

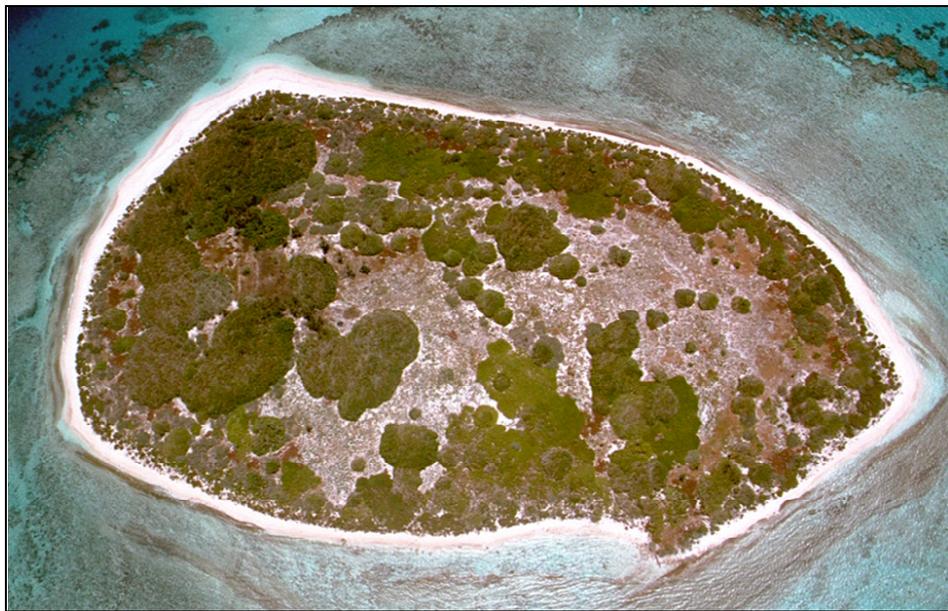


Institut Français
de la
Biodiversité

Invasions biologiques et conservation : ÉRADICATION D'ESPÈCES INVASIVES ET RÉACTIONS EN CHAÎNE

Déc. 2001- Déc. 2003

RAPPORT D'ACTIVITÉ



Responsable du programme :

Franck Courchamp
Écologie, Systématique & Evolution
Bât 362 - Université Paris Sud XI - 91405 Orsay Cedex
Tel : 01 69 15 56 85 - Fax : 01 69 15 56 96
Email : franck.courchamp@ese.u-psud.fr

Responsables d'équipes collaboratrices :

Vincent Bretagnolle : CNRS, Chizé
Jean-Louis Chapuis : MNHN, Paris
Michel Pascal : INRA, Rennes



Sommaire

1.	Contexte du sujet	1
a.	Invasions biologiques.....	1
b.	Contrôle et réactions en chaîne.....	2
2.	Objectifs du projet	3
3.	Description scientifique et technique du projet.....	4
4.	Etat d'avancement des travaux.....	5
5.	Résultats préliminaires.....	8
a.	Aspects physiques de l'île Surprise	8
b.	Végétation.....	11
c.	Invertébrés	15
d.	Vertébrés	17
✓	<i>Reptiles terrestres</i>	17
✓	<i>Reptiles marins</i>	19
✓	<i>Oiseaux terrestres</i>	20
✓	<i>Oiseaux marins</i>	20
e.	Rongeurs introduits.....	21
f.	Impact des espèces introduites	25
✓	Récapitulatif des espèces introduites	25
✓	<i>Observations directes d'impact</i>	29
✓	<i>Isotopes stables</i>	31
✓	<i>Contenus stomacaux et intestinaux</i>	34
✓	<i>Parasitologie</i>	40
✓	<i>Réactions en chaîne possibles</i>	42
✓	<i>Récapitulation et recommandations</i>	46
6.	Conclusions	49
7.	Bibliographie	50
8.	Bilan financier	52

Remerciements

À l'occasion de ce rapport d'activité, nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont permis le bon déroulement de ce programme, au premier rang desquelles la Marine Nationale et l'Armée de l'Air en Nouvelle-Calédonie, les commandants de la Moqueuse et du Jacques Cartier, l'Association pour la Sauvegarde de la Nature Néo-Calédonienne et son président Jean-Louis D'Auzon, l'IRD de Nouméa (Bertrand Richer De Forges, Jean Chazeau, Tanguy Jaffré, Hervé Jourdan), la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud (Richard Farman), la Direction du Développement Economique et de l'Environnement, (Jean-Jérôme Cassan), le WWF (Hubert Géraux), l'OPT de Nouméa (Jean-François Gatimel). Nous remercions également Matthieu Bacquès, Isabelle Brun, Stéphane Caut, Hubert Géraux, Olivier Lorvelec, Jean-Baptiste Mihoub, Benoît Pisanu et Pascal Villard pour leur participation aux observations et expériences sur l'île Surprise, Vincent Bretagnolle, Stéphane Caut, Olivier Lorvelec, Benoît Pisanu pour leur aide pour l'exploitation des données, Christiane Tirel (MNHN, Paris) pour son aide pour les détermination d'espèces végétales, Delphine Legrand, Jean-Baptiste Mihoub, Maude Mirandel et Aurélie Perret pour leur aide lors des analyses en laboratoire ainsi qu'Isabelle Brun, Colette Hannecart et Cyrille Huruguyen pour leur aide à la préparation et à la participation des missions de terrain sur l'île Surprise. Les résultats présentés dans ce rapport sont en grande partie tirés du rapport de stage de DEA de Stéphane Caut (Ecologie, Systématique & Evolution, Université Paris Sud). Toutes les figures sont tirées de ce rapport, sauf les figures 10 et 11, qui sont tirées du rapport de mission de Benoît Pisanu (MNHN).



1. Contexte du sujet

a. Invasions biologiques

Ces travaux concernent l'étude des communautés envahies et leur restauration par le contrôle des espèces introduites. Les invasions biologiques fournissent à la fois un thème majeur pour la restauration de la biodiversité et un bon modèle d'étude de la dynamique des relations interspécifiques. C'est en effet souvent l'étude de leurs dysfonctionnements qui permettent la compréhension des systèmes. Les relations dynamiques entre deux espèces en interaction, ou le fonctionnement d'une communauté peuvent être révélées lors de perturbations liées aux impacts des espèces invasives.

Les invasions d'espèces dans des écosystèmes natifs sont aujourd'hui considérées comme la seconde plus grande menace sur la biodiversité et comme un agent de changement global (1). Qu'elles concernent les écosystèmes naturels (telles les îles, à forte richesse spécifique) ou les systèmes agricoles, les invasions biologiques, d'espèces animales comme végétales, ont un coût énorme du point de vue écologique et économique. Pour la perte de la richesse spécifique des écosystèmes, près de la moitié des extinctions survenues récemment (depuis les 400 dernières années) aurait eu pour cause principale l'invasion par des espèces exogènes (2-4). En ce qui concerne les pertes économiques, les invasions biologiques sont estimées à 137 milliards de dollars américains par an pour les seuls Etats-Unis (5).

Les îles océaniques présentent des communautés végétales et animales à fort taux d'endémisme, à faible redondance écologique et aux réseaux trophiques simplifiés (6). Ces trois points expliquent en partie la grande fragilité de ces écosystèmes face aux perturbations, et le fort taux d'extinction d'espèces qu'on y observe. La plupart des extinctions contemporaines a en effet eu lieu, ou a actuellement lieu, dans les îles océaniques. Par exemple, des 30 espèces de reptiles et d'amphibiens éteintes depuis 1600, plus de 90 % étaient des formes insulaires (7). De même, 93 % des 176 espèces ou sous-espèces d'oiseaux (3) et 81 % des 65 espèces de mammifères (8) éteintes pendant cette période vivaient sur des îles océaniques.

Dans de nombreuses îles, les espèces animales introduites constituent une menace importante dans les communautés endémiques qu'elles ont envahies (9). Parmi elles, des prédateurs, comme les fourmis, le chat domestique, les mangoustes ou les rats, et des herbivores, tels que le lapin et les ongulés, ont causé l'éradication de nombreuses espèces ou sous-espèces (10). Par exemple, les rats, qui ont été accidentellement introduits dans plus de 80 % des îles du monde (11), sont considérés comme l'un des plus grands fléaux dans ce contexte (10, 12). Les trois espèces commensales de rats *Rattus exulans*, *R. rattus* et *R. norvegicus* sont des prédateurs pour respectivement 15, 39 et 53 espèces d'oiseaux au moins ⁽¹¹⁾ et sont la cause d'innombrables extinctions d'espèces de vertébrés (13). Un exemple tristement célèbre de leur impact est leur arrivée dans l'île de Big South Cape (Nouvelle-Zélande) qui causa en moins de deux ans la disparition locale de trois espèces d'oiseaux endémiques et l'extinction de deux autres et d'une espèce de chauve-souris (14).

Les espèces végétales introduites sont bien plus nombreuses que les espèces animales. À titre d'exemple, la Nouvelle-Calédonie compte plus de 800 espèces d'angiospermes introduites, contre 36 espèces de vertébrés (15). Un petit groupe d'espèces introduites, voire une seule espèce, peut avoir des conséquences catastrophiques pour des communautés entières. Ainsi, *Miconia calvescens* (Melastomataceae), a été introduite à Tahiti il y a 60 ans comme plante

ornementale. Aujourd'hui, elle couvre les deux tiers de l'île et constitue une menace directe pour les forêts « natives » qu'elle envahit totalement. Entre 40 et 50 des 107 espèces de plantes endémiques de cette île sont au bord de l'extinction (15).

b. Contrôle et réactions en chaîne

Depuis quelques années, les chercheurs en écologie ont pris conscience de l'importance des phénomènes invasifs pour la biodiversité, et les travaux de conservation dans ce contexte se sont multipliés. Plusieurs centaines d'opérations d'élimination de mammifères introduits dans des îles ont déjà été menées, principalement en Australie et Nouvelle-Zélande (16).

Or, si les succès sont de plus en plus nombreux et concernent des éradications autrefois jugées infaisables, la majorité des échecs d'opération de contrôle reste liée à ce que nous appellerons ici des réactions en chaîne inattendues. Par exemple, dans de nombreux cas, les espèces d'oiseaux dont la protection avait été visée par l'éradication d'un prédateur introduit se sont vues menacées par l'explosion démographique de prédateurs intermédiaires dont la prolifération était jusqu'ici contrôlée par la présence du prédateur. Les cas les plus connus sont ceux de l'éradication de chats ayant causé une pullulation de rats (autres prédateurs des oiseaux). Dans l'île de Stewart, une population de chat introduite menaçait une des dernières populations de kakapo, *Strigops habroptilus*, un perroquet endémique géant et aptère de Nouvelle-Zélande. Une étude de régime alimentaire a révélé des restes de cet oiseau menacé dans 5.1 % des crottes de chats (17). Cette pression, même apparemment minime, peut être catastrophique pour une population déjà particulièrement petite et fragile. Pourtant cette étude a également démontré que 93 % de ces mêmes échantillons contenaient des restes de rats, eux aussi introduits dans cette île (17). Or, les rats sont des prédateurs importants d'œufs et de poussins de kakapos, et leur limitation à de faibles densités par le chat peut être salutaire pour ces oiseaux. En fait, il est facilement vérifiable que, dans ce cas, l'effet négatif des chats sur les kakapos, par prédation directe, est inférieur à leur effet positif, par prédation sur d'autres prédateurs, comme les rats. L'élimination des chats seuls est donc à proscrire dans ce cas, information contre-intuitive tant qu'une étude du réseau trophique de cette île n'avait pas été entreprise. L'élimination soudaine de ce que l'on appelle le superprédateur (ici le chat) peut conduire à une explosion démographique de populations de mésoprédateurs, ou prédateurs intermédiaires (ici les rats), qui risque d'être encore plus préjudiciable aux espèces indigènes initialement menacées par les superprédateurs (13). Ce processus d'augmentation brutale des prédateurs intermédiaires suite à une élimination soudaine de leurs prédateurs a été nommé " relâche des mésoprédateurs ". C'est ce processus qui a causé l'arrêt du programme d'éradication des chats de l'île d'Amsterdam, les populations de rats et de souris ayant trop rapidement augmenté (18). Ce processus, et d'autres similaires survenant à la suite de contrôle d'espèces invasives, du fait de leur caractère difficilement imprévisible *a priori*, ont été appelés « effet surprise » (19).

En fait, le système proie-mésoprédateur-superprédateur que nous venons de décrire peut être complexifié, à l'image de la situation rencontrée dans de nombreuses îles. Il se peut en effet qu'un prédateur intermédiaire se glisse dans cette chaîne, rendant l'élimination du mésoprédateur précédent délicate, s'il agit également en tant que prédateur de cette nouvelle espèce (et donc à la fois en tant que superprédateur et mésoprédateur). Ayant eu conscience des problèmes potentiellement générés par l'unique éradication des chats, et voulant éviter une explosion démographique des rats présents sur cette île, les auteurs du programme de restauration de l'île des Oiseaux, aux Seychelles ont décidé, à raison, de mener un contrôle en parallèle des populations de chats et de rats introduits. Ils n'avaient malheureusement pas pris

en compte la présence de fourmis introduites, qui étaient jugées présentes en trop petit nombre pour être d'importance significative dans leur programme. En fait, ces fourmis, *Anoplolepis longipes*, également appelées "crazy ants" étaient une des proies principales des rats, et l'élimination des rats a conduit à une explosion démographique très importante de ces fourmis, au dépend des oiseaux et des crabes endémiques de l'île. La totalité de cette île s'est vite couverte de fourmis très agressives, qui éliminent rapidement la faune locale, dont le programme de restauration visait la protection (20). Parmi les nombreuses espèces touchées, trois millions de crabes terrestres, principaux ouvriers de l'écosystème terrestre, ont été éliminés en moins de 18 mois.

Des cas plus complexes d'« effets surprise » montrent l'interconnection des différents constituants des communautés animales et végétales. Par exemple, dans l'île Macquarie, la baisse des lapins introduits suite à leur contrôle a conduit à une cascade de conséquences imprévues, accélérant la perte de la flore endémique que ce programme visait à protéger (21). En effet, l'arrêt du broutage des lapins a révélé que la présence limitée d'espèces végétales introduites était en fait dû à une préférence des lapins pour ces végétaux introduits. Du fait d'un mécanisme simple de suppression de cette compétition apparente, les espèces introduites (dont la valeur compétitive est supérieure aux espèces endémiques en absence de lapins) ont connu une explosion démographique qui accélère la disparition des espèces endémiques. Un phénomène similaire a eu lieu dans les îles Kerguelen, suite à l'éradication du lapin sur les îles Guillou et Verte (22). La disparition des lapins a de plus généré une autre conséquence inattendue : l'augmentation de la couverture herbacée (introduite) a permis de constituer un meilleur refuge pour une autre espèce de mammifère introduit, le rat. Du fait de la disparition des lapins et de la baisse d'accessibilité des rats pour les prédateurs, une troisième espèce introduite (le chat) dont ils constituaient la majorité des proies a connu à son tour une baisse importante et brutale d'effectif. Il s'en est suivi une accélération de l'augmentation de la population de rats, dont le couvert végétal a en plus permis une survie supérieure pendant l'hiver, fournissant en abondance nourriture et protection contre le froid. L'éradication des lapins a donc permis une facilitation du contrôle des chats (qui était mené par un programme parallèle), ce qui a priori devait à la fois bénéficier la flore et la faune endémique. N'ayant pas pris en compte les relations avec les espèces végétales introduites, l'augmentation des espèces végétales invasives, puis des rongeurs introduits, et la quasi-perte de la flore endémique qui s'en est suivie n'avaient pas été prévues. Ces exemples peuvent malheureusement être multipliés, même dans les programmes récents.

Même si les espèces invasives causent des pertes importantes de biodiversité et que, par conséquent, une intervention est la plupart du temps pleinement justifiée, elles ne sont jamais isolées et leur élimination soudaine peut toucher toutes les espèces qui interagissent directement ou non avec elles. L'étude approfondie du réseau trophique que l'on va être amené à modifier (ou "rectifier") est donc essentielle pour éviter de provoquer de telles « surprises ». Bien connaître la population de l'espèce invasive et son environnement biotique et abiotique peut en effet permettre la mise au point d'une stratégie optimale de contrôle de cette espèce. C'est sur ce principe que s'est basé notre programme de recherche.

2. Objectifs du projet

Le but de ce projet était la mise en place d'une méthodologie rationnelle de gestion des populations invasives dans des écosystèmes insulaires, avec pour but principal la maîtrise des réactions en chaîne dévastatrices trop souvent observées à la suite d'une intervention sur une

population introduite. Cette mise en place devait se faire par une combinaison de travaux de modélisation mathématique et d'études empiriques de terrain. Par une succession d'allers-retours entre le terrain et la modélisation, nous avons prévu de construire une série de modèles mathématiques des réseaux trophiques insulaires, à but prédictif, et basés sur les connaissances empiriques du terrain. Ces modèles ont pour but de décrire avec précision les différents scénarii pouvant résulter de l'élimination des populations introduites, notamment en termes de changements brutaux d'effectifs de populations indigènes et introduites.

3. Description scientifique et technique du projet

Le projet s'est déroulé autour de deux missions de terrain, et de l'analyse des données récoltées pendant ces missions. Les sessions de terrain se déroulent entre octobre et décembre, et à l'heure où ce mémoire est rédigé, la seconde session de terrain vient juste de se terminer, les données ne sont par conséquent pour la plupart pas encore analysées. La seconde session de terrain nous a cependant fourni des informations essentielles qui peuvent d'ores et déjà être intégrées ici, à la fois dans la présentation des travaux et dans la réflexion pour la continuation du projet.

Les connaissances sur l'écosystème de l'île étudiée (l'île Surprise) étant particulièrement peu nombreuses au démarrage du projet, la première session de terrain a surtout été consacrée à caractériser l'écosystème et définir les espèces qui auraient le potentiel d'y jouer un rôle clé, en particulier vis-à-vis de la présence du rat. Cette première mission a permis de collecter, d'une part, des données quantitatives sur un certain nombre d'espèces dont on connaissait la présence (notamment les oiseaux), et, d'autre part, des données qualitatives sur d'autres espèces pour lesquelles on avait peu ou pas d'information. Ceci nous a permis de définir quels types de protocoles devaient être mis en place pour optimiser la prise de données de la seconde mission. Celle-ci a donc permis de collecter des informations quantitatives sur un plus grand nombre d'espèces, mais aussi de mener quelques expériences que notre nouvelle connaissance du système nous suggérait.

L'approche utilisée dans ce projet s'articule donc autour de trois étapes successives. Dans un premier temps, un inventaire de la faune et la flore locales des îlots a permis d'émettre des hypothèses sur les réseaux trophiques qui concernent directement ou indirectement les espèces considérées (indigènes comme exogènes). Des études préliminaires de régime alimentaire ont ainsi été effectuées sur quelques espèces clés, comme les rongeurs introduits. L'estimation de l'effectif des différentes populations en présence a également été effectuée lors de cette première étape.

La seconde partie du programme est la construction et l'analyse de modèles mathématiques de la dynamique des populations qui interagissent au sein de réseaux trophiques reconstitués à partir des travaux sur le terrain. Ces modèles plurispécifiques sont construits sur le principe des modèles déjà réalisés dans un contexte similaire (13, 23-25). Ils sont basés sur un système d'Équations Différentielles Ordinaires (EDO), en temps continu de type Lotka-Volterra. Ces modèles présentent un certain nombre de conséquences possibles de l'élimination d'une espèce exogène au sein du réseau trophique (voir ci-après), afin d'adapter, le cas échéant, les stratégies de contrôle du rat introduit.

