine time of the cumulative curve was Sept. 27 for this part of this island. ** For reason of shortage in trap availability, 59 Île aux Moines setting places were equipped with Sherman traps and INRA traps on Sept. 28/94. On 4/10/94, 30 among them were equipped with rat traps. On Oct. 7/94 the bait tubes of these 59 setting places were filled as 49 supplementary tubes.

Postes d'échantillonnage et postes d'appâtage ont été systématiquement localisés à 20 m les uns des autres pour les îles de l'Archipel de Cancale et à 30 m pour ceux de l'Archipel des Sept-Îles. Sur l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale, le 21^e jour suivant la pose des pièges, le nombre des postes de piégeage et d'appâtage a été doublé. Ces postes ont été intercalés entre ceux constituant la grille initiale. Le détail de l'effectif des postes est consigné, île par île, sur le tableau I.

5. Chronologie des opérations menées sur le terrain

Les aléas du travail de terrain ont quelque peu perturbé la chronologie préétablie, qui prévoyait un contrôle quotidien des pièges les 5 premiers j, période précédant la mise en place des appâts toxiques, puis une fréquence plus espacée par la suite (2 j, puis 3). Le déroulement chronologique réel des diverses opérations est consigné sur la figure 3. Pour l'ensemble des îles, le contrôle par pesée de la disparition des appâts a été réalisé systématiquement sur l'ensemble des postes 2 et 4 j après leur pose et en fin d'expérience. Il a été réalisé plus fréquemment sur 2 îles « témoins » : 17 contrôles sur l'îlot Chatellier et 6 sur l'île Plate et son îlot avoisinant, l'île aux Rats.

6. Collecte du matériel biologique

Lors des contrôles, tous les sujets vivants appartenant à des espèces non cibles ont été libérés. Les Surmulots ont systématiquement été sacrifiés. Après avoir reçu un numéro d'ordre, ils ont été logés dans un sac plastique individuel, puis conservés au congélateur. Détectés à l'examen direct, leurs ecto et endoparasites ont été prélevés lors de l'autopsie réalisée au laboratoire. A cette occasion, des mesures morphométriques (poids corporel, longueur tête et corps, longueur de la queue, de l'oreille et du pied postérieur) et des observations sur l'état reproducteur ont été réalisées (grand diamètre des testicules, longueur totale des vésicules séminales pour les mâles; nombre de fœtus, de cicatrices placentaires, de corps jaunes, état d'allaitement pour les femelles).

7. Contrôle différé de l'efficacité des opérations

Pendant juin et juillet 1995, le gardien de l'Archipel de Cancale a opéré la recherche de signes de présence du Rongeur. Eu égard à la faible superficie des îles de cet archipel, au fait qu'elles sont habitées à année entière et en raison du résultat systématiquement négatif des prospections, il a été jugé inutile dans un premier

Tabl. I. – A. Quelques caractéristiques géographiques des îles et résultats globaux des opérations d'éradication et de contrôle. S. tot : surface totale cadastrée. Alt. : Altitude d'après la carte du SHOM n° 7125 (1995) 1/20 000 pour les Sept Îles et d'après la carte IGN pour Cancale. D1 : Distance de l'île au continent. D2 : Distance de l'île à la plus proche terre émergée insulaire végétalisée. E.P. : effort de piégeage exprimé en nombre de nuit/piège pour l'un et l'autre type de piège (INRA – Ratières Manufrance). * le premier chiffre concerne la pose initiale du 16/6, le second correspond à un renforcement du système de piégeage et d'appâtage mis en place le 8/7 par pose de postes dépourvus de pièges INRA. ** A partir du 7/10/1994 le système initial a été complété par l'adjonction de 49 nouveaux postes d'appâtage. B. Captures non intentionnelles d'Oiseaux dans les ratières manufrances. E.r. : *Erithacus rubecula* (Rouge-gorge); T.t. : *Troglodytes troglodytes* (Troglodyte); P.m. : *Prunella modularis* (Accenteur mouchet); T.m. : *Turdus merula* (Merle noir); A.p. : *Anthus pratensis* (Pipit farlouse). Les colonnes dont l'intitulé est suivi du signe + concernent les animaux trouvés morts dans les pièges.

A. Some geographical characteristics of the islands and global results of the eradication campaigns. S. tot : total surface. Alt. : Altitude from the SHOM map n° 7125 (1995) 1/20 000 for the Sept Îles archipelago and from the IGN map for the Cancale archipelago. D1 : Distance between the island and the nearest continental shore. D2 : Distance between the island and the shore of the nearest island of equivalent surface E.P. : number of trap/night for INRA traps (INRA) and Rat traps (Ratières). B. Non target species captures. The number of dead birds found into rat traps are noted in the columns with the + sign.

A		Caractéristiques géographiques				Opérations d'éradication					Contrôles	
		S. tot. ha	Alt. m	D1 (km)	D2 (km)	N.b. Postes	E.P. Ratière	E.P. INRA	N b. <i>R. norvegicus</i>	Appâts disparus (g)	N.b. Postes	E.P. Ratière
Can ca le	Chatellier	1,0	29	0,33	0,25	31 + 34*	1 137	899	65	1 740 + 740		
	Rocher de Cancale	0,2	36	0,35	0,02	7 + 4*	231	203	14	1 000 + 580		
	Rimains	1,5	24	0,63	0,25	42	840	840	0	0		
7 Î l e s	Bono	21,28	53	4,86	0,31	269	3 109	2 035	405	29 280	141	942
	Île aux Moines	9,38	45	4,32	0,31	59 + 49**	288	295	83	20 660	161	946
	Île Plate	4,95	22	4,93	0,38	58	752	578	160	8 255	58	290
	Île aux rats	0,2	7	4,63	0,15	3	39	30	4	1 980	3	15
	Les Mottes	0,2	7	4,00	0,03	7	49	28	3	530	7	42

B		E.r.+	E.r.	T.t.+	T.t.	P.m.+	P.m.	T.m.+	T.m.	A.p.+	A.p.
7 Î l e s	Bono	17	17	3	3	10	10	0	1	1	0
	Île aux Moines	0	2	1	0	1	2	0	1	0	0
	Île Plate	4	2	0	0	0	8	0	0	2	2
	Île aux rats	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Les Mottes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

temps de procéder à un contrôle différé de l'opération d'éradication par piégeage.

La situation toute différente de l'Archipel des Sept-Îles a conduit à entreprendre entre le 18 et le 30 septembre 1995 un contrôle généralisé par piégeage et recherche de signes de présence. Le contrôle par piégeage a consisté en la réouverture de tous les postes de piégeage de l'île Plate, de l'île aux Rats et des Mottes, en celle des 2 lignes de pièges les plus proches du rivage pour l'île Bono et en l'équipement complet de l'île au Moines (Tabl. IA). En effet, en raison de la fréquentation de cette dernière par de nombreux touristes, le dispositif de piégeage initial avait été déposé à l'issue de la phase d'éradication. Les pièges ont été contrôlés quotidiennement pendant un minimum de 5 j consécutifs avant d'être retirés définitivement. Les signes de présence recherchés ont été les fécès et les traces de passage dans les zones déterminées comme fortement peuplées en 1994 et les traces de morsures sur les cadavres d'Oiseaux et les œufs clairs ou abandonnés.

III. RÉSULTATS

1. Inventaire de la faune mammalienne sauvage

Le Surmulot, seul Mammifère sauvage observé sur l'Archipel de Cancale, n'a été capturé que sur l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale. Par ailleurs, cette espèce est présente sur l'ensemble inventorié des îles et îlots de l'Archipel des Sept-Îles. Sur l'île Bono et sur l'île aux Moines, elle est associée à une Musaraigne (*Crocidura suaveolens ssp.*), espèce présumée autochtone, et au Lapin, espèce introduite.