Le troisième volet de cette étude est un retour sur le terrain, où l'élimination des mammifères introduits sera mise en œuvre selon les méthodes et stratégies optimales telles que

définies par les modèles. Nous développerons ensuite un suivi à moyen terme des populations sur lesquelles nous prédisons un impact du rat introduit, afin de caractériser cet impact, qualitativement et quantitativement, ainsi que l'impact de l'élimination de cette espèce : oiseaux, insectes, reptiles, végétation, ...

4. Etat d'avancement des travaux

Le programme a démarré dès que les financements ont été disponibles par l'Université Paris Sud, soit décembre 2001. Les travaux de terrain en Nouvelle-Calédonie s'effectuant, pour des raisons logistiques, en octobre-décembre, nous disposons actuellement de données de deux saisons de terrain, celles de la seconde étant en cours d'analyse. Pour cette raison, un complément à ce rapport sera rédigé dans les mois qui viennent. Depuis le début du programme, de nombreux contacts ont été pris en France et en Nouvelle-Calédonie, afin de réunir un réseau de personnes compétentes dans les différents domaines concernés par ce programme. En particulier, plusieurs personnes d'Institutions différentes collaborent maintenant à ce programme, comme Vincent Bretagnolle, du CNRS de Chizé, qui nous apporte son expertise en dynamique des populations d'oiseaux marins. Vincent Bretagnolle a en effet initié depuis quelques années un programme de recherche sur les oiseaux marins présents dans les différentes îles au large de la Nouvelle-Calédonie, dont les îles du récif d'Entrecasteaux. Ses données et ses connaissances sont particulièrement utiles au programme. Jean-Louis Chapuis, du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris), a également accepté de prendre part à notre programme. Ses travaux sur l'impact des lapins et souris introduits dans les îles Kerguelen, leur contrôle et le suivi des conséquences de ce contrôle se placent dans la droite ligne des études que nous développons au cours de ce programme. Sa grande expérience sur le terrain et en laboratoire complète parfaitement l'expertise de l'équipe de Michel Pascal, (Institut National de la Recherche Agronomique, Rennes), spécialiste notamment des méthodologies d'inventaire et d'éradication de rongeurs introduits, et avec laquelle J.L. Chapuis collabore régulièrement. Olivier Lorvelec, de l'équipe de Michel Pascal, s'est en outre spécialisé dans l'étude des populations de reptiles terrestres.

En juillet 2002, des contacts ont été pris lors d'une mission prospective à Nouméa avec des scientifiques et des responsables politiques locaux, notamment lors d'une réunion préparatoire réunissant des responsables (ou leur représentant) de l'Institut de Recherche pour le Développement de Nouméa (Jean Chazeau), la Direction de l'Agriculture, de la Forêt et de l'Environnement (Guy Leahy), l'Institut Agronomique Calédonien (Nicolas Barré), de la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud (Richard Farman), la Direction du Développement Economique et de l'Environnement, service de l'environnement (Jean-Jérôme Cassan), et du WWF Nouvelle-Calédonie (Hubert Géreaux). Des demandes de collaborations plus spécifiques ont été faites auprès de chercheurs basés à Nouméa. Certains de ces contacts ont reçu des réponses positives et sont actuellement maintenus.

En novembre 2002, la mission de terrain s'est déroulée en deux étapes dans le récif d'Entrecasteaux. Une première expédition avait pour objectif l'établissement d'un complément d'inventaire des mammifères et des reptiles terrestres des quatre îles du récif d'Entrecasteaux ainsi que l'expertise de l'intérêt écologique et de la faisabilité d'une éradication des populations introduites de rats. Un inventaire faunistique non exhaustif sur les autres espèces était aussi programmé, à des fins de comparaison avec la faune présente à l'île Surprise. Cette expédition s'est accomplie du 28 octobre au 24 novembre 2002, grâce à la coopération de l'Association pour la Sauvegarde de la Nature Néo-Calédonienne (ASNNC) qui, à l'occasion de sa campagne

d'étude et de baguage des tortues marines nidifiant sur les îles des récifs d'Entrecasteaux, a accepté d'embarquer Olivier Lorvelec (INRA, Rennes). Cette expédition a également embarqué Hubert Géraux, ornithologue du WWF, ce qui a permis de collecter des données sur l'avifaune des quatre îles du récif. Une expédition parallèle, mobilisant quatre personnes et dédiée à l'étude du fonctionnement de l'écosystème de l'île Surprise a pris place du 11 novembre au 26 décembre 2002, avec notamment un séjour de près de trois semaines en autonomie complète sur Surprise. Les quatre personnes présentes, Pascal Villard (CEBAS CNRS, Chizé), Benoît Pisanu (MNHN Paris), Stéphane Caut (ESE UPS, Orsay) et Isabelle Brun (Logistique, Nouméa), avaient pour objectifs principaux d'établir un inventaire faunistique et floristique le plus complet possible des communautés insulaires, de dresser une carte précise de l'île et de collecter des informations quantitatives sur toutes les populations de vertébrés de l'île, qu'elles soient allochtones ou autochtones. Des échantillons ont été prélevés, notamment dans le but de caractériser le régime alimentaire des rats introduits.

Les missions de 2002 se sont déroulées avec succès. Les déterminations d'espèces végétales et animales sont maintenant presque achevées. Des analyses en isotopes stables des différents échantillons prélevés, ainsi qu'une étude sur les contenus stomacaux et intestinaux des rats introduits ont été réalisées. Les données cartographiques utilisant les très nombreuses données GPS relevées sur place ont permis de produire une carte précise de l'île, des différentes unités végétales en présence, ainsi que de la localisation de divers éléments d'importance (transects, quadrats, pièges, nids de certaines espèces d'oiseaux, ...). Ces données permettront sous peu une analyse spatiale complète des différentes communautés et de leur évolution dans le temps. Les analyses quantitatives des populations d'oiseaux marins, de reptiles marins et terrestres, et de rongeurs sont également en cours.

Les missions de 2002 ont été riches en enseignement et en surprises (voir ci-après), et ont été une des raisons de la décision de reporter d'un an la campagne d'éradication initialement prévue à l'issue de la seconde saison de terrain. En effet, d'une part les communautés animales et végétales nécessitent dans certains cas une étude par des protocoles différents de ceux utilisés lorsque l'information les concernant était minimale. D'autre part, la découverte de plusieurs espèces invasives qui pourraient avoir des relations importantes avec le rat introduit et les communautés locales, nécessite d'obtenir des informations complémentaires sur un certain nombre de points avant de procéder à la phase d'éradication des rats. Les protocoles de la mission de terrain de novembre 2003 ont été réalisés dans cette double optique.

La seconde saison de terrain a eu lieu du 21 octobre au 27 novembre 2003, avec quatre personnes (Stéphane Caut, ESE, UPS Orsay, accompagné de deux stagiaires de l'ESE, Jean-Baptiste Mihoub et Matthieu Bacques et d'une logicienne, Colette Hannecart). Les données correspondantes sont actuellement en cours d'analyse. Les pages suivantes résument les résultats préliminaires déjà disponibles. Des informations complémentaires seront fournies avec la mise à jour de ce rapport d'activité.

Le support de ce programme par l'IFB a non seulement permis son bon déroulement grâce au financement des expéditions sur le terrain, mais également l'étude théorique d'un système comparable en Californie (poste de travail, logiciels) et une étude bibliographique très détaillée sur le sujet. Si les travaux issus des missions de terrain occasionnent nécessairement un délai de publication correspondant aux analyses de ces données, les deux autres études ont en revanche déjà donné lieu à des articles publiés dans des revues à Facteur d'Impacts > 5 :

◆ Franck Courchamp, Rosie Woodroffe & Gary Roemer. 2003. Removing Protected Populations to Save Endangered Species. *Science*. 302, 5650 : 1532.

◆ Franck Courchamp, Jean-Louis Chapuis & Michel Pascal. 2003. Mammal invaders on islands, impact, control and control impact. *Biological Reviews*. 78: 347-383.

D'autres articles directement liés à ce programme sont actuellement en préparation :

◆ Gary Roemer, Josh Donlan, Stéphane Caut & Franck Courchamp. Coupling stable isotopes with bioenergetics to estimate competitive interactions and predatory relations. En préparation.

◆ Stéphane Caut, Jorge Casanovas, Emilio Virgós, Jorge Lozano & Franck Courchamp. Modelling the competitor release effect. En préparation.

◆ Benoît Pisanu, Odile Bain, Maude Mirandel. Révision taxinomique des 18 espèces du genre *Physaloptera* chez les mammifères. En Préparation pour *Systematic Parasitology*

◆ Vincent Bretagnolle, Pascal Villard, Hubert Géaux, Stéphane Caut & Franck Courchamp. Birds of d'Entrecasteaux Reefs : habitat choice, trends and the impact of introduced rats. En préparation.

Nous espérons publier certains résultats de ce programme rapidement, mais d'autres travaux en cours devraient également, à terme, donner lieu à des publications : particularité de l'endoparasitisme des rats introduits, impact d'espèces réservoirs introduites dans le cycle des ectoparasites d'oiseaux, structure des populations de rongeurs introduits, communautés de fourmis autochtones et allochtones et rongeurs introduits, ...



5. Résultats préliminaires

a. Aspects physiques de l'île Surprise

À environ 130 miles nautiques (230 km) de l'extrémité nord de la Grande-Terre de la Nouvelle-Calédonie, les récifs d'Entrecasteaux prolongent le grand système récifal calédonien au nord-ouest (Figure 1). Les quatre îles principales (Huon, Le Leizour, Fabre et Surprise) sont des motu, c'est-à-dire des îlots individualisés de quelques hectares, constitués de matériel détritique et de sable, émergeant sur les couronnes récifales des atolls Huon et Surprise et qui culminent actuellement à quelques mètres de hauteur. L'île Surprise est la seule à posséder une végétation abondante de type arbustive. Les trois autres îles sont essentiellement recouvertes d'une végétation herbacée rase, avec cependant une zone arbustive limitée dans le cas de l'île Fabre.

Ces îles sont des sites de nidifications privilégiés, dans la partie nord-ouest de l'océan Pacifique, pour plusieurs espèces d'oiseaux marins ; la physionomie de la végétation déterminant, pour une part, la présence ou l'absence de telle ou telle espèce. Elles constituent également un site particulièrement important de nidification pour la Tortue verte (*Chelonia mydas*).



Figure 1 : Situation géographique de la Nouvelle-Calédonie et de l'île Surprise, récif d'Entrecasteaux (18°28' S & 163°05' E).

Bien qu'encore apparemment fréquentés par des pêcheurs mélanésiens des îles Belep, qui viennent y capturer des oiseaux et des tortues dans une proportion non connue, ces îlots semblent aujourd'hui peu exploités par l'Homme. Ils l'ont par contre été dans le passé de manière intensive et leur physionomie actuelle (faible altitude, végétation) semble résulter, pour une grande part, des activités humaines anciennes. En 1883, les îles Surprise, Fabre et Le

Leizour firent l'objet d'un début d'exploitation du Guano qui cessa rapidement, mais cette ressource fut exploitée de façon intensive dans les années 1910-1920. Sur l'île Surprise, une usine à guano, équipée d'une voie de chemin de fer, fonctionnait à cette époque (Figure 2). Depuis 1965, seule une station météorologique témoigne d'une anthropisation désormais limitée.



Figure 2 : Vestige de l'époque d'occupation de l'île Surprise pour l'exploitation du guano : locomotive début du XX^{ème} siècle.

Un point qui illustre particulièrement bien la pénurie d'information relative à l'île Surprise est l'absence totale de carte précise pour cette île, que ce soit dans des publications ou dans les archives géographiques (telles celles de l'Institut National de Géographie). Une des premières tâches qui a incombé aux chercheurs faisant partie de la première expédition a été de faire une carte précise (à l'aide d'un GPS submétrique), avec délimitation des différentes zones géographiques et des différentes communautés végétales (Figure 3). De plus cette carte très précise a permis de géoréférencer différentes zones d'études (photographie de la végétation, zones de point-contact, transects), permettant ainsi un suivi précis de ces travaux pour les années à venir. Cette carte, qui est actuellement l'unique carte précise et détaillée disponible sur cette île, a été réalisée par la production de plus de 150 fichiers GPS représentant plus de 30 heures d'enregistrement sur le terrain. Elle sera distribuée aux Institutions intéressées, parmi lesquelles la Marine Nationale, l'IRD, la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, la Direction du Développement Economique et de l'Environnement, et d'autres Services gouvernementaux du Territoire Néo-Calédonien.

Le GPS submétrique a été utilisé pour générer plus de 100 lignes de points donnant la localisation et le contour de l'île et de ses différentes unités végétales. L'île est de forme ovale (700 x 400m) avec en sa pointe sud une petite crique rocheuse totalement recouverte à marée haute. La zone de balancement des marées s'étend sur 5 à 8 mètres, matérialisée par une laisse de mer constituée essentiellement de petite roche volcanique. On peut observer un fort recouvrement de l'île par la végétation. En Octobre 2003, nous avons pu obtenir de l'Armée de Terre et de l'Air en Nouvelle-Calédonie (Capitaine Duaux) un survol de l'île pour prendre des clichés photographiques de Surprise à la verticale (voir photo de couverture et Figure 4). Les photos résultantes peuvent facilement être corrigées par un logiciel prenant en compte l'angle de prise de vue. Elles peuvent ensuite être comparées à la fois avec la carte géoréférencées

obtenue en 2002 et avec des photos que nous espérons obtenir de l'Armée de l'Air les années qui viennent, pour suivre l'évolution des communautés végétales. Les données récoltées (points physiques, végétation, populations animales, expériences, ...) seront traitées par SIG courant 2004.

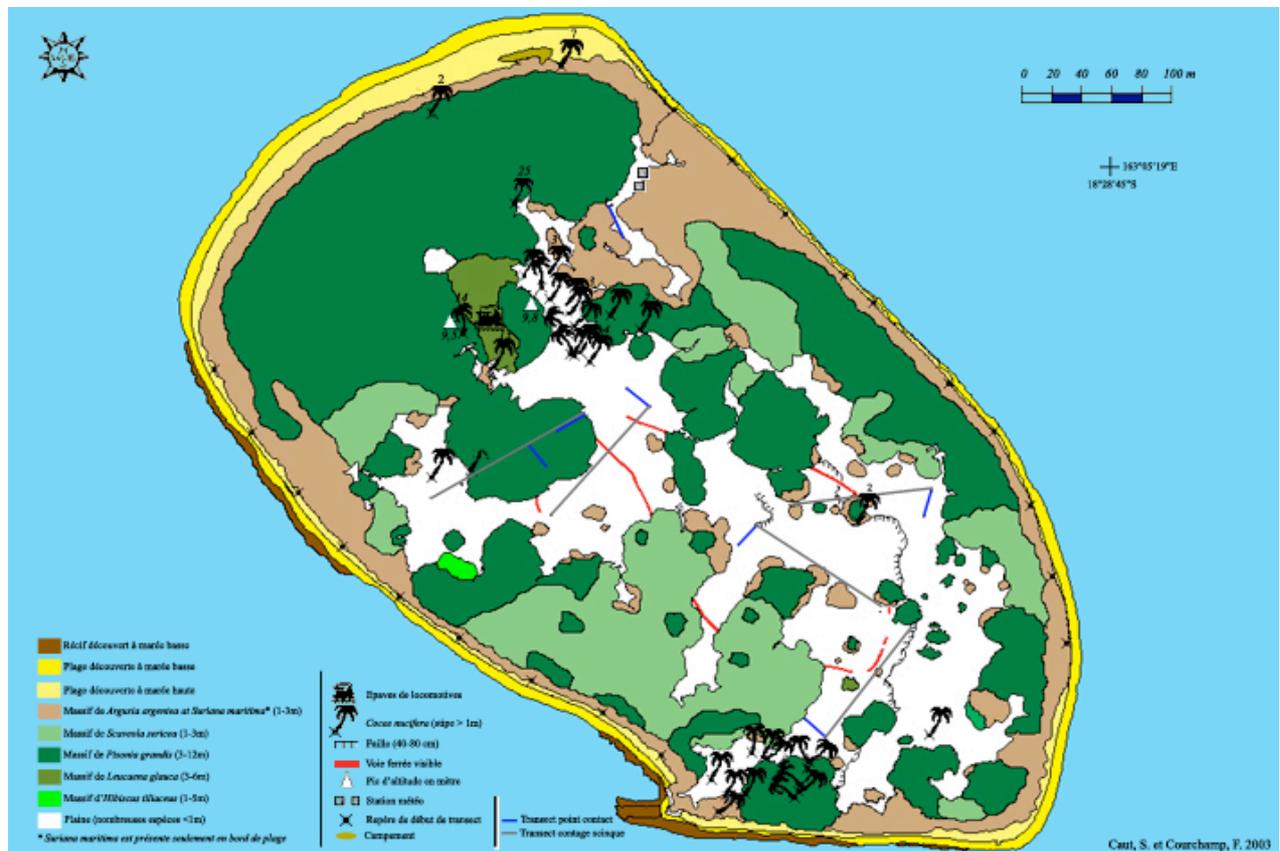


Figure 3 : Carte physique de l'île Surprise, récif d'Entrecasteaux, Nouvelle-Calédonie. Les principales unités de végétation sont indiquées de différentes couleurs (voir légende). Les points d'intérêt sont indiqués par un pictogramme. Carte disponible sur demande.



Figure 4 : photo aérienne de l'île Surprise, prise à partir d'un hélicoptère de l'Armée de l'Air en Nouvelle-Calédonie

b. Végétation

Lors de la première mission sur Surprise, nous avons cherché à recenser toutes les espèces végétales présentes sur le site d'étude, en effectuant un relevé systématique de tous les végétaux, pour constituer un herbier, étudié par la suite à l'IRD de Nouméa et au MNHN de Paris. Au total 29 espèces ont été distinguées dans 20 familles différentes, dont 5 graminées, 1 fougère et surtout des plantes dicotylédones. Il reste encore à déterminer 7 espèces. Parmi les espèces végétales déterminées, deux plantes sont très problématiques et connues pour leur capacité très envahissante, *Colubrina asiatica* et *Cassytha filiformis* (voir partie e). Il existe également un nombre important de cocotiers (*Cocos nucifera*), environ 103 de longueur de stipe supérieure à 1,50 mètres.

Parallèlement, nous avons cherché à caractériser cette végétation. Préalablement à l'étude de leur composition floristique, une classification des différents types de végétation est établie en fonction de leur physionomie globale. Sur 22 quadrats de 25m² chacun (550 m² au total), l'abondance-dominance de chaque espèce est estimée à vue suivant l'échelle de Braun-Blanquet (26). Nous avons utilisé les 10 transects définis pour le recensement des oiseaux (voir ci-dessous). Un protocole de référence a été mis au point avec l'aide de Jean-Louis Chapuis (MNHN de Paris), pour définir ces quadrats. On peut regrouper sa flore en quatre principales unités phyto-écologiques : (1) une ceinture de faux tabac *Argusia argentea* associée à *Suriana maritima* d'une largeur moyenne de 5 à 20 mètres sur le pourtour de l'île, (2) de grands massifs de *Scaevola sericea* de deux mètres de haut, (3) de larges zones à *Pisonia grandis* de 6 à 10 mètres de hauteur et (4) une large plaine comprenant de nombreuses espèces, principalement des graminées (Figures 4 et 5).

(1) Le bord de mer, zone à *Argusia argentea* et *Suriana maritima* : cette zone forme une bande de végétation, autour de l'île. L'analyse des quadrats (Figure 6) confirme l'importance de *Argusia argentea* et *Suriana maritima*. Au sol, cette zone est généralement constituée de sable corallien qui en s'enfonçant vers l'intérieur des terres, est colonisé par une graminée, *Stenotaphrum micrathum* et quelques massifs de *Abutilum mollisum* (Figure 5, Figure 6).

(2) Les massifs de *Scaevola sericea* : souvent située en continuité de la zone de bord de mer, *Scaevola sericea* forme de grands massifs de plus de 30m² rejoignant la plaine. Ces massifs sont très denses et monospécifiques (Figure 6). Par contre un des massifs au Sud de l'île se fait recouvrir par une espèce invasive à l'aspect de liane, *Cassytha filiformis*, localisé seulement sur ce massif (10m²) (Figure 5).

(3) Les zones à *Pisonia grandis* : cette unité de végétation est la plus importante de l'île. Ces arbres forment de grands patchs allant jusqu'à plus de 10 m de haut. Malgré un couvert végétal faiblement dense, aucune autre espèce n'est présente au sol (Figure 7). Le sol est recouvert de branches en décomposition, de souches et de litière, le tout recouvert d'une couche de guano. Pourtant, entre les deux buttes de l'île apparaît un massif de faux mimosa, *Leucaena glauca* d'environ 4 à 5 mètres de haut qui est associée à la seule ptéridophyte de l'île, *Microsorium scolopendrium*.

(4) La plaine centrale : la plaine possède plus de 65% des espèces végétales présentes, soit 23 (Figure 5). La plupart du tapis herbacé est recouvert de graminées qui sont fortement localisées. La graminée, *Stenotaphrum micrathum* est présente sur toutes les lignes de point contact avec un recouvrement au sol variable de 18 à 65% (Figure 7). Certaines espèces sont peu présentes mais dispersées sur toute la superficie de la plaine (Figure 6). On observe aussi des patches d'*Argusia argentea* et de *Pisonia grandis*, 10m² en moyenne, au milieu de la plaine (Figure 5).

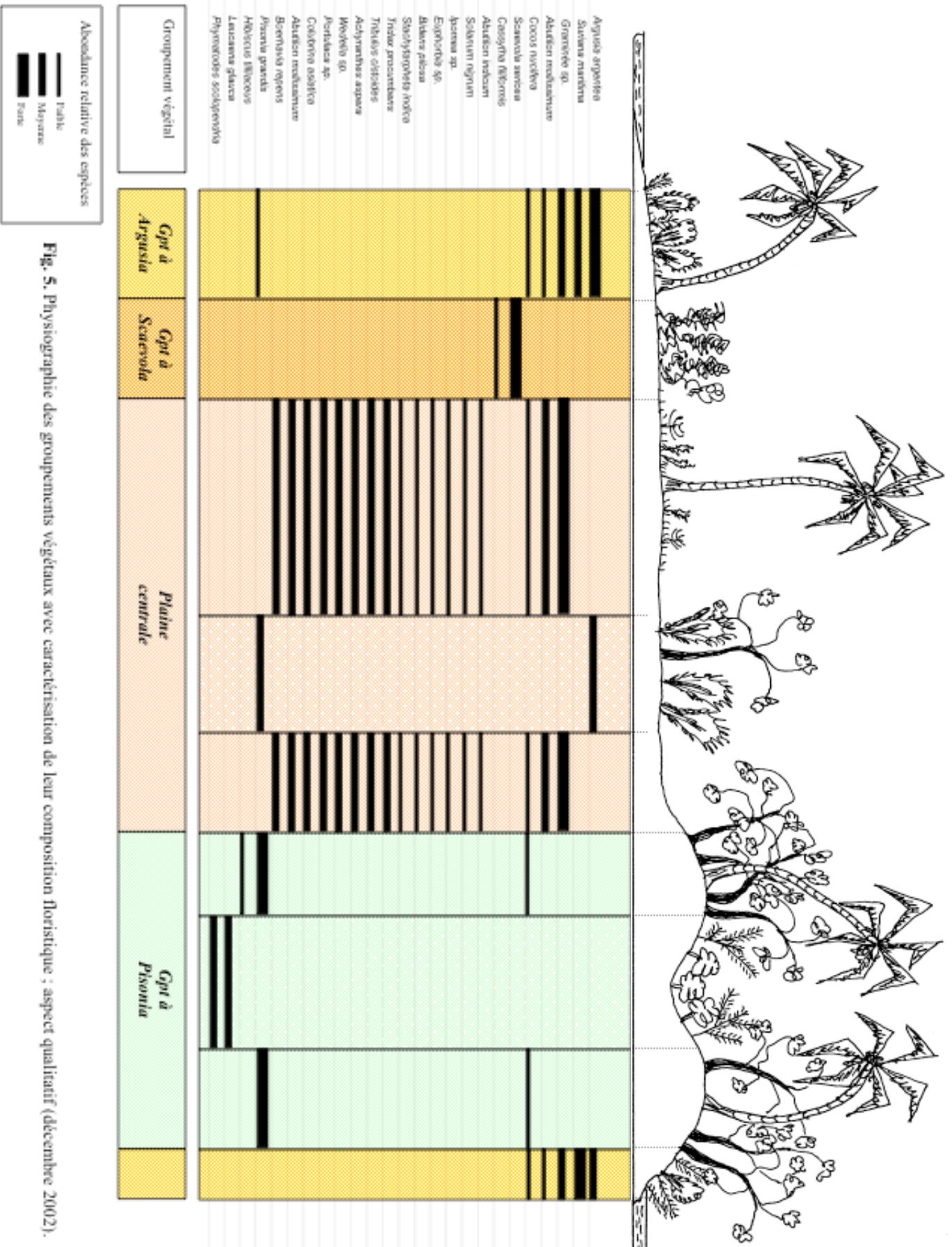


Fig. 5. Physiographie des groupements végétaux avec caractérisation de leur composition floristique ; aspect qualitatif (décembre 2002).

Nous avons également cherché à évaluer la couverture du sol par les plantes herbacées. Parmi les différentes méthodes d'évaluation disponibles (27), nous avons utilisé la méthode de la droite d'interception ou point contact. Nous avons déterminé 7 lignes de point contact de 20 m de long géoréférencées et marquées par des piquets en fer. Entre les piquets nous allongeons un double décimètre et tous les 10 cm, nous plantons verticalement une tige d'acier de 1m marqué tous les 5 cm. Ensuite nous notons la présence de contacts de chaque espèce par tranche de 5 centimètres. Chaque ligne de point contact prend deux heures de relevé minimum. Le taux de recouvrement par strate se calcule comme suit : $Ris = a / b \times 100$, avec Ris : pourcentage de recouvrement de l'espèce i à la strate s , a : nombre de contact de l'espèce i à la strate s et b : nombre total de marquages touchés le long du double décimètre.

Cet indice est plus précis qu'un indice de recouvrement classique et donne ainsi une image de la structuration de la végétation. Pour calculer le taux de recouvrement du sol, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la stratification. On note seulement le nombre de fois où la tige d'acier touche la plante de couverture (g) et d'autres végétaux ou le sol nu (s) le long du décimètre. Le taux de couverture se calcule donc par : $Ri = g / (g + s) \times 100$, où Ri est le recouvrement du sol de l'espèce i (%) et $(g + s)$ le nombre total de marquages touchant le double décimètre, quelque soit la hauteur. Les résultats de ces mesures sont données dans la Figure 7.

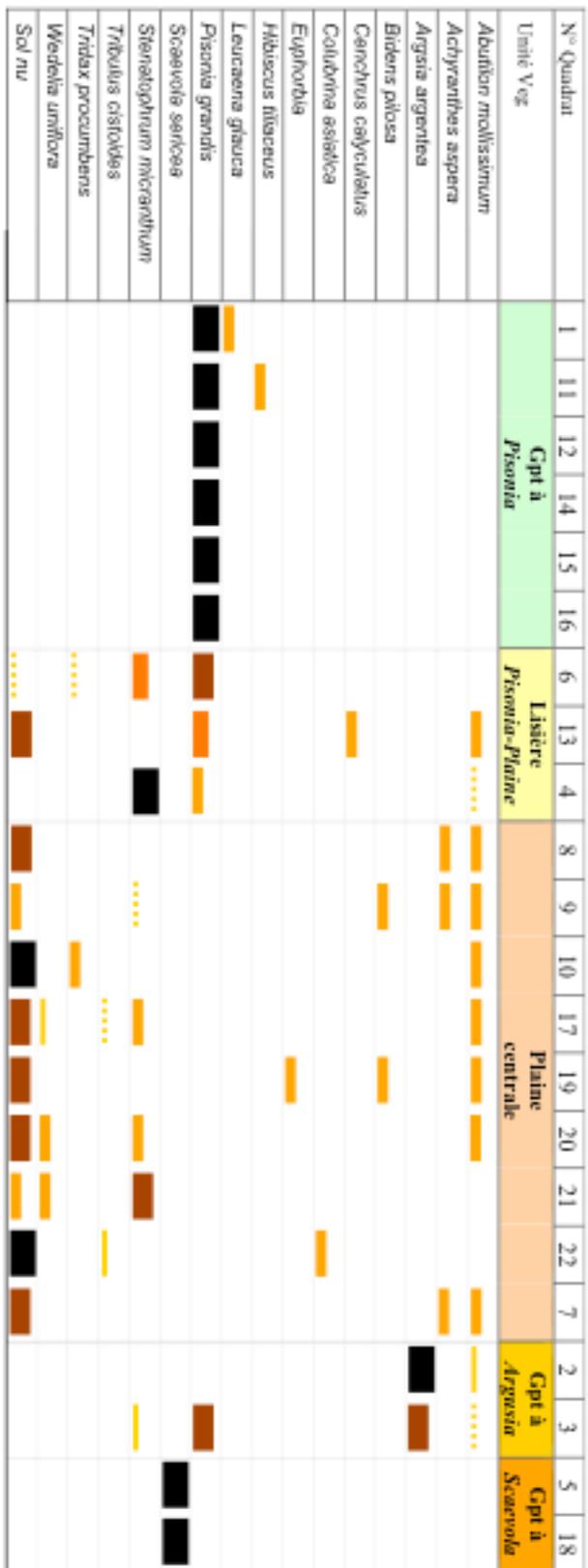


Figure 6. Quadrat de végétation caractérisant la composition floristique des différentes unités de végétation, par l'indice d'abondance/dominance de Braun-Blanquet.

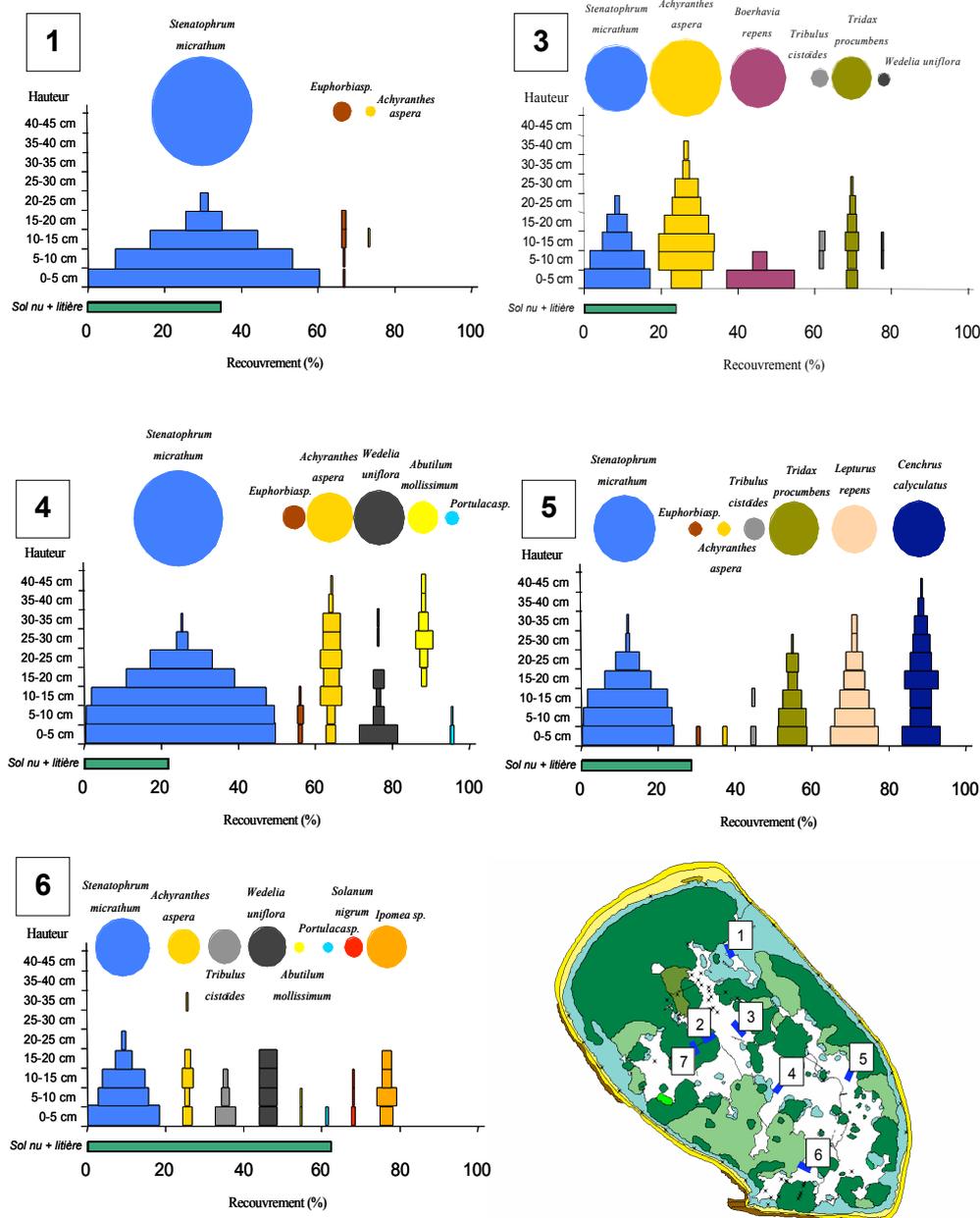


Figure 7 : Recouvrement par strates (R_{i_s}) des espèces végétales sur les ligne de point contact de la plaine (1,3,4,5,6). Les cercles représentent le recouvrement au sol (R_i) en pourcentage (0 = 1%). Les lignes 2 et 7, sous forêt de *Pisonia grandis*, ont un recouvrement nul.

c. Invertébrés

En l'absence d'information précise, et pour obtenir une liste la plus exhaustive possible des différentes espèces d'insectes de l'île, nous avons choisi pour la première mission de terrain une technique de capture non spécifique. En effet, les ordres d'insectes concernent des individus au mode de vie et de déplacement très différents. Notre but étant d'obtenir une idée générale de la diversité et si possible des indices d'abondance, il ne nous est pas apparu indispensable de faire une étude pour chaque ordre. La méthode la plus souvent utilisée pour ce type d'étude reste le déploiement de stations de pièges combinant les pièges à interception et les pièges attractifs. Ainsi nous avons mis en place des stations constituées d'un pot piège (pot

de 10 cm de diamètre, 15 cm de profondeur et rempli sur 10 cm d'eau et de détergent) et/ou, d'un piège jaune pour les insectes volant qui sont attirés préférentiellement par cette couleur (bassine de 20 x 20 cm de périmètre, 10 cm de profondeur et remplie du même liquide sur 5 cm). Nous avons utilisé les transects pour quadriller l'île. Ainsi pendant deux jours, les pièges étaient positionnés sur un transect et la végétation relevée ; 1 piège jaune tous les 75 m et un piège à interception tous les 50 m. Nous avons fait 4 transects au total, représentant les différents milieux possibles de l'île. Les arthropodes sont ensuite mis en alcool à 70 degrés pour comptage et identification en laboratoire. La mission de la seconde année a utilisé des protocoles similaires pour l'analyse des communautés d'arthropodes, avec quelques modifications : quadrillage de 25*50m à la fois pour les pots-pièges et les pièges jaunes, soit 160 stations, donc 320 pièges par an. La localisation de chaque station piège permettra à terme d'estimer des indices relatifs de densité, et de caractériser l'importance des différentes unités de végétation pour chaque espèce animale rencontrée (voir Figure 8).

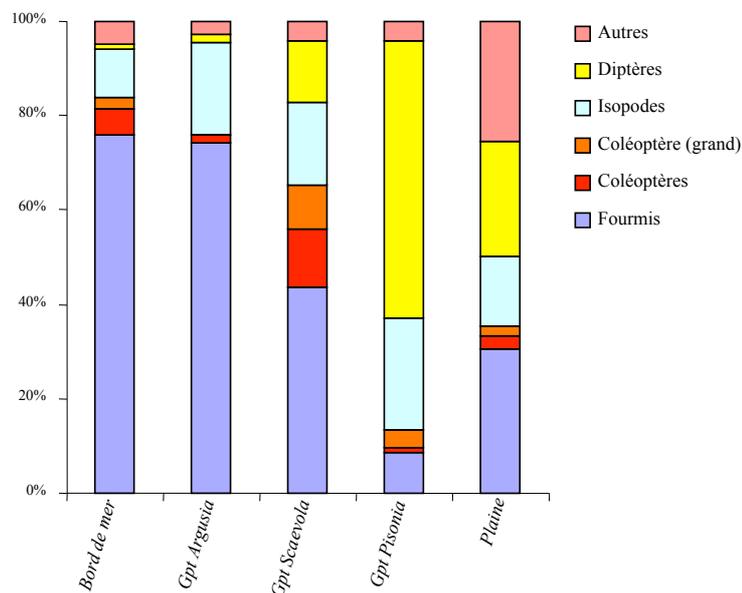


Figure 8 : Proportion de chaque catégorie d'arthropode en fonction du type de végétation.

Pour les invertébrés marins, nous avons effectué plusieurs fois des périodes de recherches intensives de nouveaux individus, sous les rochers, le sable et avec des épuisettes, de nuit comme de jour. Nous visons avec cette méthode à caractériser qualitativement les peuplements de bords de mer (trois espèces de crabes, mollusques...).

Un des premiers résultats réside dans le nombre d'espèces d'arthropodes présentes sur l'île : nous avons déjà déterminé environ 50 espèces différentes, ce qui fait de l'île Surprise un écosystème à diversité limitée par rapport à un écosystème insulaire comparable. Les fourmis sont très abondantes sur toute la surface de l'île. Elles semblent préférer les bords de mer ou elles peuvent représenter jusqu'à 76% des arthropodes capturés (Figure 8), et sont moins abondantes en plaine, peut être du fait de conditions et d'un habitat moins favorables. Sept espèces différentes vivent sur la surface de l'île (Tableau I, Hervé Jourdan, IRD), avec une seule espèce autochtone, *Pheidole oceanica*. La détermination des autres espèces d'arthropodes est en cours, mais on peut déjà identifier plusieurs groupes ; deux espèces d'isopodes, 7 espèces de coléoptères (abondants dans les massifs de *Scaevola*, Figure 8), deux espèces de diptères, des dictyoptères, hyménoptères et lépidoptères. La faible abondance de certaines espèces peut être due à une méthode de capture non appropriée. Par exemple, les pièges ne font pas ressortir l'importance des deux espèces d'orthoptères présentes sur la plaine. De plus, nos deux types de

pièges ne capturent pas les insectes avec les mêmes proportions. Les pots à interceptions sont beaucoup plus efficaces pour les espèces rampantes (fourmis, isopodes) et les coléoptères, tandis que les diptères sont plus attirés par nos pièges jaunes. Ces biais sont partiellement corrigés lors de la seconde mission de terrain, pour laquelle les analyses sont en cours.