La Musaraigne étant un Insectivore réputé insensible à la technique de lutte chimique adoptée et les tubes renfermant le blé toxique étant d'un

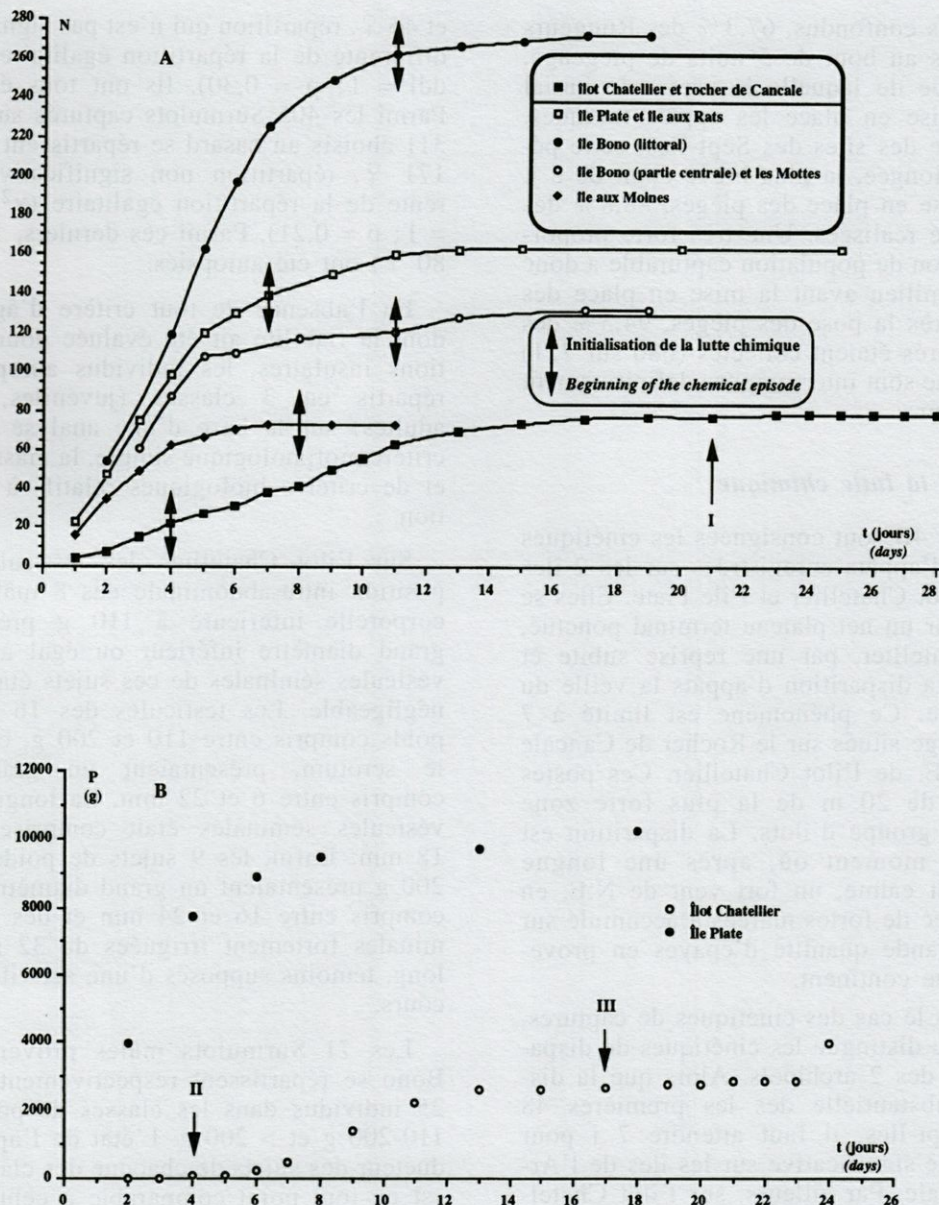


Fig. 4. - A, Evolution au cours du temps du nombre cumulé de captures (N) de *Rattus norvegicus*. B, Evolution au cours du temps de la masse cumulée d'appâts disparus (P). I, doublement des postes de piégeage sur l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale. II, tentative de renforcement de l'attractivité des postes d'appâtage par adjonction d'une boulette de flocons d'avoine agglomérés par du beurre d'arachide. III, doublement des postes d'appâtage.

A, Time evolution of the cumulative number of captures (N) of *Rattus norvegicus*. B, Time evolution of the cumulative mass of disappeared baits (P). I, Chatellier Islet & Cancale rock trap setting places were doubled. II, Oats coated with peanut butter were added to toxic wheat in the view to reinforce bait attractivity. III, doubling the number of bait setting.

diamètre suffisamment faible pour en interdire l'accès aux Lapins, la décision a été prise de mettre en place la lutte chimique.

2. Résultats de la lutte par piégeage

Sur la figure 4A sont consignées, île par île, les cinétiques de capture des Surmulots, toutes caracté-

térisées par l'existence d'un plateau terminal marqué. Celle relative à l'îlot Chatellier se distingue des autres par une faible vitesse de capture durant la phase initiale du piégeage. Le doublement des postes de piégeage opéré le 21^e j sur cette dernière île n'a pas eu de répercussions perceptibles sur la cinétique des captures. L'utilisation de ces cinétiques pour décider de l'initialisation de la lutte chimique se montre *a posteriori* pertinente pour toutes les îles à l'exception de l'îlot Chatellier.

Tous résultats confondus, 67,3 % des Rongeurs ont été capturés au bout de 5 nuits de piégeage, période à l'issue de laquelle le protocole initial prévoyait la mise en place des appâts toxiques. Pour l'ensemble des sites des Sept-Îles, cette période a été prolongée, la plus brève étant de 8 j. 9 j après la mise en place des pièges, 88,8 % des captures ont été réalisées. Une très forte proportion de la fraction de population capturable a donc été retirée du milieu avant la mise en place des appâts. 11 j après la pose des pièges, 94,3 % des Rongeurs capturés étaient collectés (680 sur 721) et les captures se sont interrompues définitivement après le 19^e jour.

3. Résultats de la lutte chimique

Sur la figure 4B sont consignées les cinétiques de disparition d'appâts enregistrées sur les 2 îles « témoins », l'îlot Chatellier et l'île Plate. Elles se caractérisent par un net plateau terminal ponctué, pour l'îlot Chatellier, par une reprise subite et importante de la disparition d'appâts la veille du dernier contrôle. Ce phénomène est limité à 7 postes d'appâtage situés sur le Rocher de Cancale et la partie N.E. de l'îlot Chatellier. Ces postes sont à moins de 20 m de la plus forte zone d'échouage du groupe d'îlots. La disparition est intervenue au moment où, après une longue période de vent calme, un fort vent de N.E. en conjonction avec de fortes marées a accumulé sur l'estran une grande quantité d'épaves en provenance du proche continent.

Comme dans le cas des cinétiques de captures, la phase initiale distingue les cinétiques de disparition d'appâts des 2 archipels. Alors que la disparition est substantielle dès les premières 48 heures aux Sept-Îles, il faut attendre 7 j pour qu'elle devienne significative sur les îles de l'Archipel de Cancale. Par ailleurs, sur l'îlot Chatellier, la tentative de renforcement de l'attractivité des postes d'appâtage par adjonction d'une boulette de flocons d'avoine agglomérés par du beurre d'arachide et le doublement des postes d'appâtage n'ont pas eu de conséquences évidentes sur la cinétique de la disparition des appâts.