Tableau I : Espèces de fourmis présentes à Surprise en 2002

Formicinae	
<i>Brachymyrmex obscurior</i> , Forel 1893	Introduite
<i>Paratrechina longicornis</i> , (Latreille) 1802	Introduite
Dolichoderinae	
<i>Tapinoma melanocephalum</i> , (Fabricius) 1793	Introduite
Myrmicinae	
<i>Cardiocondyla emeryi</i> , Forel 1881	Introduite
<i>Pheidole oceanica</i> , Mayr 1866	Autochtone
<i>Tetramorium bicarinatum</i> , (Nylander) 1846	Introduite
<i>Tetramorium simillimum</i> , (Smith F.) 1851	Introduite

L'île héberge aussi 3 espèces de crabes littoraux (notamment *Oxypode quadrata*, ou crabe fantôme, présent en forte densité sur les bords de plage en 2002, mais presque absents en 2003 du fait d'une réduction considérable de la zone de plage), un Bernard l'ermite terrestre très abondant, et des arachnides (différentes espèces, avec une forte présence d'une épeire peut-être introduite). L'abondance de tiques d'oiseaux sur plusieurs espèces d'oiseaux et sur les rats capturés lors de la première mission nous a conduit à développer un protocole spécifique à cet aspect en 2003 (voir plus loin). Il n'y a pas d'indication de gastropodes terrestres sur Surprise. Les trois autres îles présentent des peuplements d'invertébrés moins diversifiés, mais hébergent également des fourmis, entre autres taxons.

Plusieurs groupements d'invertébrés revêtent une importance particulière à nos yeux, et seront de ce fait l'objet d'études plus détaillées : crabes, fourmis et orthoptères (voir plus bas).

d. Vertébrés

✓ *Reptiles terrestres*

Le caractère probablement éphémère des motu à l'échelle des temps géologiques semble s'opposer à la présence de taxons terrestres endémiques sur ces îles, notamment dans le cas de l'herpétofaune. Les espèces présentes sont probablement d'implantation relativement récente résultant, soit d'une colonisation spontanée, soit d'une introduction non délibérée par l'Homme. La première mission sur place a permis la confirmation de la présence de deux reptiles terrestres, un scinque et un gecko.

Le scinque, *Caledoniscincus haplorhinus*, est une espèce endémique de la Nouvelle-Calédonie, mais souvent littorale et aux effectifs abondants. Ce Scincidae peut être considéré comme introduit sur l'île Surprise (28). *C. haplorhinus* n'a pas été observé sur les îles Huon, Fabre et Le Leizour. L'animal étant peu discret, son absence totale est probable sur ces trois îles.

Cette espèce étant abondante sur Surprise, un protocole a été mis en place pour y estimer sa densité. Contrairement aux populations d'oiseaux, les populations de reptiles en milieu insulaire ont fait l'objet de peu de travaux relatifs à leurs densités. Les méthodes

proposées, qui ont été initialement mises au point chez les oiseaux (29, 30), modélisent la probabilité de détecter un individu en fonction de sa distance à l'observateur. Elles sont fondées sur deux techniques de dénombrement : transect et point fixe. Le but des dénombrements n'est pas de compter tous les individus présents (ce qui n'est pas réalisable) mais de définir la fonction de décroissance de la détectabilité de l'espèce selon la distance et le milieu.

Nous avons utilisé le dénombrement sur transect qui permet de couvrir des superficies plus importantes que les points fixes. Trois milieux sont distingués ; plaine, zone à *Pisonia grandis* et le bord de mer à *Argusia argentea*. Les dénombrements sont réalisés entre 10 heures et 16 heures au moment du pic d'activités des reptiles diurnes, sur la base de 7 transects répétés 3 fois à deux jours d'intervalles. Ces transects sont localisés par leurs coordonnées géographiques et des repères visuels. Le comptage de tous les scinques contactés (vus ou entendus) s'effectue en 15 minutes sur un parcours de 100m. L'observateur estime le plus précisément possible la distance horizontale entre l'axe vertical de chaque scinque et celui de l'axe de progression, perpendiculaire à ce dernier, cette distance étant rapportée à l'intérieur de 3 bandes fictives de part et d'autre de l'axe de progression : 0-1 m, 1-3 m, + 3m. Ensuite un indice de densité est calculé, en supposant que la fonction de décroissance de la détectabilité suit une loi d'exponentielle négative (29). Ce Scincidé s'est révélé être très abondant sous les massifs de *Pisonia grandis*, avec une densité moyenne de 813 individus par hectare. La densité estimée des scinques sur les autres unités de végétation est très faible. Par exemple, aucun individu n'a été observé en bord de mer, et un seul transect a révélé la présence de scinques sur la plaine (277/hec).

La seconde espèce de reptile terrestre observée dans le récif est le gecko, *Lepidodactylus lugubris*, une espèce plus ou moins anthropophile largement répartie dans la zone Indo-Pacifique (28). Les populations de *L. lugubris* de Nouvelle-Calédonie semblent entièrement constituées de femelles parthénogénétiques. Différents clones sont distingués. Le clone A, diploïde, est le plus largement répandu et son arrivée sur de nombreuses îles est relativement récente, bien qu'il soit ancien sur des îles comme les Salomon ou la Nouvelle-Guinée. C'est généralement le clone le plus abondant là où l'espèce est rencontrée. Le clone C, triploïde, est bien plus rare partout mais sa répartition est assez large et englobe pratiquement tout le Pacifique Sud. Seuls ces deux clones sont connus de la Grande Terre, le clone A dominant. Ces deux clones sont présents sur l'île Surprise et l'individu collecté sur l'île Huon correspond au clone A. *L. lugubris* pourrait correspondre à une forme récente issue de l'hybridation de *L. moestus* avec une espèce non décrite. Chaque clone représenterait une hybridation indépendante. Il est probable (mais cela est encore discuté) que *L. lugubris* ait été introduit accidentellement par l'Homme en Nouvelle-Calédonie (28). Il peut être également considéré comme introduit dans les îles des récifs d'Entrecasteaux et du plateau des Chesterfield (28).

L. lugubris est présent sur l'île Huon, où un spécimen a été collecté (première mention de l'espèce sur cette île), et peut-être sur les îles Fabre et Le Leizour, bien qu'il n'ait pu y être découvert en raison du peu de temps imparti aux prospections de ces deux dernières îles (28). Sur ces îles, son abondance est probablement plus réduite que sur l'île Surprise. L'estimation de la densité du gecko n'a pas encore pu être effectuée. Son mode de vie nocturne ne facilite pas son observation, mais en pleine journée, il est présent sous les écorces, les rochers et les pierres, ainsi quand dans un vieil abri de la station météorologique. L'intérieur de ce bâtiment héberge probablement plusieurs dizaines de geckos adultes et juvéniles, et six amas muraux comprenant chacun entre 30 et 80 œufs (pondus par paires) ont été observés en 2002. En 2003, sept groupements d'environ 30 œufs chacun ont été observés dans la station, toujours à une hauteur

supérieure à ce que peuvent atteindre les rats, et d'autres pontes ont été observées sur des troncs d'arbres. La densité peut être estimée par le calcul d'un indice d'abondance par recherche sur quadrat. Ces estimations sont actuellement en cours de réalisation.

✓ *Reptiles marins*

Les plages des îles du récif d'Entrecasteaux constituent des sites de reproduction privilégiés de trois au moins des sept espèces de tortues marines : principalement *Chelonia mydas* (la Tortue verte), et occasionnellement *Eretmochelys imbricata* (la Tortue imbriquée, appelée localement Tortue bonne-écaille) et *Caretta caretta* (la Caouanne, appelée localement Tortue grosse-tête). Ces trois espèces sont inscrites en annexe 1 de la Convention de Washington et dans le livre rouge de l'IUCN. Ces récifs constituent en fait le dernier sanctuaire des tortues vertes en Nouvelle-Calédonie. Leur arrivée est suivie de près chaque année entre Novembre et Janvier. Depuis plus de 20 ans, des missions de baguage sont organisées sur les quatre îles par l'ASNNC, en liaison avec le Programme Régional Océanien pour l'Environnement et le Programme Régional de Conservation des Tortues Marines dans le Pacifique. Plusieurs dizaines de milliers de traces et de tortues y ont ainsi été observées, et environ 2000 tortues baguées, mais l'on peut regretter l'absence de protocole adapté et de traitement de données jusqu'à l'année 2002.

Pendant la mission de 2002, les tortues venant pondre à terre sur Surprise ont été mesurées et baguées selon les protocoles suivis par l'ASNNC (toutes les tortues pendant deux jours, soit 14). De plus, pour la durée de la mission, la totalité des montées de tortues a été relevée (tous les matins), dans le but d'estimer l'importance de l'île comme site de ponte. La fréquentation de l'île par les tortues marines (*Chelonia mydas* essentiellement) est très importante. En effet, durant la durée de la mission, soit 16 jours, nous avons pu recenser plus de 800 montées (femelles venant à terre pour pondre). Ce nombre très important confirme l'importance de cette espèce dans le fonctionnement de l'île, par l'apport des coquilles d'œufs dans la matière organique du sol, mais aussi par ces émergences qui peuvent constituer une ressource alimentaire pour de nombreux prédateurs, indigènes ou introduits. Sur les plus de 800 montées, 273 ont été référencées par GPS. En 2003, seules 83 montées ont été recensées les 10 premiers jours. La différence peut être explicable par une date plus précoce de la mission 2003, ou par la diminution de la plage suite au cyclone de juin 2003. Il est à noter qu'aucune activité de ponte n'a été observée.

Parmi les taxons pouvant répondre de façon significative à l'éradication des populations de rongeurs présentes sur l'île Surprise, se placent les serpents marins du genre *Laticauda*. La présence de ces serpents marins (seuls serpents marins ovipares et pondant à terre), appelés localement tricots-rayés, a été activement recherchée. Leur absence a été constatée sur l'ensemble des quatre îles malgré l'époque favorable pour leur observation à terre et un environnement biotique et abiotique apparemment très convenable. Aucun *Laticauda* n'avait, apparemment, été observé pendant les missions antérieures de l'ASNNC. Les tricots-rayés, dont trois espèces sont présentes sur l'ensemble du littoral des différentes îles de la Nouvelle-Calédonie, sont également considérés comme absents du plateau des Chesterfield (28). Leur absence dans ces deux groupes de récifs éloignés de la Grande-Terre, semble indiquer des capacités de colonisation réduites chez ces espèces (Ivan Ineich, *comm. pers.*, novembre 2002).

✓ Oiseaux terrestres

Le Rôle tiklin (*Gallirallus philippensis*) est apparemment le seul oiseau terrestre présent dans l'archipel. Cette espèce a une vaste répartition dans le Pacifique, mais les populations présentes sur les récifs d'Entrecasteau et Chesterfield ont la particularité (unique) d'être pratiquement aptères. Au cours de la première mission, il a été observé sur les îles Fabre et Le Leizour, où il semble relativement commun mais, ni sur l'île Huon, ni sur l'île Surprise, où sa présence (limitée) avait pourtant été notée jusqu'en 2000. L'espèce n'a été contactée sur Surprise ni en 2002 ni en 2003, ce qui laisse supposer sa disparition récente sur cette île. Bien que les données actuelles ne permettent pas d'imputer sans ambiguïté la disparition de cette espèce à la prédation par les rats, il semble très probable que cela soit le cas. Bien que cette disparition soit antérieure à notre programme, elle illustre néanmoins le compromis des programmes de conservation tels que le notre. En effet, là où des études poussées permettent d'optimiser les interventions (et donc de limiter les possibles réactions en chaîne), chaque délai supplémentaire peut se faire au détriment de l'urgence d'action nécessitée par la situation critique de certaines espèces. Les données sur la dynamique de certaines espèces d'oiseaux marins tendent à confirmer l'urgence de l'éradication des rats pour la préservation de l'avifaune de cette île (voir plus loin).

✓ Oiseaux marins

Ces îles constituent un site privilégié de reproduction de nombreuses espèces d'oiseaux marins (au moins 10 espèces reproductrices et 3 de passage). Plusieurs articles ou rapports ont été publiés sur la communauté des oiseaux marins de ces îles, le plus complet et le plus récent étant Robinet et al. (31), qui fournit notamment des estimations d'abondance pour toutes les espèces présentes. Lors des missions 2002 et 2003, nous avons noté, la présence de trois espèces de Sulidae ; Le fou à patte rouge (*Sula sula rubripes*), très abondant et nichant dans les arbres, le fou masqué (*Sula dactylatra personata*), qui est moins abondant et niche sur le sable de bord de mer (en 2003 : 8 nids en plaine et 26 nids en bordure dont 11 juvéniles) et le fou brun (*Sula leucogaster plotus*), en grand nombre et nichant sur la plaine (102 nids comptés en 2003, dont 69 avec œuf et 8 avec juvénile, plus, probablement, une trentaine de nids sous *Pisonia* ; à noter un nid en bord de plage.). Deux espèces de Frégates sont présentes sur l'île, *Fregata ariel* et *Fregata minor*, mais aucun nid n'a été observé en 2003. La famille des Laridae est représentée par deux espèces de noddis et quatre espèces de sternes. Le noddin noir (*Anous tenuirostris*) semblait nicher dans les cocotiers en 2002. Seulement six individus, par couple, ont été observés en 2003. Le noddin commun (*Anous stolidus*) est plus abondant. Un groupe de plus de 50 individus a été observé. Les trois espèces de sterne sont : *Sterna sumatrana* qui se reproduit occasionnellement (un groupe de 35 individus), *Sterna bergii* également occasionnelle (18 individus) et la sterne fuligineuse *Sterna fuscata*, très abondante sur les îles mais rare sur Surprise. Enfin, pour la première fois, la reproduction de la sterne bridée *Sterna anaethetus* a été prouvée en 2002. Les terriers de Puffin du Pacifique, *Puffinus pacificus*, sont peu abondants et plutôt localisés (population estimée en 1997 à 2500 couples). Le Paille en queue, ou phæton à brins rouges *Phaeton rubricauda*, est une espèce rare et déclinante sur Surprise, 10 fois moins nombreux que les premières années où des relevés y ont été effectués (Figure 9). Sept nids ont été recensés en 2002 et trois en 2003 (mais la mission s'est déroulée un peu plus tôt dans l'année : six individus ont été observés en vol).

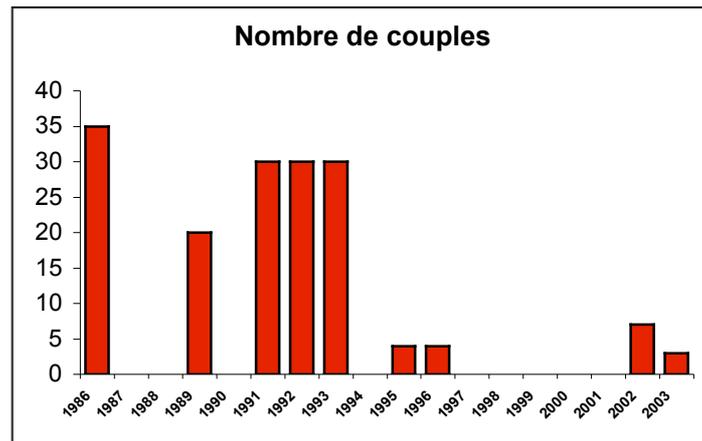


Figure 9 : estimation du nombre de couples de Paille en queue, ou phaëton à brins rouges *Phaeton rubricauda*, recensés sur l'île Surprise depuis 1986.

Devant la grande mobilité des oiseaux marins et leur reproduction asynchrone, il est virtuellement impossible d'estimer précisément leur nombre sur une seule et courte visite. De plus, la difficulté du terrain et son éloignement limitent la répétitivité de missions de terrain. Il faut donc développer des protocoles de comptage et les reproduire à l'identique sur plusieurs périodes, afin de pouvoir faire des comparaisons. La taille, la forme, le relief et la végétation de Surprise ne nous permettent pas d'avoir une vue générale sur les populations d'oiseaux. De plus l'hétérogénéité de la végétation définit différents habitats et influe sur la répartition des oiseaux. Par conséquent, nous avons utilisé la technique des transects, qui est la plus efficace dans ce type d'étude (voir (29), pour une description générale de ces techniques ; (31)). Les transects ont été choisis pour couvrir au maximum les différents habitats, mais aussi pour être comparés aux transects réalisés précédemment (31). Pour maintenir une indépendance de chaque transect, ils sont espacés de 50 mètres. On a donc effectué le comptage sur 10 transects, dont les 5 déjà utilisés dans le protocole de suivi des oiseaux sur l'île (31). En effet des données sur ces populations sont relevées régulièrement depuis une quinzaine d'année par différents auteurs, et depuis 1995 par Vincent Bretagnolle et ses collaborateurs, qui s'est joint à notre programme, permettant ainsi une continuité dans la prise de données sur les populations d'oiseaux marins de ces quatre îles. D'autres données sont également récoltées dans les trois autres îles du récif d'Entrecasteaux par Hubert Géaux en 2002, et Vincent Bretagnolle auparavant. Sur Surprise, les transects sont donc parcourus par binôme, un observateur et une personne à la prise de note, à vitesse faible (0,5-1 km/h). Tous les 10m, les oiseaux sont comptés, déterminés et caractérisés (adulte, juvénile, petit, œuf) dans une bande de 10 m de large (5 m de chaque côté de la ligne), le type d'habitat est relevé. Les transects doivent être taillés au préalable, pour permettre le passage et pour le traçage, ce qui prend, la végétation étant très enchevêtrée, au minimum 2 heures par transect. Ensuite chaque comptage oiseaux prend 1 heure par transect. Pour les Puffins, *Puffinus pacificus*, le nombre de terriers est compté. Les données de densité sur ces populations sont actuellement en cours d'analyses par Vincent Bretagnolle et Pascal Villard, au CNRS de Chizé.

e. Rongeurs introduits

Sur les îles Huon et Fabre, l'absence d'indices de présence et de captures par piégeage au cours de la première mission (5 sessions de 10 pièges Manufrance, (28)), ainsi que l'absence d'indices de présence constatée par les naturalistes s'étant rendus sur ces îles par le passé (notamment les membres de l'ASNNC au cours des campagnes précédentes de baguage de

tortues marines), laissent fortement penser que ces îles n'hébergent aucun rongeur. Pour l'île Le Leizour, où aucun piégeage n'a pu être réalisé, les observations réalisées par le groupe débarqué sur cette île lors de la première mission, ont montré une situation identique à celle des îles Huon et Fabre, caractérisée par l'absence d'indices de présence de rongeurs. La présence de rongeurs introduits et leur impact sur l'écosystème ont par contre été signalés sur l'île Surprise par le passé. Ce constat a été validé par les observations réalisées pendant la première mission. Il y a 3 ans, une opération de dératisation, commanditée par les services de la Province Sud, a été entreprise par l'ASNNC sur l'île Surprise. Cependant, des rats ont été observés lors des campagnes suivantes de l'ASNNC, montrant l'échec de l'opération en termes d'éradication.