Pendant la phase précédant l'empoisonnement, aucun cadavre de Surmulot n'a été observé sur les îles de l'un et l'autre archipel. En revanche, il en a été collecté une dizaine après le 6^e j suivant la mise en place des appâts toxiques. L'autopsie a révélé la présence de nombreuses hémorragies sous-cutanées et pulmonaires et une nette coloration du tube digestif par un adjuvant du toxique.

4. Quelques caractéristiques biologiques des populations murines

Les 79 Surmulots capturés sur l'îlot Chatellier et le Rocher de Cancale se répartissent en 33 ♂

et 46 ♀, répartition qui n'est pas significativement différente de la répartition égalitaire ($\chi^2 = 1,08$; ddl = 1; $p = 0,30$). Ils ont tous été autopsiés. Parmi les 405 Surmulots capturés sur l'île Bono, 311 choisis au hasard se répartissent en 140 ♂ et 171 ♀, répartition non significativement différente de la répartition égalitaire ($\chi^2 = 1,55$; ddl = 1; $p = 0,21$). Parmi ces derniers, 151 (71 ♂ et 80 ♀) ont été autopsiés.

En l'absence de tout critère d'âge individuel dont la fiabilité ait été évaluée pour ces populations insulaires, les individus autopsiés ont été répartis en 3 classes (juvéniles, subadultes, adultes) sur la base d'une analyse croisée d'un critère morphologique simple, la masse corporelle, et de critères biologiques relatifs à la reproduction.

Sur l'îlot Chatellier, les testicules situés en position intra-abdominale des 8 mâles de masse corporelle inférieure à 110 g présentaient un grand diamètre inférieur ou égal à 4 mm. Les vésicules séminales de ces sujets étaient de taille négligeable. Les testicules des 16 individus de poids compris entre 110 et 200 g, en place dans le scrotum, présentaient un grand diamètre compris entre 6 et 22 mm. La longueur de leurs vésicules séminales était comprise entre 1 et 18 mm. Enfin, les 9 sujets de poids supérieur à 200 g présentaient un grand diamètre testiculaire compris entre 16 et 24 mm et des vésicules séminales fortement irriguées de 32 à 44 mm de long, témoins supposés d'une activité sexuelle en cours.

Les 71 Surmulots mâles provenant de l'île Bono se répartissent respectivement en 6, 40 et 25 individus dans les classes de poids 0-110 g, 110-200 g et > 200 g. L'état de l'appareil reproducteur des sujets de chacune des classes de poids est en tout point comparable à celui décrit pour les Surmulots de l'îlot Chatellier, à l'exception près que des traces nettes de régression ont été relevées chez 10 des sujets de masse corporelle supérieure à 200 g.

Sur l'îlot Chatellier, les 22 femelles de masse corporelle inférieure à 120 g n'étaient ni allaitantes, ni gestantes et leurs ovaires et trompes utérines ne recélaient, respectivement, ni corps jaunes, ni cicatrices placentaires. Celles de masse corporelle comprise entre 120 et 150 g (6 sujets) se trouvaient dans la même situation, à la différence près que 3 d'entre elles, la plus légère pesant 117,5 g, présentaient des corps jaunes témoignant d'une récente ponte ovulaire. Enfin, toutes les femelles de masse corporelle supérieure à 150 g (18), à l'exception d'une seule, étaient en cours de reproduction (gestantes ou allaitantes) (94 %), certaines présentant en outre les caractéristiques d'une reproduction passée (cicatrices placentaires).

Les 81 femelles de l'île Bono examinées se répartissent respectivement en 18, 23 et 40 individus dans les classes de poids 0-120 g, 120-150 g et > 150 g. L'état de l'appareil reproducteur des sujets est, à l'intérieur de chacune de ces classes de poids, en tout point comparable à celui décrit pour les femelles de l'îlot Chatellier, à l'exception près qu'au nombre des 40 sujets de la classe de poids supérieure à 150 g, 3 (12%) sont gestantes ou allaitantes.

Il ressort de ce qui précède qu'au moment où les expériences ont été réalisées, la population de Surmulots de l'îlot Chatellier était en pleine reproduction, alors que celle de l'Archipel des Sept-Îles était en fin de période de reproduction. Par ailleurs, celle de l'îlot Chatellier était composée de 38,0% de juvéniles, 27,9% de subadultes et 34,2% d'adultes alors que ces 3 classes d'âge représentaient respectivement 15,8, 41,5 et 42,8% de celle de l'île Bono. La différence très significative de ces deux structures ($\chi^2 = 47,17$; ddl = 2; $p < 0,0001$) indiquerait qu'au moment des interventions la population murine de l'Archipel des Rimains était composée d'un noyau d'adultes vraisemblablement survivants de l'hiver précédent, accompagné d'un fort effectif de juvéniles et de subadultes, produits de la saison de reproduction printanière, alors que celle de l'Archipel des Sept-Îles comportait une forte proportion de jeunes adultes et subadultes et une fraction négligeable de juvéniles.

5. Evaluations de l'efficacité

L'obtention quasi systématique, à l'exception de l'îlot Chatellier, d'un plateau terminal pour les courbes de cinétiques de capture et de disparition d'appâts a conduit à la conclusion provisoire du succès des opérations d'éradication lors de leur clôture. L'absence de signes de présence du Rongeur un an après l'opération d'éradication renforce cette présomption pour les îles de l'Archipel de Cancale.

En septembre 1995, aucun signe de présence du Surmulot (fécès, terriers apparemment fréquentés, passages...) n'a été relevé sur les sites des îles de l'Archipel des Sept-Îles reconnus pour avoir été densément peuplés lors de l'expérience de 1994. Le nombre de cadavres d'Oiseaux et de pontes abandonnées persistant sur le terrain a été considérablement plus important que celui observé l'année précédente et aucun de ces cadavres ou œufs ne présentait les traces caractéristiques de morsures de Rongeurs. Enfin, en dépit d'un important effort de piégeage (2 235 nuits/pièges sur 370 postes) aucun Surmulot n'a été capturé (Tabl. IA).

6. Impacts sur les espèces non cibles

Le tableau IB récapitule les captures non intentionnelles de Passereaux réalisées lors de l'éradication du Surmulot sur les Sept-Îles. Ce sont les Rouge-gorges, *Erithacus rubecula* (42), et les Accenteurs mouchets, *Prunella modularis*, (31) qui ont payé le plus lourd tribut à cette opération, seule la moitié d'entre eux ayant pu être libérée en bonne condition. Le plus grand nombre de captures a été réalisé sur l'île Bono, pour l'essentiel au voisinage du rivage. La surface importante de cette île ne peut à elle seule expliquer le phénomène. Par ailleurs, alors que les pièges y ont été tendus entre le 23 et 24 septembre, les premières captures d'Oiseaux ne sont intervenues que le 2 octobre et ont culminé le 4. Ce phénomène est à mettre en relation, d'une part avec la migration automnale de ces espèces, d'autre part avec le rôle de reposoir que joue probablement l'île Bono sur leurs parcours de migration. Dans la perspective de limiter ces pertes, il a été retenu pour l'avenir d'éviter d'entreprendre les opérations de piégeage pendant la période de migration de ces passereaux ou, si c'est le cas, d'augmenter sensiblement la fréquence des relevés afin d'abrèger le séjour des Oiseaux dans les pièges et d'augmenter leur chance de survie comme cela a été le cas lors de l'expérience des Rimains au cours de laquelle les 17 Oiseaux capturés ont pu être libérés sans perte.

L'augmentation de la fréquence des relevés a été mise en application aux Sept-Îles à l'occasion de l'opération de contrôle de 1995. Les 2 235 nuits/pièges réalisées ont fourni 29 Oiseaux dont 4 trouvés morts, soit 13,8%. Ce pourcentage est sensiblement plus faible que celui enregistré en 1994 (44,8%) alors que les taux de capture par nuit/piège ne sont pas sensiblement différents d'une année à l'autre (0,0205 en 1994; 0,0130 en 1995).

Pendant la phase de lutte chimique de l'opération d'éradication, aucun passereau n'a été trouvé mort. En revanche, les cadavres de plusieurs dizaines de Lapins trouvés sur l'île aux Moines présentaient tous à l'autopsie les symptômes d'un empoisonnement par anticoagulant. A cette époque de l'année, cette île est parcourue pendant la journée par de nombreux touristes. Certains d'entre eux ont déversé à l'air libre les appâts contenus dans des tubes abris. Par ailleurs, les Lapins ont probablement renversé lors de leur passage certains tubes localisés sur les fortes pentes. En septembre 1995, la population de Lagomorphes de l'île aux Moines était florissante, laissant supposer que les pertes essuyées l'année précédente n'ont pas eu de trop fâcheuses conséquences.

IV. DISCUSSION – CONCLUSION

1. Résultats des tentatives d'éradication

L'examen des cinétiques de captures et celui des disparitions d'appâts, seuls indicateurs disponibles en cours d'expérience, a conduit à la conclusion provisoire du succès des opérations d'éradication lors de leurs clôtures. Un an plus tard, l'absence de trace de présence du Rongeur et l'absence de capture en dépit d'un effort de piégeage conséquent confirment cette première conclusion qui n'en demeure pas moins provisoire. En effet, seul le constat réitéré de l'absence du Surmulot pourra conduire, après plusieurs années, à la conclusion définitive de son élimination.

Un faible taux de capture et un faible taux de disparition d'appâts en phase initiale différencient la réponse expérimentale obtenue sur l'îlot Chatellier de celles observées sur les îles de l'Archipel des Sept-Îles. Ce phénomène est probablement en rapport avec le fait que les expériences ont eu lieu à des moments très différents du cycle biologique caractérisés par une forte différence des structures d'âges des populations de Rongeurs. Son explication reposerait sur le fait que juvéniles et femelles en gestation ont un comportement exploratoire plus restreint que celui des subadultes et des adultes. Quelle que puisse être cette explication, les faibles taux de capture et de disparition d'appâts enregistrés pour l'Archipel de Cancale ne plaident pas en faveur du choix retenu de la période de traitement.

La reprise de consommation très localisée observée sur l'îlot Chatellier est, selon toute vraisemblance, à mettre sur le compte d'une recolonisation depuis le proche continent dont la côte recèle plusieurs zones de décharges balayées par les vagues à l'occasion des fortes marées. L'apparente absence du Rongeur lors des contrôles de 1995 laisse supposer que les arrivants n'ont pas survécu au traitement chimique et que d'autres débarquements ne sont pas survenus depuis. Le risque de recolonisation demeure cependant.

2. Impact sur les espèces non cibles

La comparaison des résultats obtenus lors des expériences de 1994 et 1995 a montré qu'il était possible de réduire substantiellement l'impact du piégeage sur l'avifaune par un aménagement du calendrier de piégeage. Par ailleurs, si les moyens d'expertise mis en œuvre ont conduit à conclure à l'innocuité de la lutte chimique sur l'avifaune, ils ont montré qu'il n'en était pas de même pour le Lapin. L'aménagement technique proposé consistant à fixer solidement au sol les tubes abris

des postes d'appâtage devrait réduire le risque toxicologique à l'égard de cette espèce.

Pour évaluer dans quelle proportion le flux de toxique au sein de la chaîne trophique a été limité par le choix de différer l'initialisation de la phase de lutte chimique par rapport à celle de la lutte par piégeage, il est nécessaire de déterminer la part de la population de Rongeurs éliminée par l'une et/ou l'autre de ces techniques. Le nombre de Rongeurs capturés étant connu exactement et les cinétiques de captures et de disparition d'appâts suggérant le succès de l'éradication de l'espèce à l'issue de l'expérience, évaluer la part de population éliminée par la voie chimique revient à tenter l'évaluation de l'effectif total de Surmulots. Le résultat du contrôle par piégeage opéré un an après l'opération d'éradication sur l'Archipel des Sept-Île rend plus crédible l'élimination de l'espèce sur ce site que sur celui de l'Archipel de Cancale. C'est pour cette raison que la tentative d'évaluation de l'effectif d'une population insulaire de Surmulots a été limitée aux îles traitées de l'Archipel des Sept-Îles.

Tenter cette évaluation nécessite cependant d'apporter une réponse à une question préliminaire : doit-on procéder à cette analyse île par île ou la faire porter sur l'ensemble des îles traitées ? En d'autres termes peut-on supposer avec quelque raison que les Rongeurs des diverses îles étudiées constituent une seule entité populationnelle ou non ? La première alternative laisse supposer l'existence d'échanges géniques entre les populations de Rongeurs de ces îles, distantes les unes des autres de 380 m au plus (Tabl. I, Fig. 1). Outre que la littérature laisse entendre qu'une telle étendue d'eau ne constitue pas un obstacle infranchissable pour le Surmulot (Moors, 1985), une observation locale suggère que ces échanges sont tout à fait possibles dans les conditions particulières de l'Archipel des Sept-Îles. Jusqu'en 1993, l'île Malban était réputée indemne de Surmulot d'après les ornithologues qui la fréquentent assidûment en raison de son importante colonie de Macareux moines, *Fratercula arctica* (Milon, 1966; Penicaud, 1979; Siorat & Bredin, 1996). Cette île de 1,2 ha est située à 6,02 km du continent, à 1,08 km à l'est de l'île Bono, la plus proche des îles du groupe traitées, et à 1,85 km de l'île Rouzic, indemne de Surmulots depuis le début des années 1950. Le 12 mai 1993, deux naturalistes (F. Bioret et J.-J. Blanchon) y signalèrent des fécès de *Rattus sp.* Le 16 juin 1993 deux autres naturalistes (F. Siorat et E. Marquis) confirmèrent la présence du Surmulot par l'observation de fécès et de 3 individus. Du 16 au 23 Septembre 1993, 53 postes de piégeage ont été tendus. Ils ont été équipés, entre autres, de pièges Sherman et de ratières Manufrance, deux types de pièges susceptibles de capturer le Surmulot. En dépit d'un effort de piégeage considérable au re-

gard de la superficie de l'île (738 nuits/pièges), aucun micromammifère n'y a été capturé. En outre, aucun signe de présence du Surmulot n'y a été relevé. Si les quelques individus observés n'ont pas fait souche (en 1994 et 1995 aucun signe de présence de l'espèce n'a été relevé), ils sont indubitablement parvenus sur Malban. Ils provenaient selon toute probabilité du groupe d'îles infestées de l'Archipel, l'interdiction de débarquement sur Malban étant respectée et l'île étant séparée du continent par un bras de mer important parcouru de forts courants traversiers. En conclusion, si des Surmulots ont pu parvenir sur Malban, il y a lieu de penser que, compte tenu de la bathymétrie et du régime général des courants au sein de l'Archipel (Fig. 1), les échanges entre les îles traitées sont très probables. Il a donc été retenu de faire porter l'analyse sur l'ensemble des îles traitées considérant, en première approximation, qu'elles hébergent une seule et même population.

Trois approches ont été utilisées, toutes fondées sur deux hypothèses fortes :

- La population est supposée avoir été éradiquée en totalité;
- La disparition des Rongeurs a eu pour cause le piégeage et le toxique à l'exclusion de toute autre cause.