Du 28 Novembre au 16 décembre 2002, nous avons capturé des rats sur toute la surface de l'île (environ 180 pièges/nuit (PN), Figure 10). Pour des raisons de budget et de difficulté d'acheminement sur l'île, nous ne disposions pour les deux premières années que d'un nombre limité de pièges, qui ont été utilisés en alternance sur différentes parties de l'île, lors de plusieurs sessions. Nous utilisons 20 pièges Manufrance rectangulaires en grillage pour les rats et 10 pièges de type INRA pour les souris, avec pour appât une mixture de beurre de cacahuète, d'avoine et d'huile de sardine (M. Pascal, INRA). Les pièges ont été disposés tous les 25m, le long de 4 transects d'environ 350 m dans la largeur de l'île, espacés chacun de 100 mètres (4 sessions de 6 à 15 pièges, pour un total de 120 PN). Nous y avons ajouté un transect de 500 m en bord de mer (40 PN) et un maillage 25m x 25m sur la prairie de la pointe Sud (20 pièges disposés aux intersections d'un maillage carré 4 x 5, soit 40 PN). L'effort de capture de la mission 2003 équivaut à 148 PN et a été réalisé selon la même méthode de piégeage. Pour la capture des souris, 10 pièges INRA appâtés, ont été disposés tous les 25m au milieu du transect T2 et T4 pendant 2 x 2 nuits consécutives (39 PN), 9 pièges disposés en ligne tous les 3 mètres pendant 2 nuits (18 PN) et 9 pièges disposés au sein de la maille carrée à la pointe sud de l'île durant 2 nuits (18 PN).

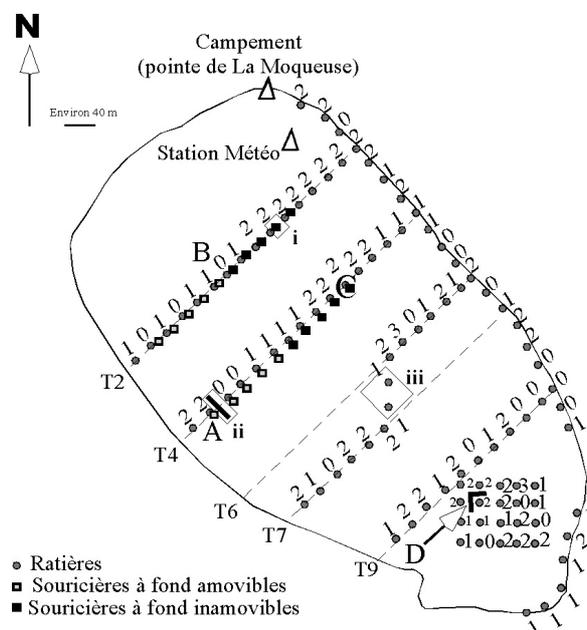


Figure 10. Localisation des zones de piégeage du rat en ligne et en maille carrée, et des zones de piégeage des souris (transect T2, T4, A et D) avec indication du nombre de rats capturés par piège. Points B et C : lieu d'observation de souris. Points i, ii et iii : zones de dénombrement des pieds de plantes consommés par les rats. D'après (32).

Les rats ont été sacrifiés à la main, certains ont été retrouvés morts dans les pièges. La longueur tête-corps (bout du nez à la base de la queue) et la longueur de la queue a été mesurée à ± 5 mm. La longueur d'une patte postérieure et d'une oreille a été mesurée à $\pm 0,5$ mm. Les rats capturés ont été pesés (± 5 g) : poids plein et poids éviscéré. Lors des autopsies, les rats ont été sexés. Pour les femelles, les embryons ont été dénombrés et mesurés (embryon représentatif), et le nombre de cicatrices placentaires a été relevé. Pour les mâles, les longueurs des testicules et de la vésicule séminale ont été mesurées.

Une recherche systématique des ectoparasites a été effectuée sur tous les rongeurs capturés. Trois catégories ont été différenciées : les rats sans tique, ceux qui présentaient de 1 à 10 tiques, et ceux qui hébergeaient plus de 10 tiques. Un inventaire des helminthes présents chez ces rats a été effectué au laboratoire par examen complet du tube digestif de 5 individus et de l'estomac de 46 rats de la première mission. À partir des piégeages effectués en 2003, le tractus digestif complet de cinq individus a été prélevé pour une analyse systématique, ainsi que les estomacs de l'ensemble des rats capturés.

Lors de la première année, 137 rats ont été piégés, dont 72 femelles et 65 mâles. Les caractéristiques biométriques de 39 individus (morts dans les pièges) ont été relevées (éliminant les biais liés au sacrifice manuel) : poids moyen : 153 ± 31 g ; longueur du corps : 175 ± 16 mm (145 à 230 mm) ; longueur de la queue : 205 ± 14 mm (175 à 240 mm) ; longueur d'oreille : 19 à 26 mm ; longueur de la patte postérieure : 31 à 38 mm). Pour 38 des 39 individus, le rapport longueur de queue- longueur de corps était supérieur à 1. Ce rapport et les tailles de l'oreilles et de la patte postérieure permettent de valider l'identification de *Rattus rattus*, qui est l'unique espèce de rat présente, abondante sur l'ensemble de la surface de l'île. La mission de 2003 a permis la capture de 73 rats supplémentaires. Les prélèvements (les viscères, les tiques, du muscle et du foie) et relevés biométriques ont été effectués pour les 50 premiers individus (18 mâles, 32 femelles).

Chacune des deux années, des échantillons de foie et de muscle ont été collectés pour chaque rat et souris capturés pour l'analyse des isotopes stables. Les estomacs et les fèces de certains individus ont été prélevés pour une analyse complémentaire du régime alimentaire (50 rats en 2002 et 50 rats en 2003). Les résultats de ces deux aspects sont développés dans la partie « impact des espèces invasives ».

Sur l'ensemble des femelles capturées en 2002, cinq avaient été gestantes (6,9 %, n = 72), avec des implantations embryonnaires mesurant 2,5 à 14,0 mm (Tableau II). Les plus petites femelles présentant des cicatrices placentaires étaient toutes d'un poids supérieur à 150 g. Les individus de moins de 150 g (jeunes et sub-adultes) constituaient 28,5 % des rats (n = 137) capturés en 2002. En 2003, six femelles adultes (18,8%, n=32), d'un poids moyen de 192,5g portaient des embryons (sept en moyenne, taille moyenne, 13mm) avec certains dépassant 30 mm. Neuf femelles supplémentaires avaient des implantations embryonnaires mesurant de 3 à 21 mm. En 2002, la population de rats était en fin de reproduction et vieillissante, alors qu'en 2003, la reproduction était encore en cours, ce qui coïncide avec la date plus avancée de la mission cette année.

Tableau II : taux de gestation des femelles en fonction du poids (âge relatif) capturées entre le 26/11 et le 11/12 2002 sur l'île Surprise. Pour les mâles, moyenne (± 1 s.e.) de la longueur des testicules et de la longueur de la vésicule séminale. D'après (32).

Classe d'âge	Femelles			Mâles		
	n	Gestante (%)	Traces (*) (%)	n	Testicule (mm)	Vésicule séminale (mm)
Moins de 150 g	22	0,0	36,4	17	17,0 \pm 1,3	9,9 \pm 1,4
Plus de 151 g	50	10,0	64,0	48	20,3 \pm 0,3	14,3 \pm 0,4

(*) Cicatrices placentaires

Aucune puce n'a été vue. Soixante-treize pour cent des rats (n = 137) hébergent des tiques. Par ailleurs, des rats présentant une " allure myxomateuse ", caractérisée par une pelade parfois avec des plaies purulentes, ont été observées. La fréquence de ce symptôme est associée aux infections par les tiques (Figure 11). Les rats hébergent également deux espèces de Nématodes localisées dans l'estomac, *Physaloptera* sp. et *Gongylonema neoplasticum*. Les points concernant le parasitisme des rats seront détaillés plus bas (B. Pisanu, comm. pers.).

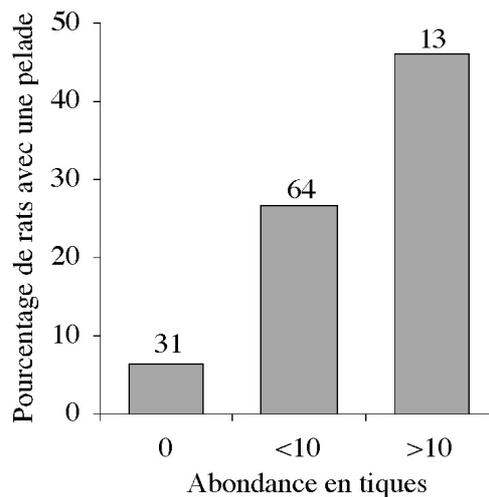


Figure 11. Relation entre le pourcentage de rats présentant une pelade et les abondances en tiques chez des rats autopsiés entre le 26/11 et le 11/12/2002 sur l'île Surprise. Le nombre rats est indiquée au-dessus des histogrammes. D'après (32).

Lors de la mission principale de 2002, une seule souris avait été capturée en 74 NP (longueur de corps : 64 mm, longueur de queue : 70 mm, longueur d'oreille : 10,5 mm, longueur de patte postérieure : 15 mm). Une seconde souris avait été capturée lors de la mission préliminaire, dans la petite cocoteraie située près du campement sur le littoral nord-ouest de Surprise. En 2003, nous avons effectué des lignes de piégeage sur la plaine avec 20 pièges, ce qui a permis la capture de 8 souris en 280 NP. Ces 9 individus présentent les caractéristiques biométriques suivantes : longueur moyenne de l'oreille : 11,3 \pm 0,5 mm (10,5 -12,1 mm) ; longueur moyenne de la patte postérieure : 16,1 \pm 0,7mm (15,0-17,1 mm) ; longueur moyenne tête-corps : 63,2 \pm 4,9 mm (54 - 70 mm) ; longueur moyenne de la queue (LQ/LTC) : 71,9 \pm 6,2 mm (57-78 mm), et un ratio moyen longueur de la queue/longueur tête-corps de 1,14 \pm 0,06. Toutefois, ces mesures, effectuées au laboratoire après conservation des souris dans l'alcool à 95°, n'ont pas une grande signification, en particulier la longueur tête-corps. Ceci est

confirmé par la mensuration effectuée sur le terrain en 2002 sur une femelle adulte (gestante) qui présentait un poids de 7 gr, une longueur TC de 78 mm, une queue de 76 mm, une oreille de 11 mm et une patte postérieure de 15 mm. Sur la base des 8 individus mesurés au laboratoire, le rapport LQ/LTC est très supérieur à celui donné pour *Mus musculus domesticus* par Orsini *et al.* (33) : $0,93 \pm 0,02$, alors que sur l'individu mesuré sur le terrain, le rapport est proche (0,97). Remarquons également que les souris présentes sur l'île Surprise sont d'un petit gabarit, inférieur à 10 gr pour la femelle adulte pesée en 2002.

Des indices de présence de cette espèce ont été relevés au niveau de la station météorologique (également au nord-ouest de l'île). L'abondance et la répartition de cette espèce ne peuvent être estimées à l'issue de ces missions, mais l'abondance au moins semble très limitée, probablement en relation avec la présence du rat. La présence d'une population de souris, non attendue lors du démarrage de ce programme, revêt une importance toute particulière dans le cadre des réactions en chaîne possibles suite à l'éradication des rats (voir plus bas).

f. Impact des espèces introduites

Le but principal de notre projet est de déterminer les différents impacts du rat introduit dans l'écosystème afin d'une part de déterminer la nécessité de son éradication et d'autre part de prévoir et donc de prévenir d'éventuelles réactions en chaîne qui lui seraient consécutives. Nous présentons donc nos recherches sur l'impact des rats introduits sous deux aspects. Le premier concerne les impacts directs, déterminés par des observations directes, une analyse de la place du rat dans le réseau trophique envahi conduit à la fois par des analyses isotopiques et des analyses plus classiques de régime alimentaire, et enfin par une étude du rôle du rat dans la dynamique des relations hôte-parasites des oiseaux et de leurs tiques. Le second aspect concerne les impacts indirects, par le biais d'espèces qui pourraient voir leur population anormalement modifiée par l'éradication, et de ce fait créer des déséquilibres supplémentaires dans l'écosystème. Ces espèces sont par exemple les souris introduites découvertes lors de la première mission.

✓ Récapitulatif des espèces introduites

Deux espèces de rongeurs sont introduites sur Surprise et semblent absentes des trois autres îles : le rat noir et la souris domestique. Les deux reptiles terrestres pourraient être introduits, mais leur impact dans l'île est inconnu. L'origine, allochtone ou autochtone, d'au moins une des araignées reste à définir. L'impact des araignées introduites n'a, à notre connaissance, pas fait l'objet de publication dans des revues internationales. Sur les sept fourmis observées, six sont d'origine allochtone. L'impact des fourmis introduites est relativement bien documenté, et il peut être extrême.

Parmi les espèces végétales déterminées, deux plantes sont problématiques car connues pour leur grande capacité envahissante, *Colubrina asiatica* et *Cassytha filiformis*. La première, originaire d'Asie, forme de petits arbustes avec des branches montantes ou tombantes qui peuvent atteindre plus de 20 mètres. Elle produit un tapis épais de tiges entrelacées de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur, limitant ainsi l'accroissement des autres espèces. Son mode de reproduction, sexuelle et végétative, associé au maintien de la viabilité de ces graines dans le sol de 3 à 5 ans, lui confère un grand potentiel invasif. Sa régénération végétative est très importante, et dépend positivement de l'exposition au soleil. De plus les graines flottent et les fruits résistent au sel, leur permettant ainsi de traverser les océans. Sur l'île Surprise, on

retrouve cette espèce un peu partout sur la plaine et dans certaines zones elle s'étend sur plus de 20m².

Le problème est encore plus préoccupant pour *Cassytha filiformis*. Cette espèce, originaire de Floride, est connue pour tout recouvrir et notamment les massifs de *Pisonia grandis* et d'*Argusia argentea* (34). Formant un réseau de petites lianes impénétrables très denses, elle peut recouvrir des arbres à plus de 10 mètres de haut (Figure 12). Cette vigne parasite se nourrit en utilisant la photosynthèse du feuillage de l'hôte (34), allant jusqu'à engendrer la mort de celui-ci. Cette espèce est encore très localisée sur l'île, avec seulement un patch de 10m².

L'étude préliminaire du régime alimentaire du rat ne fait pas particulièrement ressortir ces deux espèces, bien que *Colubrina asiatica* soit retrouvée dans les estomacs.



Figure 12 : patch de *Cassytha filiformis*, espèce introduite sur Surprise et connue pour son fort potentiel invasif

Il est également à noter que de nombreux cocotiers sont présents à Surprise, initialement plantés par l'homme, mais qui se répandent peu à peu sur une part importante de l'île. Leur présence est importante car il est très probable qu'ils jouent un rôle crucial dans la maintien de la population de rats. En effet, en l'absence d'eau douce, les noix de coco fournissent une ressource indispensable aux rongeurs qui sont capables de les ronger (les rats en sont capables, les souris certainement pas). Ceci est corroboré par le fait que la totalité des noix de cocos observées étaient rongées (voir Figure 13). Il est par conséquent légitime de s'interroger sur la possibilité de supprimer la population introduite de cocotiers sur cette île, afin d'aider à l'éradication des rats et à la prévention de leur réapparition, mais également afin d'éviter un envahissement des cocotiers une fois les rats éliminés.



Figure 13 : noix de coco rongée par un rat

Dans les parties suivantes, et à l'image de notre projet, nous présentons nos travaux sur l'impact des espèces invasives en donnant une place centrale au rat, dont l'élimination constitue la part de conservation appliquée du programme. Nous utilisons plusieurs approches pour définir un impact direct ou indirect du rat sur les espèces présentes sur Surprise. Ces résultats sont récapitulés Tableau III.

Tableau III : liste des espèces pour lesquelles une consommation par les rats introduits est confirmée par l'une au moins de trois approches utilisées

<i>Espèces concernées</i>		<i>Observations directes</i>	<i>Régime alimentaire</i>	<i>Modèles isotopiques</i>
Plantes C₄/CAM				+
Gramineae	<i>Thuarea involuta</i>		+	
	<i>Lepturus repens</i>		+	
	<i>Stenatophrum micrathum</i>	+	+	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>	+	+	
Portulacaceae	<i>Portulaca sp.</i>	+	+	
Zygophyllaceae	<i>Tribulus cistoides</i>	+	+	
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia repens</i>	+	+	
Plantes C₃				+
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i>		+	
Boraginaceae	<i>Argusia argentea</i>	+	+	
Compositae	<i>Tridax procubens</i>		+	
Malvaceae	<i>Abutilon indicum</i>		+	
	<i>Hoboscus tiliacens</i>		+	
	<i>Abutilon mollissimum</i>		+	
Nyctaginaceae	<i>Pisonia grandis</i>	+	+	
Palmaceae	<i>Cocos nucifera</i>	+		
Rhamnaceae	<i>Colubrina asiatica</i>		+	
Polypodiaceae	<i>Microsorium scolopendrium</i>		+	
Arthropodes marins				+
Crabidae	<i>Oxypode quadrata</i>	+		
Arthropodes terrestres				+
Acridae			+	
Tettigonioidae			+	
Coleoptera			+	
Formicidae	<i>Brachymyrmex obscurior</i>		+	
	<i>Paratrechina longicornis</i>		+	
Myrmicinae	<i>Cardiocondyla emeryi</i>		+	
	<i>Pheidole oceanica</i>		+	
	<i>Tetramorium bicarinatum</i>		+	
	<i>Tetramorium simillimum</i>		+	
Dolichoderinae	<i>Tapinoma melanocephalum</i>		+	
Reptiles marins				+
Tortue	<i>Chelonia mydas</i>	+		
Reptiles terrestres				+
Scincidae	<i>Caledoniscincus haplorhinus</i>		+	
Oiseaux marins				+
Laridae	<i>Anous stolidus</i>	+	+	
	<i>Anous tenuirostris</i>		+	
	<i>Sterna bergii</i>	+		
Procellariidae	<i>Puffinus pacificus</i>	+		
Sulidae	<i>Sula leucogaster plotus</i>	+		
	<i>Sula dactylatra personata</i>	+		

✓ *Observations directes d'impact*

Sur le terrain, suite à l'observation directe de traces de consommation par les rats sur des espèces végétales rampantes, une estimation de la proportion des différentes espèces consommées a été réalisée. Sur trois zones d'une surface totale couvrant environ 0,4 ha, le nombre de pieds et les traces de consommation par les rats ont été dénombrés pour chaque espèce de plante le long de transects espacés de 10 m. Nous avons observé directement la consommation des espèces végétales suivantes : feuilles d'*Argusia argentea* et de *Portulaca* sp., tiges de *Portulaca* sp. et racines de *Portulaca* sp. et de *Boerhavia repens*. Un total de 147 grattages de rats a été observé sur des zones de végétation basse, les pieds de *Boerhavia repens* et de *Portulaca* sp. représentent respectivement 64 % et 14 % des grattes. Par ailleurs, 13 % des observations concernent des graminées. Les 9 % restant ont été relevés sur des pieds de trois espèces de dicotylédones en cours de détermination.