La première approche consiste à évaluer le nombre maximum de Rongeurs susceptibles d'avoir été éliminés par la lutte chimique en se fondant sur les données de toxicologie. La DL_{50} de la chlorophacinone est de 3,15 mg/kg d'après Cluzeau (1994), de 2 à 3,5 mg/kg d'après Lorgue (1991). En l'absence de données sur la sensibilité de la population insulaire, le calcul sera poursuivi en utilisant les bornes de l'intervalle cité par Lorgue. Une première approximation consiste à estimer par simple interpolation la DL_{100} de ce toxique pour les bornes de cet intervalle soit, 4 et 7 mg/kg. Les 60,705 kg d'appâts disparus, dosés à 50 mg/kg, contenaient 3035,25 mg de chlorophacinone, quantité théoriquement capable d'éliminer une masse de Rongeur comprise entre 758,81 et 433,61 kg. Les résultats de la pesée de 311 individus capturés permettent d'estimer à 186,25 g le poids moyen d'un Surmulot insulaire (max : 383 g; min : 54 g; $\sigma^2 = 4700$). Le nombre de Rongeurs susceptibles d'avoir été éliminés par la voie chimique est donc compris entre 2 326 et 4 074 individus. Parmi les 655 Rongeurs capturés sur les îles, seuls 39 (6%) ont été collectés après la mise en place des appâts et sont susceptibles d'en avoir consommés. D'après cette approche, le nombre de Surmulots présents sur les îles traitées serait compris entre 2 942 et 4 729.

Ces évaluations sont très certainement surestimées. En effet, elles supposent, entre autre, que la totalité des appâts disparus ait été consommée et que chaque Rongeur n'a absorbé que la quantité

nécessaire à son élimination. Ces 2 hypothèses sont en contradiction avec les observations réalisées en captivité. En l'absence d'informations quantifiées sur le comportement alimentaire du Surmulot insulaire, il n'est guère possible d'affiner ces évaluations qui peuvent être considérées comme des bornes supérieures.

La deuxième approche est fondée sur le résultat d'observations du comportement alimentaire du Surmulot en captivité. P. Douville de Franssu (ACTA⁷, comm. pers.) a évalué le niveau de consommation d'un lot de 60 *R. norvegicus* en provenance du milieu naturel. Sans choix alimentaire, ces Rongeurs, d'un poids moyen de 350 g, consomment 25 g de blé par jour. Si ce blé est additionné de chlorophacinone, la mortalité débute le 5^e j suivant la 1^{re} consommation et culmine le 7^e j, ce qui est en accord avec la cinétique de disparition d'appât établie pour l'île Plate (Fig. 5). Dans de nombreux cas, chez les Rongeurs, les subadultes, en raison de leurs besoins de croissance, ont un niveau de consommation équivalent, voire supérieur à celui des adultes (Grenot *et al.*, 1982, 1984; Fichet & Pascal, 1987; Pascal *et al.*, 1989; Guédon *et al.*, 1991 *inter alia*). Au moment de l'expérience, la population de Surmulots des Sept-Îles était constituée à 84,3% d'adultes et de subadultes, le poids moyen d'un échantillon de 94 adultes s'élève à 244,5 g ($150 < p < 388$, $\sigma^2 = 3521$) soit 100 g de moins que le poids moyen des sujets expérimentaux captifs et le poids moyen des Rongeurs des Sept-Îles représente 53% de celui des Rongeurs d'élevage. Cependant, Grenot *et al.* (1983) ont montré à quel point le taux métabolique pouvait être influencé par l'âge (doublement des besoins énergétiques par unité de masse entre adultes et juvéniles) et la température ambiante pour une même espèce de Rongeur et que les besoins énergétiques en nature étaient supérieurs (45%) à ceux mesurés en captivité pour une même classe d'individus. En l'absence de données spécifiques à la population de Surmulots des Sept-Îles, nous supposons que la consommation quotidienne d'un Rongeur insulaire s'élève à 25 g. Ce choix constitue un compromis empirique entre, d'une part, la valeur probablement plus élevée des besoins énergétiques des représentants de la jeune population insulaire par rapport aux vieux sujets captifs et, d'autre part, le fait que la possibilité d'accès à d'autres ressources alimentaires que le blé pour les Rongeurs insulaires peut induire une réduction de leur consommation comparativement à la situation de consommation forcée des Rongeurs captifs.

Une consommation quotidienne de 25 g de blé implique l'ingestion de 1,25 mg de toxique. Sur la base d'une DL_{100} comprise entre 4 et 7 mg/kg, un surmulot insulaire de poids moyen de 186,25 g absorbe en un seul repas la quantité létale d'anticoagulant. La mortalité n'intervenant qu'au bout

de 5 j, il est susceptible d'absorber 125 g d'appât avant de disparaître. Les 60,705 kg d'appâts disparus ont donc pu être absorbés par 486 Rongeurs.

Selon cette approche, l'effectif de la population de surmulots des îles traitées serait compris entre 1 102 et 1 141 individus.

Enfin, la 3^e démarche s'inspire de la première mais tient compte du fait que la vidange par les touristes de plusieurs tubes abris de l'île aux Moines et un certain type de «gaspillage», jugé quantitativement important à l'observation directe, ne sont apparus de façon flagrante qu'après le 2^e contrôle de disparition des appâts. Par «gaspillage», il faut entendre la dispersion des appâts dans le voisinage immédiat du poste d'appâtage générée probablement par le passage répété des Rongeurs au travers du tube abri. La fréquence de ce comportement semble augmenter avec le déclin de celui de néophobie. L'évaluation quantitative de ce type de gaspillage est techniquement possible. La collecte systématique des grains de blé dans l'humus n'était cependant pas réalisable à l'échelle de l'expérience, et seule la masse d'appât restée dans les tubes a été pesée. En première approximation, seuls les résultats des 2 premiers relevés ne seraient donc pas entachés de l'erreur liée à l'activité touristique et à la dispersion des appâts au voisinage des postes d'appâtage. En revanche, les autres types de «gaspillage», tel le stockage, ne sont toujours pas susceptibles d'être appréciés.

Les postes d'appâtage étant répartis selon un maillage serré, l'accès à l'un d'entre eux nécessite du Rongeur un déplacement de 21,2 m au plus, déplacement réduit au regard des valeurs moyennes entre captures successives obtenues par Moors (1979). Sous l'hypothèse que cette faible distance permet à tous les individus de prospecter les postes dès la mise en place des appâts, en 48 h il est offert à chacun d'entre eux la possibilité d'ingérer au total de 50 g de blé. Sous ces hypothèses, la disparition des 10,646 kg d'appâts intervenue entre la pose des appâts et le premier relevé peut être imputée à un groupe de 213 individus. De même, la disparition des 10,259 kg d'appâts intervenue entre le 1^{er} et le 2^e relevé peut être imputée à 205 Rongeurs. Selon cette approche, l'effectif de la population de Surmulots des îles traitées serait compris entre 821 et 868 individus.

Sans avoir d'éléments décisifs pour l'affirmer, c'est probablement la dernière démarche qui permet d'approcher au mieux la réalité. Elle se situe durant une période de temps post appâtage pendant laquelle la mortalité liée au toxique n'est pas encore intervenue; elle est fondée sur 2 données numériques très cohérentes, la masse d'appâts disparue au bout de 2 j étant très voisine de celle enregistrée au bout de 4; enfin, elle précède de

48 heures le net déclin de la disparition d'appâts observée sur l'île Plate, île témoin (Fig. 4B).