L'observation directe de traces de consommation par des rongeurs sur des espèces végétales rampantes est particulièrement importante dans les zones de végétations basses, où les racines de *Boerhavia repens* et *Portulaca* sp sont les plus consommées. De grandes zones surfaces recouvertes par *B. repens* ont été observées, ainsi une attention particulière devra être portée à la réaction de cette espèce suite à une éventuelle éradication. La consommation très importante de noix de cocos, confirme la nécessité de trouver de l'eau douce pour la survie des rongeurs. On peut se demander pourquoi les deux espèces invasives *Cassytha filiformis* et *Colubrina asiatica* ne se sont pas plus développées et si leur faible densité n'est pas à mettre en relation avec un problème d'attractivité de leurs fruits pour la faune (spécialement les rongeurs). Il serait donc intéressant de voir le régime alimentaire à la période de fructification pour comprendre pourquoi les rongeurs ne dispersent pas les graines.

Les rats et les souris sont connus pour leur impact majeur sur les populations insulaires de petits reptiles terrestres (35-39). Aucune observation de prédation n'a été notée, mais il est cependant très probable que les scinques et les geckos subissent une prédation significative de la part des rongeurs introduits, au moins au niveau des œufs, ou des jeunes (voir plus loin). En l'absence de données supplémentaires, l'absence de serpents marins du genre *Laticauda*, ne peut pour le moment être attribué à la présence des rats. Plusieurs îles du lagon sud avaient des rats et des laticauda.

Des observations de prédation de rats ont été faites ponctuellement sur d'autres espèces par différentes personnes liées au programme, ou présentes sur l'île lors des missions de baguage de tortues marines (ASNNC). Ainsi, des rats ont été observés attrapant des crabes et des jeunes de tortues vertes. Les crabes ayant également été observés comme étant des prédateurs importants des tortues marines au moment de l'éclosion, nous souhaitons déterminer l'impact direct des rats sur ces émergences (par une courte mission en février-mars 2004). Les relations triangulaires entre les crabes, les rats et les jeunes de tortues marines sont de nature à pouvoir générer des dysfonctionnements, au moins temporaires, dans les relations dynamiques naturelles entre crabes et tortues, si l'éradication des rats déclençait une explosion démographique des crabes, et donc une prédation excessive sur les tortues. À cet effet, nous chercherons à quantifier les relations de prédation entre les trois espèces, et nous construirons, si nécessaire, un modèle mathématique simple, qui nous assistera dans la mise au point du programme d'éradication en prenant cet aspect en compte.

Bien que les données quantitatives soient actuellement en cours d'analyses, nos observations de terrain classent déjà plusieurs des espèces d'oiseaux marins présents dans l'île

comme souffrant probablement de prédation de la part des rongeurs introduits. Selon Beugnet *et al.* (40), la faiblesse des effectifs de fous masqués (*Sula dactylatra*) et de phaétons à brins rouges (*Phaethon rubricauda*) serait à relier à la présence de rats, bien que le Fou masqué ne soit pas colonial et se reproduise toujours en petit nombre sur les îles. Robinet *et al.* (31) supposent un impact négatif des rats, du fait de leur abondance, sur les colonies d'oiseaux marins, au moins sur les espèces nichant au sol ou dans des terriers. Ces auteurs ont d'ailleurs identifié les restes d'un oiseau dans l'estomac d'un rat capturé. De plus, certaines espèces semblent uniquement inféodées aux zones de plaine, et une modification drastique de la végétation suite à une éradication des rats pourrait avoir un impact négatif significatif sur ces espèces. Des travaux sont en cours pour caractériser ce risque.

Sur les trois espèces de Fous, deux nichent au sol, dont l'un (le fou brun) en milieu herbacé, avec donc un fort potentiel de prédation des œufs par les rats. De nombreux cadavres de noddis noirs ont été retrouvés dans des caches vraisemblablement dus à des rats. Très peu de noddis noirs ont été observés vivants. Le noddie commun niche normalement au sol, mais à Surprise, ils semblent nicher principalement au sommet des cocotiers. Ce changement de comportement est peut-être à rapprocher d'un évitement de prédation par les rats. Les nids des Puffins du Pacifique constituent un terrier idéal pour les rats, surtout par le fait que les oiseaux les quittent souvent, laissant sans surveillance des œufs à coquille relativement fine ou des poussins que les rats pourraient aisément consommer. Des actes de prédation d'œufs ont été observés directement sur le terrain lors des missions sur Surprise. Nous avons relevé des traces très caractéristiques de prédateurs sur les œufs, notamment les marques de dents de rats sur les coquilles (voir Figure 14). Les deux espèces de sternes nichent au sol, laissant envisager un fort potentiel de prédation par les rats. Le Paille-en-queue est particulièrement menacé du fait de sa présence exclusivement sur Surprise. La faiblesse des effectifs de cette population (sept nids individus recensés en 2002, 3 en 2003, mais un peu plus tôt dans l'année ; 6 individus observés en vol) rappelle la situation similaire très récente du râle tiklin. Robinet *et al.* ²⁷ soupçonnaient un impact négatif sur le Râle tiklin et réclamaient, comme mesure conservatoire urgente, un programme d'éradication des rats. Son absence depuis 2000, si elle devait être confirmée par les missions suivantes, est probablement due à la prédation par les rats. La disparition, quasiment « sous nos yeux », de cette population, dont la protection était un des buts de ce programme, est particulièrement préoccupante. Elle souligne si besoin était la difficulté d'allier dans le cas d'espèces invasives, une réponse adéquate et optimale (donc suite à des recherches approfondies) avec une réponse rapide.

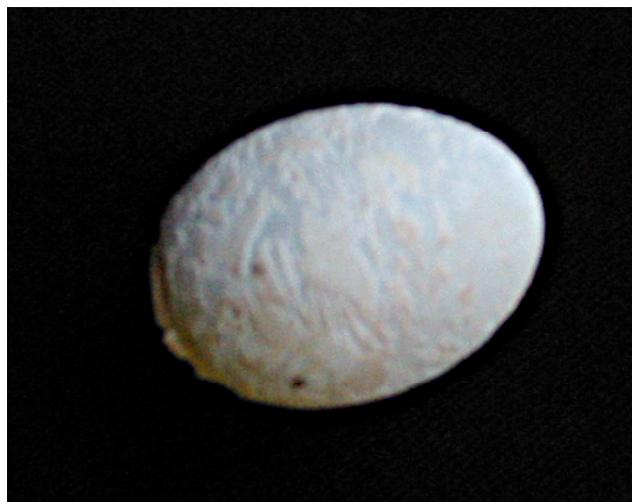


Figure 14 : œuf de fou brun rongé par un rat

Les résultats des différentes observations et expérimentations sont pour la plupart en cours d'analyse. Certains résultats préliminaires indiquent cependant un impact certain au niveau quantitatif pour certaines espèces d'oiseaux marins. Par exemple, deux comptages de nids de fous bruns ont été effectués à une semaine d'intervalle sur la plaine lors de la mission de 2003. Pour chaque nid, le nombre d'œufs ou de poussins ont été notés. Sept jours plus tard, un dénombrement du nombre d'œufs détruits et de poussins mort a été réalisé, avec prise en compte de la cause de la mort. Les résultats montrent un impact très important des rats sur les fous bruns à cette époque où les puffins sont encore largement absents : en seulement 7 jours, 36% des nids ont subi la perte d'au moins un œuf du fait de la prédation par les rats. Ce chiffre très élevé est particulièrement surprenant, même si cette forte pression de prédation n'était que très temporaire. Il semble important de renouveler cette observation l'année prochaine.

✓ *Isotopes stables*

Nous avons également cherché à connaître la place rat au sein du réseau trophique qu'il a envahi et en particulier à qualifier et quantifier les espèces de plantes et d'animaux dont il tire ses ressources. Cette étude s'est faite au moyen de l'analyse des abondances naturelles d'isotopes stables de carbone et d'azote des différentes espèces en interaction. Bien que nos travaux nous apportent déjà de nombreuses informations directes, la prédation du rat sur les vertébrés est généralement très rarement observée directement. Les rapports de prédation, par exemple sur les oiseaux marins, sont souvent basés sur l'analyse des contenus stomacaux et de fèces, qui sous-estime la consommation de parties rapidement digérées (œufs, invertébrés, petits vertébrés). Ces méthodes classiques ont des avantages par rapport aux méthodes isotopiques (voir ci-après), mais les récents progrès dans l'analyse des isotopes stables (e.g., (41)) ont démontré l'utilité de cette technique pour étudier les interactions trophiques.

L'utilisation des isotopes stables se base sur les ratios en isotope naturellement présents chez les individus, comme le carbone ($\delta^{13}\text{C} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$) et l'azote ($\delta^{15}\text{N} = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$) entrant dans les réseaux au niveau de la production primaire, avec une signature caractéristique (42, 43). Le $\delta^{13}\text{C}$, étant distinctement différent entre les organismes terrestres, marins et d'eau douce, il est plutôt utilisé pour étudier les différentes origines des nutriments (44), par exemple, pour la relative contribution marine et/ou terrestre dans le régime alimentaire des individus (45-47). Contrairement au $\delta^{13}\text{C}$, le $\delta^{15}\text{N}$ montre une augmentation par palier avec chaque niveau trophique, due à une excrétion préférentielle des isotope léger (42), et est donc utilisé pour déterminer le niveau trophique des consommateurs (48-50). Ainsi, la mesure des différents isotopes a immédiatement été démontrée comme extrêmement utile dans l'évaluation du régime des consommateurs en réseaux complexe (47, 51).

Depuis les 20 dernières années, l'analyse des isotopes stables a été fortement utilisée pour déterminer la relative contribution de plusieurs ressources dans le régime alimentaire d'un consommateur (41). Dans cette étude de l'analyse du régime, les valeurs isotopiques sont déterminées sur les tissus du consommateur et ceux des différentes ressources potentielles. La similarité dans la composition isotopique entre les tissus du consommateur et ces différentes ressources (après ajustement de perte ou de fractionnement durant la digestion, le métabolisme et l'assimilation), donne un indice de la relative importance de chaque ressource dans le régime du consommateur. Les études récentes utilisent des procédures géométriques pour quantifier la contribution de plusieurs ressources du régime en utilisant le $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ (52-56). Les modèles actuels apportent maintenant des résultats satisfaisants du point de vue quantitatif, fournissant des pourcentages d'utilisation de proies dans le régime alimentaire.

Les échantillons de foie et de muscle provenant des rats et des souris, ainsi que l'ensemble des proies potentielles, aussi bien animales que végétales, ont été utilisés pour ces analyses. Lors de la première année, les échantillons prélevés concernent : des reptiles terrestres : un scinque (*Caledoniscincus haplorhinus*) et un gecko (*Lepidodactylus lugubris*) ; des reptiles marins : des œufs de tortues vertes (*Chelonia mydas*) ; des oiseaux marins : 4 espèces (*Anous stolidus*, *Anous tenuiristris*, *Puffinus pacificus* et *Sula leucogaster*) ; des proies de ces oiseaux, un calamar et un exocet (*Exocoetus sp.*), correspondant à plus de 80% de leur régime alimentaire ; des insectes : Acrididae, Tettigonioidae, Formicidae, Coléoptère, Isopodes et Sphingidae ; des plantes : 27 espèces végétales (3 monocotylédones, 23 dicotylédones et 1 ptéridophyte). Suite à la seconde session de terrain sur Surprise, environ 200 nouveaux échantillons seront analysés en janvier 2004, dont seize échantillons pour la souris.

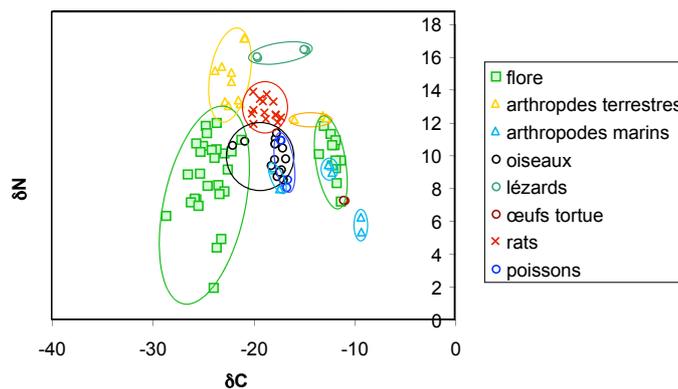


Figure 15 : Place des différents constituants du réseau trophique principal de l'île Surprise et des rats qui y ont été introduits. Chaque point représente une espèce différente, exception des rats qui représentent chacun un individu différent (X).

La Figure 15 révèle des différences importantes dans la valeur isotopique des organismes analysés. On peut néanmoins distinguer plusieurs groupes, qui diffèrent, en premier lieu, dans leur valeur isotopique en $\delta^{13}\text{C}$. Au niveau des végétaux, deux groupes se distinguent, correspondant aux plantes de type C_3 et C_4 , ce qui est typiquement retrouvé dans la littérature (57, 58). On peut aussi dissocier deux groupes au sein des arthropodes terrestres. Le premier est constitué d'orthoptères (criquets et sauterelles (arthropodes 1)), et le deuxième d'insectes divers (isopodes, coléoptères, fourmis et lépidoptères (arthropodes 2)). Chacun de ces groupes semble associé à un type de plante (arthropodes 1-plante C_3 et arthropodes 2-plante C_4), dont il est probable qu'ils se nourrissent préférentiellement, étant situés immédiatement au dessus de ces plantes. La proximité entre les ratios des tissus d'un consommateur et ceux de ces différentes ressources donne en effet une idée de leur relative importance dans le régime.

Les signatures isotopiques des rats sont situées au centre des différentes ressources potentielles. Il est probable que la valeur du rat, qui consomme simultanément des ressources à faible et à forte valeurs isotopiques, se trouve en position intermédiaire par rapport aux valeurs de ces ressources. Une consommation importante de ressources aux ratios isotopiques faibles pourrait être compensée par un faible apport de ressources aux ratios isotopiques plus élevés. Par exemple, les rats consomment à la fois des plantes C_3 et C_4 et se placent entre les différents groupes du point de vue δC . Il en est de même pour les arthropodes 1 et 2. Les rats consomment également des reptiles terrestres, mais la signature azotée des espèces dépendant du milieu marin (oiseaux, crabes, tortues) contribue à baisser la valeur en δN des rats, les plaçant au dessus de certaines de ses proies. En effet, les organismes des zones intertidale et marine sont plus enrichis en $\delta^{13}\text{C}$ (57, 59). Ces phénomènes de compensations des ratios

isotopiques pourraient expliquer la position centrale du rat par rapport aux plantes consommées et aux proies animales. L'analyse des contenus stomacaux et intestinaux a été entreprise pour compléter ces résultats.

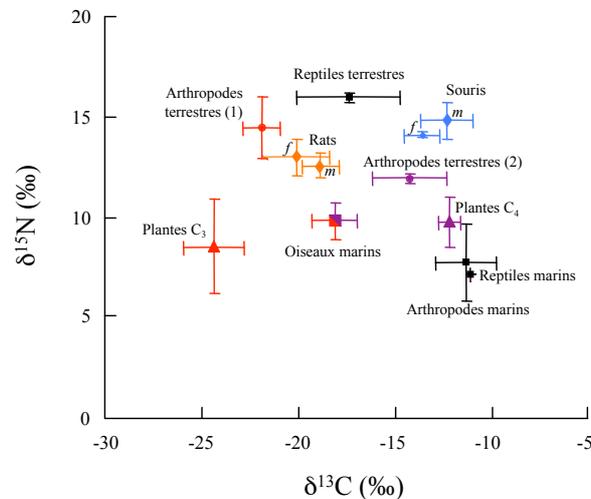


Figure 16 : Signature des isotopes stables de carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et d'azote ($\delta^{15}\text{N}$) des tissus de *Rattus rattus* (orange, *m*: muscle, *f*: foie), de *Mus musculus* (bleu) et de différentes proies potentielles terrestres et marines, sur l'île Surprise. Les trois ressources principales du rat sont représentées en rouge, celles de la souris en violet.

Les deux populations de rongeurs ont des signatures isotopiques relativement différentes. Les rats possèdent des valeurs en $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ plus faibles que les souris. Leur signature isotopique est très proche des arthropodes *T1* et des plantes C_3 , tandis que celle des souris semble plutôt associée aux arthropodes *T2* et des plantes C_4 .

Les modèles mixtes ont souvent été utilisés dans les analyses du régime alimentaire, pour ordonner et quantifier les ressources d'un consommateur en fonction de leur proximité dans les graphes multidimensionnels tels que présenté Figures 15 et 16 (53, 54, 56, 60-63). La Figure 17 montre les proies les plus fréquemment consommées par les rats et par les souris, avec l'utilisation d'un modèle multiressource basé sur les distances euclidiennes. Ces modèles ont pour principe de base que la relative importance de la ressource dans le régime du consommateur est inversement proportionnelle à la distance euclidienne ressource-consommateur. Les résultats suggèrent que les oiseaux marins constituent le plus gros apport de protéines pour les tissus des rats de l'île Surprise. Les souris sont aussi connues pour prédater les œufs d'oiseaux marins (64), mais sur l'île Surprise leur impact reste incertain, principalement du fait de leur faible nombre. Les rats consomment également de manière importante des arthropodes, tels que des fourmis ou les larves d'autres insectes. L'apport de la consommation de végétaux reste très important. Rappelons que l'île ne possède aucune source d'eau douce, ce que les rongeurs peuvent compenser par une consommation importante de plantes.

Les rats consomment une majorité de plantes C_3 , tandis que les souris consomment presque exclusivement des plantes C_4 . Les résultats semblent pertinents avec les observations de terrain et la répartition des espèces selon les différents biotopes de l'île. En effet, les souris qui semblent localisées sur la plaine consomment fortement les orthoptères et les plantes C_3 qui sont généralement associés à ce type de milieu. Ces données laissent envisager la possibilité d'une compétition entre ces deux rongeurs introduits. Bien que la littérature fasse défaut à ce niveau, les spécialistes de terrain s'accordent pour dire que ces deux espèces sont en

compétition, le rat étant le compétiteur supérieur. Ces données aideront à estimer un coefficient de compétition entre les deux rongeurs pour les ressources qu'ils exploitent dans les communautés envahies (à l'image de travaux similaires que nous réalisons en collaboration avec une équipe Américaine).

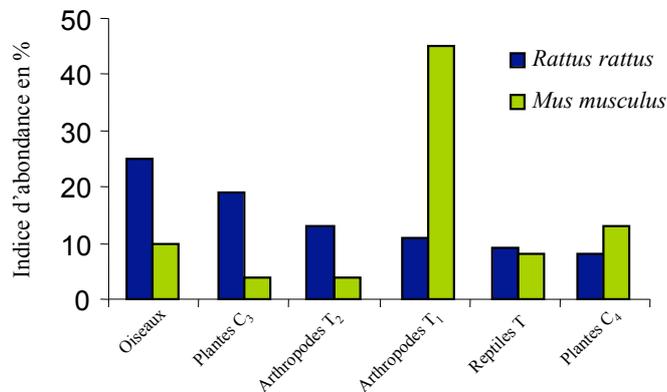


Figure 17 : quantification des différentes ressources des rats et des souris introduites, en fonction des résultats des analyses isotopiques. Cette quantification confirme une forte consommation des oiseaux par les rats. D'autre part, le recouvrement important des ressources, qui sont limitantes dans l'île, génère vraisemblablement de la compétition entre les deux consommateurs.

✓ *Contenus stomacaux et intestinaux*

L'étude isotopique de la place du rat sur l'écosystème de l'île Surprise, a révélé l'importance des oiseaux marins, des plantes et des arthropodes terrestres dans son régime alimentaire. Bien que les mesures des ratios en isotopes stables aient un potentiel pour apporter une importante contribution à l'écologie animale, l'interprétation de ces ratios repose sur des suppositions qui sont peu reconnues (65). En particulier, nous avons vu dans la partie précédente que cette méthode comporte un certain nombre de désavantages par rapport aux analyses en laboratoire sur les fèces et les contenus stomacaux. Il est donc nécessaire que toute analyse du régime alimentaire basé sur les méthodes isotopiques soit associée à des études complémentaires (65).

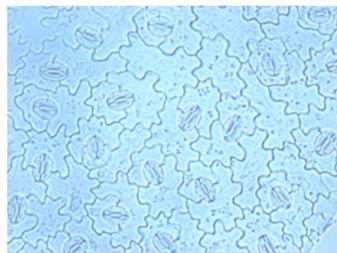
L'étude du régime alimentaire du rat peut être abordée par de nombreuses méthodes. Les difficultés d'approche des rats et de détermination à distance des végétaux nécessitent cependant souvent l'utilisation de méthodes indirectes basées, soit sur l'étude de la végétation soumise à l'impact des individus, soit sur celle des débris végétaux présents dans l'estomac ou dans les fèces, soit encore à partir d'expériences de choix réalisées en captivité.

Chacune de ces méthodes contribue à une meilleure connaissance de l'alimentation des individus, mais aucune n'est pleinement satisfaisante (66). Il est donc souhaitable, dans la mesure du possible, de les utiliser simultanément. Pour notre étude d'impact du rat sur les communautés animales et végétales, nous avons utilisé les techniques basées sur l'identification des fragments épidermiques présents dans l'appareil digestif (estomac et fèces). Associées aux résultats des analyses isotopiques, ces méthodes pourront permettre de rejeter ou de confirmer (et dans ce cas de préciser) l'impact du rat sur certains compartiments de l'écosystème.

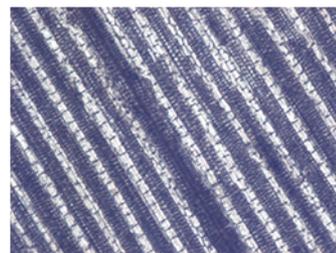
Le régime alimentaire du rat noir a été étudié par l'analyse microscopique des fèces et des estomacs récoltés aux mois de novembre-décembre 2002. Les échantillons prélevés lors de la deuxième année de terrain seront analysés courant 2004. Nous avons utilisé une méthode (67),

basée sur l'existence des caractéristiques anatomiques et chimiques des cellules épidermiques végétales permet d'identifier, dans les fèces et les contenus stomacaux de l'animal étudié, les fragments d'épiderme recouvert d'une cuticule. Ces fragments sont très résistants à la plupart des agents chimiques ainsi qu'à l'action des organismes microbiens (68, 69). Or, la structure de l'épiderme étant caractéristique de l'espèce à laquelle il appartient (66), il est possible, à partir des fragments présents dans les fèces d'obtenir des informations sur la nature des plantes consommées malgré les effets de la digestion. Nous désignons ici les fragments végétaux présents dans les fèces sous le terme d'épiderme, bien que celui de cuticule soit parfois plus approprié.

Les végétaux présents sur l'île n'étant pas encore répertoriés à cette fin, nous avons dû réaliser un catalogue de référence. Nous avons utilisé, à la suite de nombreux auteurs, la technique de Metcalfe et Chalk (70) qui consiste à placer le fragment végétal de référence (dans notre cas prélevé directement sur le terrain) sur une lame de verre, à verser quelques gouttes de NaOCl sur le fragment, à gratter le tissu avec une lame de rasoir (à l'œil nu, puis sous loupe binoculaire), puis à le laver à l'eau. Les fragments ainsi obtenus sont mis dans une goutte d'eau entre lame et lamelle puis photographiés. Cette technique présente deux avantages : rapidité relative, bonne qualité des épidermes obtenus. Cependant pour les végétaux tendres, les manipulations sont délicates. De plus, cette méthode prend énormément de temps, puisque toutes les espèces végétales susceptibles d'être présentes dans les estomacs ou les fèces (en fait, plusieurs tissus par espèce : feuilles, fleurs, rameaux, graines) doivent être échantillonnées, traitées et photographiées. Ainsi, le catalogue de référence que nous avons monté est constitué de 1492 photos pour un descriptif de 27 espèces (exemple Figure 18). Ce n'est qu'une fois le catalogue de référence constitué que les travaux d'analyses proprement dits, eux aussi particulièrement demandeurs en temps, peuvent commencer. Les proies animales sont déterminées de la même manière, à partir d'échantillons de référence prélevés sur le terrain, le catalogue de référence étant en cours de constitution.



Stachytarpheta indica
feuille supérieure x 200 (1/4)



Lepturus repens
feuille supérieure x 50 (1/4)

Figure 18: exemples d'épidermes de différentes espèces végétales de l'île Surprise

Le traitement des fèces et contenus stomacaux étant particulièrement demandeurs en temps, nous n'avons pu analyser la totalité des rats prélevés sur le terrain. Cependant, nous avons pris soin de conserver un échantillon important. Deux stagiaires ont contribué à cet aspect de l'étude, l'un pour les contenus stomacaux, l'autre pour les fèces. Les estomacs de 23 rats ont été analysés. Après avoir rincé le contenu de l'estomac, les fragments animaux et végétaux sont triés à vue ou sous loupe binoculaire. Pour certaines espèces végétales, l'examen au microscope des structures épidermiques des feuilles est nécessaire pour permettre une détermination précise.

L'analyse des fèces est basée sur le même principe. Les fèces de 17 rats ont été étudiés. Les crottes de chaque individu ont été récoltées dans la partie terminale de l'intestin. Toutes les crottes d'un même individu ont été mélangées et homogénéisées. Pour chaque prélèvement, un échantillon représentatif de fragments a été examiné au microscope. Cet échantillon est constitué de 200 à 400 fragments végétaux répartis sur 80 champs de microscope (x100) (66). Selon la spécificité des tissus épidermiques, les fragments végétaux présents dans les fèces ont été déterminés à l'espèce, voire à l'organe près. Lorsqu'une telle précision n'était pas possible, nous nous sommes arrêtés au genre, à la famille ou à la classe (Monocotylédones, Dicotylédones). Les fragments ne pouvant être classés dans aucune des catégories précédentes ont été regroupés en « fragments indéterminés ».

Les résultats obtenus pour chaque espèce ou catégorie de plantes sont exprimés en pourcentages par rapport au nombre total de fragments examinés. Ces pourcentages ne traduisent pas quantitativement la consommation de chacun des items ingérés (71-73). Elle permet cependant d'obtenir une abondance relative qui pourra être comparée aux autres proies et au cours du temps.

Les analyses montrent que *Rattus rattus* consomme au moins 17 espèces de végétaux sur les 29 recensées sur l'île (Tableaux IV et V). À l'époque de leur capture, certaines espèces sont beaucoup plus fréquemment consommées que d'autres. En effet, *Pisonia grandis* est retrouvée dans plus de 74% des individus avec une forte abondance. Une deuxième espèce, *Boerhavia repens* qui appartient à la même famille est très consommée, en particulier sa partie racinaire fréquente à 35% (Tableau IV). Les graminées sont aussi beaucoup consommées, avec deux espèces majoritaires, *Thuarea involuta* et *Lepturus repens*, toutes deux abondante sur la plaine centrale.

Tableau IV : fréquence (*f*: en %) et indice d'abondance (*i*) des diverses espèces végétales présentes dans les contenus stomacaux de *Rattus rattus* (xxx : très abondant, xx: abondant, x: peu abondant. *PS*: partie souterraine, *PV*: partie végétative, *PR*: partie reproductive, *TP* : toutes les parties). La fréquence représente le nombre d'individus où l'espèce est présente dans l'estomac sur le nombre total d'individus étudiés. L'indice d'abondance est calculé pour les rats ayant ingéré l'espèce considérée. Deux épidermes indéterminés, nommés : *pseudo racine pisonia* et *Graine X*, ne sont pas référencés dans notre catalogue ainsi que 5 autres épidermes très faiblement présents.

Liste des espèces végétales		PS		PV		PR		TP	
		<i>f</i>	<i>i</i>	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>f</i>	<i>i</i>	<i>f</i>	
C3	Nyctaginacées	<i>Pisonia grandis</i>		57	xx	39	xxx	74	
	Malvacées	<i>Abutilon indicum</i>	4	xxx	4	xxx	13	xxx	13
		<i>Hoboscus tiliacens</i>					4	x	4
		<i>Abutilon mollissimum</i>					4	x	4
	Rhamnacées	<i>Colubrina asiatica</i>				13	x	13	
	Composées	<i>Tridax procubens</i>			4	x	9	xx	13
		<i>Bidens pilosa</i>			4	xxx	4	x	9
	Amaranthacées	<i>Achyranthes aspera</i>			4	x	13	x	13
	Boraginacées	<i>Argusia argentea</i>	4	x	9	x	4	x	13
	Polypodiacées	<i>Microsorium scolopendrium</i>	4	x					4
C4	Portulacées	<i>Portulaca sp.</i>	4	x				4	
	Nyctaginacées	<i>Boerhavia repens</i>	35	x/	26	xx	4	x	39
	Euphorbiacées	<i>Euphorbia sp.</i>			4	xx	1	x	9
	Zygophyllacées	<i>Tribulus cistoides</i>			4	x	9	x	13
	Graminées	<i>Thuaera involuta</i>			22	x/	9	x	30
		<i>Lepturus repens</i>			9	x/	13	x	22
Indéterminées	<i>Stenatophrum micrathum</i>					4	x	4	
	<i>Pseudo racine pisonia</i>	13	x					13	
	<i>Graine X</i>			87	xx			87	

Notre catalogue de référence ne semble pas totalement complet. Les fragments d'une espèce très abondante, présente chez 87% des individus n'a pas pu être déterminée. Nous lui avons donné le nom de « graine X », sa structure épidermique étant très proche de celle observée chez les graines. La collecte supplémentaire d'échantillons en 2003 nous permettra certainement d'identifier l'espèce à laquelle appartiennent ces fragments.

Les proies animales sont aussi bien représentées Tableau V. Les fragments sont beaucoup moins abondants. Les fourmis ont une fréquence élevée de 35%, identique à celles des orthoptères. L'espèce de fourmi la plus fréquemment consommée est la seule fourmi autochtone. Les coléoptères, réunissant au moins 5 espèces, sont aussi très fréquents dans les estomacs (61%). La présence de tiques est probablement due à la forte densité présente sur les rats et non à une consommation alimentaire. Le rat pourrait ingérer ces tiques lors du toilettage. La fréquence de 48% pourrait souligner l'importance de ce parasitisme et l'impact potentiel sur la population de rat.

Tableau V : liste des différentes proies animales consommées par les rats, déterminée à partir de l'analyse du contenu stomacal (avec 20 lames par individu). La fréquence de présence d'une espèce dans l'estomac d'un individu est notée *f*. Le nombre de fragments identifiables, par individus possédant cette espèce, est noté *Nf / I*.

Liste des espèces animales		<i>f</i>	<i>Nf / I</i>
Arthropodes	Fourmis	5 sp. 35%	3
	Orthoptères	2 sp. 35%	2
	Coléoptères	5 sp. 61%	2
	Larves	2 sp. 17%	1
	Tiques	2 sp. 48%	3
	Indét.	61%	2
Vers intestinal		13%	2
Vertébrés	Oiseaux	57%	7
	Reptiles (scinque)	9%	1
Animaux Indét.		22%	2

La présence de plumes dans plus de la moitié des estomacs peut laisser envisager l'importance de la prédation des rats (en gardant à l'esprit que les rats sont également charognards). La spécificité du plumage des oiseaux va permettre une identification précise de ces plumes. Les analyses sont actuellement en cours. Par contre l'impact sur les reptiles terrestres semble faible. Aucun indice de la présence de gecko n'a été observé. Une patte avant de scinque a été retrouvé dans un estomac, mais sa présence s'est révélée chez seulement deux individus.

L'approche par analyses des fèces permet d'obtenir un premier indice relatif de la consommation des différentes proies. Le nombre total de fragments observés pour chaque proie peut s'exprimer en pourcentage par rapport au nombre total de fragments examinés. Avec près de 4017 fragments sur 5202 observés (Tableaux V, VI), les végétaux dans leur totalité représentent 77% contre 23% pour les arthropodes des fragments présents dans les fèces du rat (Figure 19). Les oiseaux et les scinques n'ont pas été pris en compte dans ce calcul d'indice relatif, leur présence se matérialisant seulement par des plumes ou des écailles ne permettant pas un calcul quantitatif approprié. Par contre, comme pour l'analyse des estomacs, la fréquence d'occurrence des plumes est très élevée (87%) tandis que celle du scinque reste très faible (4%).

Tableau VI : Fréquence d'occurrence (*f*) et nombre de fragments total (*Nf*), des différentes proies animales et végétales dans les fèces de rat (*N*=17), sur l'île Surprise, décembre 2002.

Ressources			f	Nf
Plantes			100	4017
C ₃	Nyc.	<i>Pisonia grandis</i>	94,12	936
	Mal.	<i>Abutilonium Indicum</i>	47,06	194
		<i>Abulilon mollissimum</i>	6	4
	Am.	<i>Achyranthes aspera</i>	41,18	190
	Com.	<i>Tridax procubens</i>	29,41	37
	Bor.	<i>Argusia argentea</i>	23,53	16
	Rha.	<i>Colubrina asiatica</i>	17,65	24
	Pol.	<i>Microsum scolopendrium</i>	0	1
	C ₄	Nyc	<i>Boerhavia repens</i>	88,24
Por.		<i>Portulaca sp</i>	52,94	67
Gra.		<i>Thuera involuta</i>	58,82	321
		<i>Lepturus repens</i>	23,53	15
		<i>Stenathophrum micrathum</i>	17,65	37
		<i>Indéterminées</i>	41,18	61
Zyg.		<i>Tribulus cistoïdes</i>	17,65	14
Indéterminées "Graine"			100	1140
Autres			100	756
Arthropodes			100	1185
Fourmis			41,18	210
Coléoptères			100	275
Acariens			11,76	3
Chenille			5,88	3
Araignées			11,76	2
Tiques			29,41	20
Criquets			76,47	232
Indéterminés			82,35	134
Oiseaux	Présence de plumes		87	
Reptile	Scinque, présence d'écailles		4	

On retrouve les mêmes espèces majoritaires dans les fèces que dans les estomacs ; *Pisonia grandis* avec un indice d'abondance de 18% (soit 936 fragments et une fréquence d'occurrence de 94%), *Thuera involuta* avec 6,2% (fréquence de 58,8%) et *Boerhavia repens* avec 3,8% (fréquence d'occurrence de 88,2%). On retrouve toujours la « graine X » en très grande quantité 21,8% chez tous les individus. Les plantes de type C₃ sont deux fois plus abondantes que les plantes de type C₄ et pour le même nombre de fragments (8 pour les plantes C₃ et 7 pour les plantes C₄).

Les fragments d'arthropodes représentent donc 23% des fragments totaux et on retrouve les mêmes espèces présentes que dans les estomacs. Les coléoptères sont très abondants (11%) et présents chez tous les individus. Ensuite viennent les orthoptères suivis des fourmis. Chez les fourmis, une espèce est beaucoup plus fréquemment rencontrée que les autres, avec plus de 137

fragments sur les 210 observés chez les fourmis. Cette espèce est la seule espèce autochtone, *Pheidole oceanica*.

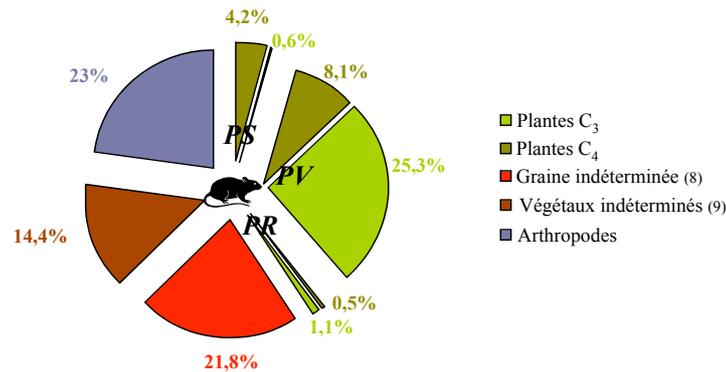


Figure 19 : Pourcentages des différentes catégories de proies, exprimés en pourcentage par rapport au nombre total de fragments examinés dans les fèces de *Rattus rattus*.

Ces résultats dans leur ensemble montrent l'importance de la consommation de végétaux, aidant probablement à palier au manque d'eau. Le nombre d'espèces consommées varie selon la méthode utilisée, mais on peut affirmer que le rat consomme au moins 17 espèces sur les 29 recensées sur l'île. L'analyse des fèces confirme les sorties des modèles isotopiques. Les rats consomment préférentiellement les plantes C₃, en particulier *Pisonia grandis*. Le déséquilibre de consommation plante C₃ / C₄ en fonction des organes de la plante peut s'expliquer par une stratégie d'alimentation. Les plantes C₄ les plus fréquentes, *Boerhavia repens* et *Portulaca sp.* sont consommées pour leurs parties souterraines, qui sont particulièrement gorgées en eau. Ces résultats coïncident avec les observations de terrain (gratins fréquents sous ces espèces). Les plantes C₃ sont, elles, consommées pour leur partie végétative. Les espèces de type C₃ ont généralement de plus grandes feuilles et pour *Pisonia grandis*, se retrouvent en grande quantité en litière, ce qui facilite leur consommation. Ainsi, à l'opposé des souris qui consomment plus de C₄ que de C₃ (voir partie isotopes), les rats peuvent compenser cette faible consommation de racines par la possibilité de « boire » le lait des noix de cocos (confirmé par les observations de terrain). Les souris ne possèdent pas la dentition suffisante pour ronger les fibres des noix de cocos.

Les proies animales représentent 23% des fragments contenus dans les fèces. Les coléoptères, les orthoptères et les fourmis sont les plus consommés, ce qui conforte l'idée d'une possible compétition pour les ressources avec la souris. La prédation sur les oiseaux marins apparaît très importante aussi bien par les modèles isotopiques multi-ressources que par la fréquence d'occurrence forte des plumes dans les fèces et les estomacs. À l'inverse, la prédation sur les espèces introduites de reptiles terrestre semblent très faible. Les reptiles seraient des proies occasionnelles et pourraient donc ne pas jouer directement sur la dynamique de la population de rats.

✓ Parasitologie

Bien que non prévu dans ce programme, deux aspects de la parasitologie des rats ont été jugés suffisamment intéressants pour mériter une étude plus approfondie, actuellement en cours de développement : les endoparasites (vers intestinaux) et les ectoparasites (tiques).

La première mission sur le terrain révèle la présence de tiques sur 75% des rats de Surprise, parfois en grand nombre : 16 rats sur 138 examinés hébergeaient des charges de plus de 10 tiques. Les rats ne sont pas des hôtes habituels de tiques et n'ont pas d'espèces

spécifiques qui leur seraient évolutivement adaptées (N. Barré, IAC Nouméa). Il se pourrait que les tiques observées sur les rats soient en fait des immatures de tiques d'oiseaux de mer, notamment de *Alectorobius Capensis* (Argasina), observées à Surprise ou *Amblyomma loculosum* (Ixodina), observé à Huon (identification, N. Barré, 2000). Les immatures de *Alectorobius* (au moins *A. Puertoricensis*) peuvent infester les rongeurs (N. Barré, comm. pers.).