En prenant comme référence la borne supérieure de la dernière évaluation (868), la lutte par piégeage a permis l'élimination de 71% de la population murine avant la mise en place de la lutte chimique et de 76% sur la durée totale de l'expérience. Ce résultat témoigne de la grande efficacité du piégeage, technique considérée comme désuète et, à ce titre, souvent écartée de l'arsenal des outils mis en application. Par ailleurs, son emploi aurait réduit de 76% le risque d'intoxication indirecte. En d'autres termes, si en 4 j 205 Rongeurs ont consommé 20,8 kg d'appâts contenant 1 040 mg de matière active, en 5 j, laps de temps nécessaire à l'apparition des premières mortalités, ils auront injectés dans la chaîne trophique 1 300 mg de matière active alors que la population estimée de 868 Surmulots en aurait injecté 5 504 mg.

Trois informations récentes confortent *a posteriori* la démarche qui a consisté à minimiser les risques d'intoxication indirecte. La première est relative au statut taxonomique de la Musaraigne des Sept-Îles. Cette population appartient au groupe différencié des *Crocidura suaveolens* de l'extrême ouest de l'Europe (Cosson *et al.* 1996) dont l'aire de répartition continentale serait en régression du fait de l'extension de celle de *C. russula*. La seconde met en relief la fragilité des populations insulaires de ce taxon qui semble avoir été remplacé très récemment par *C. russula* sur 2 îles de la Mer d'Iroise. La 3^e fait état pour la 1^{re} fois d'une intoxication indirecte de Musaraignes qui a fortement réduit la population de l'île de Langara (Canada) à l'occasion d'une opération d'éradication de Surmulot par voie chimique (Kaiser & Taylor, 1995).

3. Perspectives

Quelles sont les chances de pérenniser le succès probable de l'opération d'éradication du Surmulot sur les îles de l'Archipel des Sept-Îles? Le retour du Surmulot sur ces îles peut résulter d'une réinfestation spontanée ou d'une réintroduction volontaire ou involontaire liée à des activités humaines.

Certains éléments laissent entendre qu'une réinfestation spontanée à partir du proche continent n'est guère probable, d'abord en raison de l'existence d'un bras de mer de plusieurs km parcouru par de forts courants traversiers, ensuite parce qu'une tentative d'éradication historique menée sur une île de cette archipel a vu son succès perdurer pendant plus de 40 ans. En effet, Dheilly (1995) témoigne qu'en 1951 ou 1952, sous la direction d'Y. Guillaume et à la demande de l'organisme de gestion de la Réserve des Sept-Îles, une quarantaine de kg d'appâts à la strychnine

ont été distribués en une semaine sur l'île Rouzic (3,3 ha; 7,41 km du continent) afin d'y faire disparaître une population numériquement importante de Surmulots. L'efficacité de cette opération n'a pas été contrôlée *a posteriori* (Dheilily com. pers.); cependant, depuis plus de 40 ans, Rouzic est réputée indemne de Surmulots à tel point que l'on pouvait mettre en doute la présence du Rongeur sur l'île à un quelconque moment de son histoire (Milon, 1966). Cette île ne semble donc jamais avoir été réinfestée par des Rongeurs provenant soit du continent, soit d'autres îles de l'archipel.

En revanche, l'accroissement de l'activité touristique sur l'île aux Moines et les projets de réhabilitation du bâti historique de cette île peuvent générer des conditions favorables à la réintroduction involontaire du Rongeur. Pour la prévenir, certaines règles de conduite inspirées, entre autre, de celles énoncées par Moors *et al.* (1992) devraient être édictées rapidement.

Enfin, une opération d'éradication telle que celle décrite dans ce document ne présente d'intérêt fondamental que si elle se prolonge par une évaluation de l'impact de cette disparition sur divers compartiments de l'écosystème insulaire (Cooper & Fourié, 1991 *inter alia*). L'éradication du Surmulot sur l'Archipel des Sept-Îles s'intègre dans la phase initiale du projet «Rongeurs, Biodiversité et Milieux Insulaires» qui se propose d'évaluer l'impact de la disparition du Rongeur sur la végétation et l'avifaune marine nicheuse des îles de plusieurs archipels du littoral de Bretagne.

REMERCIEMENTS – Les auteurs tiennent à manifester toute leur gratitude à D. Palluel qui assura la logistique de l'opération des Rimains, à N. Boussedid et X. Gruvier, piliers de l'opération des Sept-Îles, et à L. Cauwel, P. Naveau et Y. Piqueret qui allégèrent par leur bonne humeur et leur efficacité la partie la plus pénible de l'opération d'éradication sur les Sept-Îles, celle de la distribution des pièges. Sur ce même archipel, l'opération ingrate du contrôle d'efficacité par piégeage a été menée à bien grâce à la participation enthousiaste de L. Monmasson et à la compétente Brigade Mobile d'Intervention de l'Office National de la Chasse (Belz) : F. Bernard, M. Claise, L.-G. d'Escrienne, J.-P. Lafond et J. Nisser.

Le projet «Rongeurs, Biodiversité et Milieux Insulaires» a reçu le label «Man and Biosphere» (M.A.B., Février 1994) et le soutien financier du M.A.B. France (N° INRA B 00329 – § 57.20/ article 60 DIREN Bretagne), du Comité Ecologie et Gestion du Patrimoine Naturel du Ministère de l'Environnement (N° 94 028), de la Direction Régionale à l'Environnement de Bretagne, et du Département du Finistère (Chapitre 961-11 § 657). L'opération d'éradication menée sur l'Archipel de Cancale a été financée par L. Poilâne, propriétaire de ces îles. La firme LiPha a fourni gracieusement les appâts nécessaires à l'éradication menée sur l'Archipel des Sept-Îles et la Compagnie «Les Sept-Îles en vedette» a assuré gratuitement une bonne part du transport du matériel et des hommes sur ces îles.

BIBLIOGRAPHIE

- ATKINSON I.A.E., 1985. The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. *ICPB Techn. publ.* 3 : 35-81.
- BILLIOTTI E., 1975. Méthodes de lutte intégrée et de lutte biologique en agriculture. Conditions et possibilités de développement. Informations internes sur l'Agriculture, n° 149, Commission des Communautés Européennes, Bruxelles : 123 p.
- BISHOP J.A., D.J. HARTLEY & G.G. PARTRIDGE, 1977. The population dynamics of genetically determined resistance to warfarine in *Rattus norvegicus* from MidWalles. *Heredity* 39 : 389-398.
- BRADLEY M.P., 1994. Experimental strategies for the development of an immunocontraceptive vaccine for the european red fox, *Vulpes vulpes*. *Reprod. Fertil. Dev.* 6 : 307-317.
- BURGER J. & M. GORCHFELD, 1994. Predation and effects of humans on island-nesting seabirds. In : Seabirds on islands threats, case studies and action plans (Burger D.N. & Gorchfeld Ed.). Bird Life Conservation. Serie 1 : 39-57.
- CAMERON B., B. KEPLER & M. SCOTT, 1985. Conservation of island ecosystems. *ICPB Technical publication* 3 : 255-271.
- CALVOPINA L., 1985. The impact and eradication of the feral Goats in the Galapagos Islands. *ICPB Techn. publ.* 3 : 157-158.
- CHAPUIS J.-L., 1994. Restoration of two islands by eradication of the rabbit (Kerguelen Archipelago). In : Proc. SCAR/IUCN Workshop on Protection, Research and Management of Sub-antarctic Islands. Session V : Restoration Ecology (P. Dingwall Ed.) 27-29/IV/1992, Paimpont, France
- CHAPUIS J.-L., G. BARNAUD, F. BIORET, M. LEBOUVIER & M. PASCAL, 1996. L'éradication des espèces introduites, un préalable à la restauration des milieux insulaires. Cas des îles françaises. Colloque «Recréer la Nature.» WWF/MAB/Ministère de l'Environnement. Marais d'Orx. 17-19/V/1994. Natures Sciences et Sociétés : sous presse.
- CHAPUIS J.-L. & G. BARNAUD, 1995. Restauration d'îles de l'Archipel de Kerguelen par éradication du Lapin (*Oryctolagus cuniculus*) : méthode d'intervention appliquée sur l'Île Verte. *Rev. Ecol. Terre Vie* 50 : 377-390.
- CLUZEAU S., 1994. Index Phytosanitaire. ACTA, Paris : 561 p.
- COOPER J. & A. FOURIÉ, 1991. Improved breeding success of Great-winged petrels *Pterodroma macroptera* following control of feral cats *Felis catus* at subantarctic Marion Island. *Bird Conserv. Intern.* 1 : 171-175.
- COSSON J.-F., M. PACAL & F. BIORET, 1996. Origine et répartition des musaraignes du genre *Crocidura* dans les îles bretonnes. 19^e Coll. Intern. Mammal. Banyuls/Mer. 13-15/10/1995 : Les Mammifères et le syndrome d'insularité. *Vie Milieu* : présent numéro.
- CUÉNAUX G., 1915. Animaux nuisibles et utiles à l'agriculture. In Encyclopédie agricole, Baillière & fils Ed. Paris : 85-92.

- DHEILLY L., 1995. L'amour fou. *Le Chasse-Marée* **86** : 66.
- DIAMOND J., 1989. Overview of recent extinctions. *In* : Conservation for the twenty-first century, Western D. & Pearl M.C. Ed., Oxford Univ. Press Oxford : 37-41.
- FICHET E. & M. PASCAL, 1987. Mise au point d'une méthode de marquage collectif par l'emploi de fluoro-chromes vitaux dans une perspective d'étude des phénomènes de déplacement chez les vertébrés supérieurs. Expériences préliminaires sur le Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris scherman* (Shaw 1801)). *Col. Nat. CNRS Biologie des populations* (Lyon 4-6/9/1986) : 561-566.
- FRANKLIN I.R., 1980. Evolutionary changes in small populations. *In* Conservation biology : an evolutionary-ecological perspective, Soulé M. & Wilcox B.A. Ed., Sinauer, Sunderland : 135-149.
- GUÉDON G., M. BÉLAIR & M. PASCAL, 1990. Comparaison de l'efficacité de cinq pièges non vulnérants à l'égard de la capture du Campagnol provençal (*Pitymys duodecimcostatus* de Sélys-Longchamps, 1839). *Mammalia* **54** : 137-145.
- GUÉDON G., M. PASCAL & F. MAZOUIN, 1991. Le Campagnol provençal en captivité (*Pitymys duodecimcostatus* de Sélys-Longchamps, 1839) II) La croissance. *Mammalia* **55** : 397-406.
- GREAVES J.H., 1971. Resistance to anticoagulant in rodents. *Pesticides Sciencies* **2** : 276-279.
- GREAVES J.H., 1994. Resistance to anticoagulant rodenticides. *In* Rodent pests and their control. (Buckle A.P. & Smith R.H. Ed.). Cab. International, Oxon G.B. : 197-217.
- GREAVES J.H., R. REDFERN, P.B. AYRES & J.E. GILL, 1977. Warfarine resistance : a balanced polymorphism in the Norway rat. *Genet. Res. Camb.* **30** : 257-263.
- GRENOT C., M. PASCAL & M. SELLAM, 1982. L'équilibre hydropondéral chez le Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*). *C. R. Acad. Sc. Paris Série D* **111** (294) : 629-634.
- GRENOT C., M. PASCAL, L. BUSCARLET, J.M. FRANCAZ & M. SELLAMI, 1983. Méthodologie appliquée à l'énergétique écologique : bilans hydriques et énergétiques du Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris sherman*) dans un agrosystème de moyenne altitude (Haut-Doubs France). *Bull. Soc. Ecophy.* **8** (1-2) : 75-105.
- GRENOT C., M. PASCAL, L. BUSCARLET, J.M. FRANCAZ & M. SELLAMI, 1984. Water and energy balance in the water vole (*Arvicola terrestris sherman*) in the laboratory and in the field (Haut-Doubs, France). *Comp. Biochem. Physiol.* **78** AN 1 : 185-196.
- HEIM DE BALSAC H., 1940a. Faune mammalienne des îles littorales Atlantiques. *C. R. Acad. Sci. Paris* **211** : 212-214.
- HEIM DE BALSAC H., 1940b. Peuplement mammalien des îles atlantiques françaises. *C. R. Acad. Sci. Paris* **211** : 296-298.
- HEIM DE BALSAC H., 1951. Peuplement mammalien des îles atlantiques françaises : Ouessant. *C. R. Acad. Sci. Paris* **233** : 1678-1680.
- HEIM DE BALSAC H. & F. de BEAUFORT, 1966a. La Crocidure de l'île de Sein, sa position parmi les populations françaises de *Crocidura suaveolens*. *Mammalia* **30** : 634-636.
- HEIM DE BALSAC H. & F. de BEAUFORT, 1966b. Formes géographiques de *Microtus agrestis* L. en France : Bretagne et île de Groix. *Mammalia* **30** : 637-639.
- HOWELL J.A., 1991. Wildlife habitat analysis for Alcatraz Island, Golden Gate National Recreation Area, California. *In* Wildlife Conservation in Metropolitan Anvironments. NIUW Symp. Ser. 2, L.W Adams & D.L. Leedy Ed., Natl. Inst. for Urban Wildl. Columbia, USA : 157-164.
- J. O. de la République Française du 6/5/1988. Arrêté du 28 avril 1988 relatif aux conditions générales de délivrance et d'emploi des préparations destinées à la lutte contre les souris et les rats (rats noirs et surmulots) : 6565-6566.
- J. O. de la République Française du 7/09/1991. Arrêté du 21 Août 1991 relatif aux conditions de délivrance et d'emploi en agriculture de substances vénéneuses et dangereuses : 11785.
- JACKSON W.B., J.E. BROOKS, A.M. BOWERMAN & D.E. KAUKKINEN, 1975. Anticoagulant resistance in the Norway rats. *Pest Control*, Avril : 12-16.
- KAISER G & R. TAYLOR, 1995. Rat extermination. *ALIENS* **2** : 18.
- LORGUE G., 1991. Toxicologie des composés utilisés contre les vertébrés sauvages en milieu agricole et rural. *Bull. Tech. Inform. Minist. Agriculture et de la Forêt* « Les vertébrés ravageurs des végétaux ». I - 2 (N. s.) : 87-92.
- LUND M., 1964. Resistance to the warfarine in the common rat. *Nature* **15** : 778.
- LUND M., 1984. Resistance to the second-generation anticoagulant rodenticides. *In* 11 th Vertebrate Pest Conference, Clark D.O. Ed., Univ. California, Davis, U.S.A. : 89-94.
- MARSH R.E., 1977. Bromadiolone, a new anticoagulant rodenticide. *EPPO Bull.* **7** : 495-502.
- MARSH R.E., W.E. HOWARD & W.B. JACKSON, 1980. Bromadiolone : a new toxicant for rodent control. *Pest Control* **48** : 22-26.
- McILROY J.C & E.J. GIFFORD, 1991. Effects on non-target animal populations of the rabbit trail-baiting campaign with 1080 poison. *Wildl. Res.* **18** : 315-325.
- MILAIRE H.G., 1978. La protection des cultures par la lutte intégrée. *Acad. Agric. France* : 1351-1370.
- MILAIRE H.G., 1986. La lutte intégrée en cultures fruitières. *In* : Mode d'action et utilisation des insecticides : insectes-insecticides-santé. Ed. A.C.T.A. Paris : 499-518.
- MILON P., 1966. L'évolution de l'avifaune nidificatrice de la réserve Albert Chappelier (Les Sept-Iles) de 1950 à 1965. *Terre et Vie* **20** : 113-142.
- MOORS P.J., 1979. Norway rats on islands in Hauraki Gulf. *Wildlife - A Review* **10** : 39-45.

- MOORS P.J., 1985. Eradication campaigns against *Rattus norvegicus* on the Noises Islands, New Zealand, using brodifacoum and 1080. *ICPB Techn. publ.* **3** : 143-155.
- MOORS P.J. & I.A.E. ATKINSON, 1984. Predation on seabirds by introduced animals and factors affecting its severity. In Status and conservation of the World's seabirds, Croxall J.P., Evans P.G.H. & Schreiber R.W. Ed., I.C.P.B. Tech. Publ. 2. Cambridge, U.K. : 667-690.
- MOORS P.J., I.A.E. ATKINSON & G.H. SHERLEY, 1992. Reducing the rat threat to island birds. *Bird Conserv. Intern.* **2** : 93-114.
- MUSARD P. & G. GROLLEAU, 1991. La réglementation en vigueur. Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, « Les vertébrés ravageurs des végétaux ». I - 2 (N. s.) : 68-71.
- MUSARD P. & M. PASCAL, 1991. Bilan actuel de l'intérêt et des limites d'utilisation des différentes méthodes de lutte pratiquées à l'encontre de mammifères ravageurs de cultures. Bull. Techn. Inform. Minist. Agriculture et Forêt, « Les vertébrés ravageurs des végétaux ». I - 2 (N. s.) : 57-60.
- NAHAS K., M. RAMPAUD & G. LORGUE, 1986. Efficacité du chlorophacinone et de la bromadiolone sur *Rattus norvegicus* résistant au coumafène. *La Défense des Végétaux* **240** : 35-37.
- PARKES J.P., 1990. Workshop : Eradication. In : Ecological restoration of New Zealand Islands. (Towns D.R., Daugherty C.H. & Atkinson I.A.E. Ed.) Conservation Science Publication N° 2. Wellington : 229-230
- PARTRIDGE G.G., 1979. Relative fitness of genotype in population of *Rattus norvegicus* polymorphic for warfarine resistance. *Heridity* **43** : 239-246.
- PASCAL M., 1980. La protection de la nature dans les Territoires des Terres Australes et Antarctiques Françaises. L'Archipel de Kerguelen. *Le Courrier de la Nature* **69** : 26-33.
- PASCAL M., 1984. Méthode d'échantillonnage d'un rongeur souterrain, le Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris scherman*). Recherche des limites d'utilisation de la méthode. *Acta Oecologica Oecol. Applicata* **5** : 303-317.
- PASCAL M., 1988. Bilan des recherches menées par le groupe inter-organismes ACTA-INRA-SPV sur la biologie du Campagnol terrestre en France (1979-1987). *Arvicola terrestris scherman* (SHAW,1801). *OEPP Bul.* **18** : 381-392.
- PASCAL M., E. FICHET, H. BURIN des ROZIERES & P. DOUVILLE, 1989. Méthode de marquage des tissus calcifiés du Ragondin au moyen d'appâts additionnés de fluoromarqueurs vitaux. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* **44** : 191-201.
- PASCAL M., F. BIRET, P. YÉSOU & L.-G. D'ES-CRIENNE, 1994. L'inventaire des Micromammifères de la Réserve de Faune de l'Île de Béniguet (Finistère). *Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.* **11** : 65-81.
- PASCAL M., J.-F. COSSON, F. BIRET, P. YÉSOU & F. SIORAT, 1996. Réflexions sur le bien-fondé de rétablir une certaine biodiversité de milieux insulaires par l'éradication d'espèces exogènes. Cas de certains Mammifères d'îles de Bretagne (France). 19^e Coll. Intern. Mammal. Banyuls/Mer. 13-15/10/995 : Les Mammifères et le syndrome d'insularité. *Vie Milieu* : Présent ouvrage.
- PENICAUD P., 1979. Contribution à l'étude du peuplement d'oiseaux de mer de la réserve des Sept-Îles. *Terre et Vie, Rev. Ecol.* **33** : 591-610.
- PIMM S.L., 1987. Determining the effects of introduced species. *TREE* **2** : 106-108.
- PIMM S.L., 1989. Theories of predicting success and impact of introduced species. In : Biological invasions. A global perspective. (Drake J.A. et al. Ed.), SCOPE 37, John Wiley & Sons : 351-367.
- PIMM S.L., 1991. The balance of Nature? Ecological issues in the conservation of species and communities. University Chicago Press, Chicago & Londres.
- SAINT GIRON M.C. & P. NICOLAU-GUILLAUMET, 1987. Les phénomènes d'insularité dans les îles du Ponant (France). Mammifères et oiseaux. *Bull. Soc. Zool. France.* **112** : 61-79.
- SALEMBIER J.J., 1994. Sept-Îles... sept époques. Salembier Ed. Lannion : 80 p.
- SIORAT F. & D. BREDIN, 1996. Evolution des populations d'oiseaux marins nicheurs de l'Archipel des Sept-Îles (Côtes d'Armor - Bretagne). *Ornithos* **3** : 49-57.
- TAYLOR R. & THOMAS B., 1989. Eradication of Norway rats (*Rattus norvegicus*) from Hawea Island, Fiordland, using brodifacoum. *New Zealand J. Ecol.* **12** : 23-32.
- THOMAS B. & R. TAYLOR, 1988. Rat éradication in Breaksea. *Forest and Bird* **19** : 30-34.
- TOWNS D.R. & W.J. BALLANTINE, 1993. Conservation and restoration of New Zealand island ecosystems. *TREE* **8** : 452-457.
- TYNDALE-BISCOE C.H., 1994. Virus-vectored immunocontraception of feral mammals. *Reprod. Fertil. Dev.* **6** : 281-287.
- USHER M.B., 1989. Ecological effects of controlling invasive terrestrial vertebrates. In : Biological invasions. A global perspective, Drake J.A. et al., Ed., SCOPE 37, John Wiley & Sons : 463-489.
- VAN RENSBURG P.J.J., 1986. Control of Marion Island cat (*Felis catus*) population : why and who. *S. Afr. J. Antarct. Res.* **16** : 110-112.
- VAN RENSBURG P.J.J., J.D. SKINNER & R.J. VAN AARDE, 1987. Effects of feline panleucopenia on the population characteristics of feral cats on Marion Island. *J. Appl. Ecol.* **24** : 63-73.
- VEITCH C.R., 1985. Methods of eradicating feral cats from offshore islands in New-Zealand. *ICPB Techn. publ.* **3** : 125-142.
- VEITCH C.R. & B.D. BELL, 1990. Eradication of introduced animals from the islands of New Zealand. In Ecological restoration of New Zealand Islands, Towns D.R., Daugherty C.H. & Atkinson I.A.E. Ed., Conserv. Sci. Publ. Wellington **2** : 137-146.
- WCMC, 1992. Global Biodiversity. Status of Earth's Living Resources (Collaboration National History Museum, UICN, PNUE, WWF, WRI). Chapman & Hall, Londres, 585 p.

Reçu le 14 février 1996 ; received February 14, 1996

Accepté le 1^{er} avril 1996 ; accepted April 1, 1996