La présence de rats en grand nombre pourrait faciliter et amplifier le cycle parasitaire en accroissant la survie des immatures et secondairement intensifier le parasitisme des oiseaux marins par les immatures et les adultes, chez lesquels ces parasites hématophages pourraient provoquer divers troubles (anémie, affaiblissement, arboviroses). Il est également possible que les tiques puissent ainsi compléter leur cycle vital en grand nombre, même en l'absence de la présence de nombreux oiseaux pendant certaines périodes de l'année. Dans ce cas, la présence du rat permettrait une population de tique supérieure à celle qui pourrait survivre dans l'île avec la seule présence des oiseaux.

D'un autre côté, il se pourrait également que les tiques accidentellement hébergées par les rats n'obtiennent pas les conditions requises pour assurer convenablement leur cycle (altération du développement, de la reproduction ou de la survie), et puisse ainsi freiner de manière non négligeable la transmission chez les oiseaux. Dans ce deuxième cas de figure, une partie de la population de tiques serait soustraite du parasitisme des oiseaux par les rats, les rats auraient alors un effet positif sur les oiseaux par leur action sur les tiques.

Nous souhaiterions par conséquent connaître l'effet de la présence de rats en tant que réservoir potentiel d'ectoparasite d'oiseaux. Avant de tester un éventuel « bénéfice » ou « coût » pour les oiseaux marins, il convient de savoir si les espèces de tiques sont les mêmes sur les rats et les oiseaux et si le rat représente un cul de sac pour le cycle de la tique – « capturant » une partie des tiques libres qui ne sont plus ensuite disponibles pour les oiseaux – ou au contraire des hôtes alternatifs efficaces capables d'assurer le gorgement complet des tiques et d'amplifier le cycle parasitaire. À cet effet, il sera notamment important: d'identifier les espèces de tiques sur les oiseaux marins et les rats, sur l'île Surprise, mais aussi sur les trois îles sans rat ; de préciser le statut spécifique de ces tiques ; de quantifier à t0 le degré d'infestation des oiseaux et des rats ; de déterminer la vitesse d'infestation au niveau des oiseaux marins ; de déterminer le stade de développement et le degré de gorgement. À cet effet, nous avons mis en place un protocole spécifique lors de la session de terrain de 2003, et les données seront traitées et analysées à l'Université Paris Sud, en collaboration avec Jean-Louis Camicas de l'IRD de Montpellier.

Une étude de l'endoparasitisme des rongeurs introduits a été effectuée par Benoît Pisanu, du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris. Des cestodes ont été trouvés dans les intestins des deux souris capturées, ainsi que dans les intestins de deux des cinq rats pour lesquels le tube digestif a été examiné de manière exhaustive. La présence de 4 ventouses céphaliques et l'absence de crochets au niveau du rostre céphalique indiquent qu'il s'agit d'un cestode Cyclophyllidae, très certainement *Hymenolepis diminuta*. Un Nématode appartenant au genre *Physaloptera* est présent dans la lumière stomacale de 89 % des 46 rats noirs examinés, avec une charge (moyenne \pm erreur standard) de 10 ± 2 vers/rat (écart des charges : 0 – 48). Près de 31 % des vers mâles examinés (n = 19 issus de 5 rats) présentent des anomalies morphologiques portant sur le nombre et l'arrangement de papilles nerveuses de l'appareil reproducteur. *Gongylonema neoplasticum* est présent dans la muqueuse stomacale chez 91 %

des 46 rats noirs examinés, avec une charge moyenne de 9 ± 1 vers/rat (écart des charges : 0 – 29).

La position taxinomique des nématodes du genre *Physaloptera* retrouvés dans l'estomac des rats de l'île Surprise est incertaine du fait des variations des critères morphologiques qui sont utilisés lors de l'identification des espèces. Ces anomalies témoignent de contraintes auxquelles sont soumis ces nématodes au cours de leur développement chez l'hôte intermédiaire. L'étude des spécimens se poursuit actuellement avec pour objectif de caractériser précisément l'espèce, mais aussi de proposer une révision taxinomique des 18 espèces de ce genre décrites à ce jour chez les mammifères.

Le cortège des helminthes des rats noirs et des souris de l'île Surprise est constitué d'espèces qui nécessitent obligatoirement un arthropode terrestre pour boucler leur cycle biologique. Ce sont en général des insectes terrestres, qui infectent les hôtes définitifs qui les consomment. La présence de ces nématodes indique la prédation d'insectes sur l'île, probablement un orthoptère, et suggère un potentiel qualitativement important d'impact des rats sur ces communautés d'arthropodes terrestres. Le Cestode et le Gongylonème sont des espèces communes du rat noir. Concernant les nématodes stomacaux, 5 espèces sont souvent retrouvées chez les populations continentales de *R. rattus*, dont une seule présente un cycle direct. Le nombre moyen d'espèces de nématodes stomacaux chez le rat noir *R. rattus*, calculé à partir d'inventaires d'helminthes réalisés sur 4 populations continentales (74-76) est de 2.0 (écarts 1 – 4). Avec 3 espèces d'helminthes à cycle biologique indirect, dont 2 nématodes stomacaux, la population de rats de l'île Surprise présente une richesse spécifique en nématodes peuplant l'estomac comparable à celle de populations continentales.

Ces résultats indiquent que la richesse spécifique en helminthes des rats noirs de l'île Surprise, sur une échelle locale, échappent aux particularités de l'insularité (77), en particulier à la diminution de la diversité en helminthes au profit d'espèces ne nécessitant pas d'hôtes intermédiaires pour boucler leur cycle biologique.

Des travaux sont actuellement en cours au Département d' « Écologie et gestion de la biodiversité » du MNHN, avec Benoît Pisanu et Odile Bain, pour tenter de reproduire en laboratoire le cycle parasitaire, à partir d'œufs prélevés dans des vers collectés dans des intestins de rats à Surprise en Novembre 2003. Lors de cette mission, cinq rats ont également été prélevés pour un complément d'examen parasitaires intégral. De même, des orthoptères, que l'on soupçonne être l'hôte intermédiaire de ces vers, ont été collectés pour examen parasitaire.

✓ Réactions en chaîne possibles

L'analyse isotopique a suggéré la possibilité d'une compétition pour les ressources entre les deux espèces de rongeurs introduits. La conséquence de cette compétition pourrait être directement observable sur le terrain, avec une population de rats très développée à l'insu d'une petite population de souris très localisée. La prise en compte de cette population de souris dans le programme d'éradication est primordiale pour le succès de l'opération de restauration de l'écosystème. Son impact négatif sur les populations de petits vertébrés, invertébrés et de nombreuses espèces végétales fait de la souris un prédateur important qu'il ne s'agirait pas de faire proliférer par suite d'une stratégie de contrôle mal réfléchi (2, 37).

L'impact de la population de souris est vraisemblablement très limité actuellement, du fait de son faible effectif. Cependant, nos travaux précédents portent sur l'importance des

relations interspécifiques dans les stratégies de contrôle, en particulier sur les relations qui lient les populations à contrôler aux autres compartiments de l'écosystème. Ayant travaillé sur un processus classé dans les « effets Surprise » et appelé « relâche des mésoprédateurs », nous sommes intéressés aux relations de compétition entre les rats et les souris, avec pour question principale : la forte pression de compétition sur les souris une fois relâchée par le contrôle des rats, y-a-t-il un risque similaire de « relâche des compétiteurs » ? Un modèle mathématique (Figures 20-22), construit en collaboration avec une équipe Espagnole, nous a permis de fournir des éléments de réponse à ce problème, en modifiant un système simple d'équations de type modèle de compétition Lotka-Volterra décrivant la dynamique couplée des rats et des souris, dans lequel on inclut un terme de contrôle de ces espèces (voir équations (1) et Figure 19).

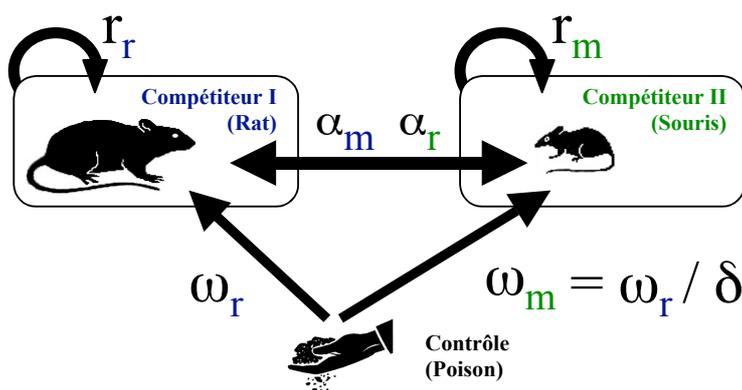


Figure 20 : représentation compartimentale du modèle de relâche des compétiteurs

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dM}{dt} = r_m M \left(1 - \frac{M + \alpha_r R}{K_m} \right) - \omega_m M \\ \frac{dR}{dt} = r_r R \left(1 - \frac{R + \alpha_m M}{K_r} \right) - \omega_r R \end{array} \right. \quad (1)$$

En jouant sur les valeurs des termes de contrôle des deux espèces et de la spécificité de ce contrôle, on peut simuler la réaction du système lorsque l'on exerce différents régimes de contrôle. Alors qu'un contrôle spécifique de la souris seule peut donner des résultats simples (élimination de la souris), le contrôle du rat seul peut conduire à une explosion démographique de la souris, une fois libérées de la pression de compétition des rats (c'est ce qui s'est passé, notamment, lors du programme de dératisation à Saint Paul en 1999 ; (78)). Mais le contrôle des rongeurs, souvent par poison, est peu spécifique, et sur le terrain, on se place plutôt dans le scénario du contrôle simultané des deux espèces de rongeurs. Dans ce cas, il y a une possibilité importante d'augmentation de la population de souris malgré le fait qu'on les contrôle également, et que des souris sont bel et bien éliminées (Figure 21).

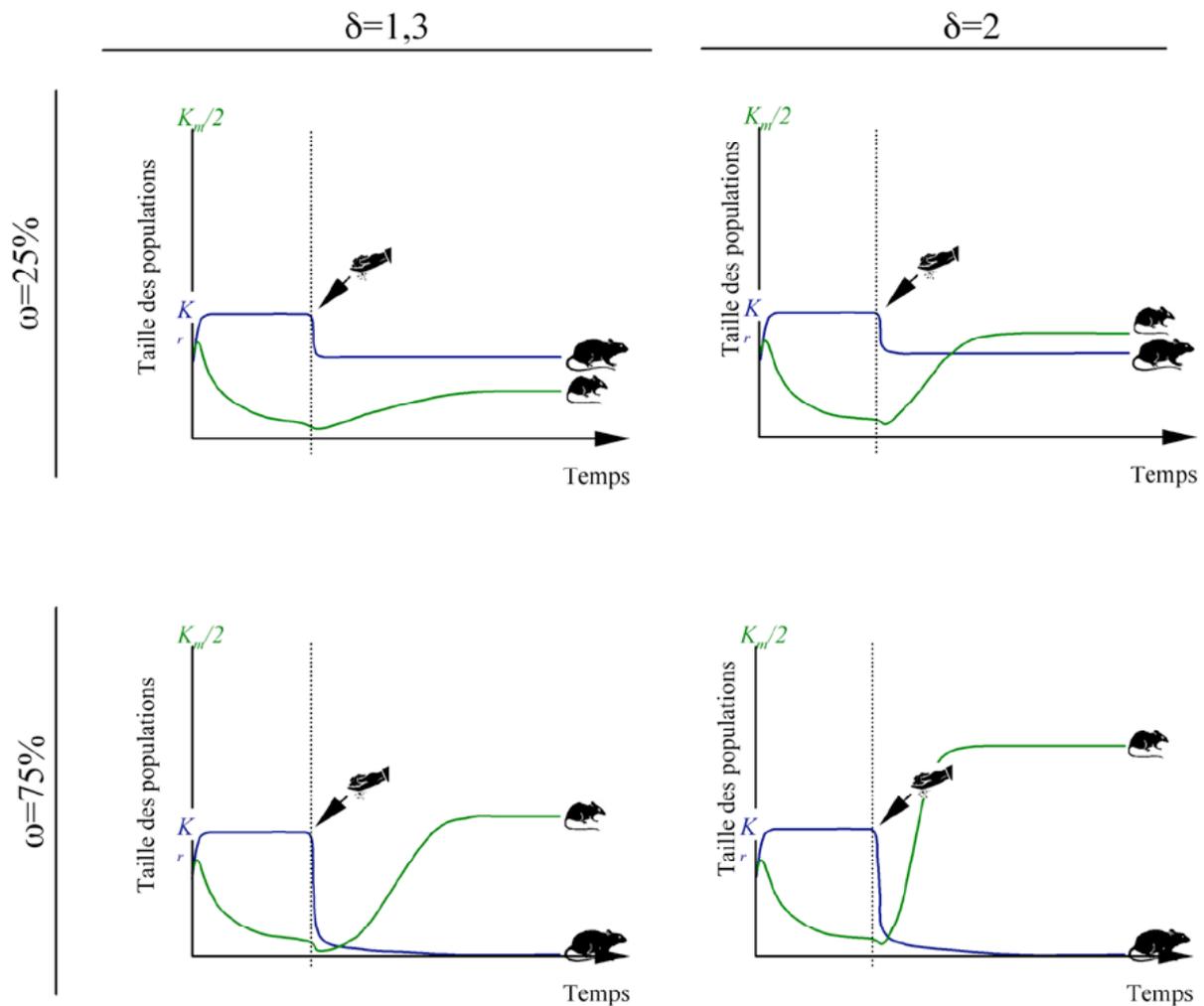
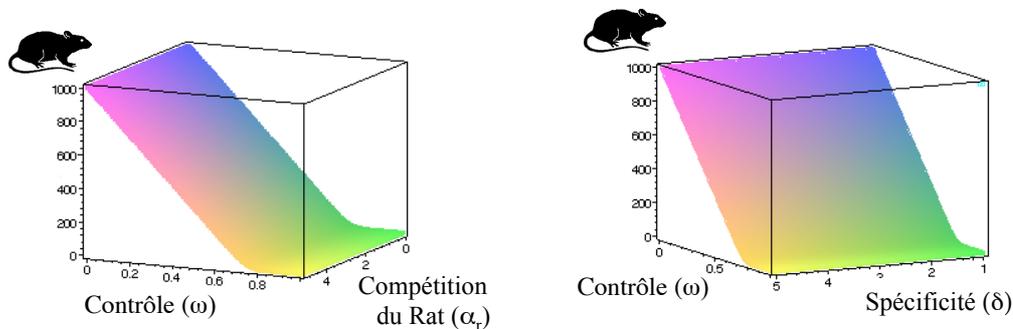


Figure 21 : Effets de différentes stratégies de contrôle des rongeurs introduits : avec un effort de contrôle faible ($\omega=25\%$) ou fort ($\omega=75\%$) et avec une spécificité de piégeage faible ($\delta=1,3$) ou forte ($\delta=2$). Dans tous les cas, le contrôle réduit plus ou moins la population de rats, voire l'élimine, mais la baisse consécutive de cette pression de compétition sur les souris est suffisante pour compenser le contrôle des souris, résultant en une augmentation de la population des souris, parfois de manière spectaculaire.

Ce processus, que nous avons appelé relâche des compétiteurs, survient lorsque les valeurs des paramètres sont telles que l'effet positif du contrôle de la relâche des compétiteurs sur la population de compétiteurs inférieurs est supérieur à l'effet négatif de leur propre contrôle. La Figure 22 montre que le contrôle des rongeurs mène, comme attendu, à une baisse de la population de rats, et ce indépendamment du taux de compétition du rat sur la souris et de la spécificité du contrôle (A). La population de rats disparaît dès les valeurs relativement fortes de contrôle, de l'ordre de 80 %. En revanche, la population du compétiteur inférieur, la souris, suit un schéma plus complexe en fonction de ces deux paramètres ω et δ . Pour des valeurs nulles ou faibles de compétition du rat sur la souris, le contrôle simultané des rongeurs mène bien à une diminution proportionnelle de la population de souris. Cependant, la tendance s'inverse, contre toute attente, pour des valeurs plus fortes du taux de compétition du rat sur la souris, avec pour conséquence une augmentation de la population de souris, qui est d'autant plus forte que le contrôle est intense. Ce résultat contre-intuitif, une augmentation d'une des populations que l'on contrôle - d'autant plus importante que le contrôle est fort, apparaît dès que la spécificité du contrôle est différente de 1, c'est-à-dire, dès que les deux espèces de

compétiteur sont affectés différemment par le contrôle. Un contrôle par empoisonnement seul est par conséquent à déconseiller à Surprise, puisque qu'il est probable que les appâts soient plus attractifs pour le rat, ou bien plus accessibles pour le compétiteur supérieur. L'opération de contrôle devra donc se faire en grande partie par piégeage, méthode qui permet de cibler spécifiquement les espèces à contrôler.

A



B

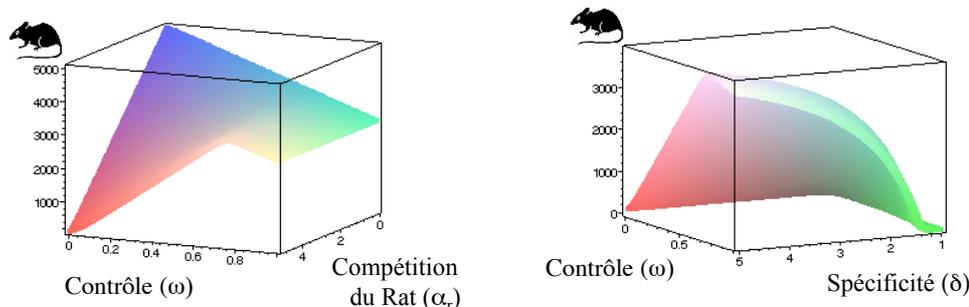


Figure 22 : efficacité du contrôle en présence de deux compétiteurs : taille de la population de compétiteurs supérieurs, le rat (A) et de compétiteurs inférieurs, la souris (B), en fonction d'une part de l'intensité du contrôle et d'autre part soit de l'intensité des taux de compétition soit de la spécificité du piégeage. Alors que la population du compétiteur supérieur est toujours diminuée par le contrôle, celle du compétiteur inférieur peut augmenter, et ce d'autant plus que l'intensité du contrôle est forte. Ce phénomène de relâche des compétiteurs apparaît dès que la méthode de contrôle n'affecte pas les deux compétiteurs de manière identique ($\delta \neq 1$).

L'île Surprise est de forme ovale (700 m sur 350 m environ) et son pourtour, au niveau de la ligne des hautes eaux, est de 1780 m. En suivant la méthodologie d'éradication préconisée par les spécialistes qui prennent part à ce projet (6, 79, 80), ces caractéristiques nécessiteraient, pour tenter l'éradication de la population de rats noirs, la mise en place d'un dispositif de piégeage-appâtage comprenant 400 postes répartis selon un maillage équidistant de 25 m. Le domaine vital d'une souris étant réputé beaucoup plus réduit que celui d'un rat, une tentative d'éradication de sa population, nécessiterait une grille de piégeage comportant un piège et un tube porte-appât tous les 5 m, soit environ 9800 postes à répartir au sein d'une végétation parfois très dense. De plus, la forte présence d'un bernard l'ermite terrestre est un facteur de perte d'efficacité pour le piégeage, ces animaux pouvant déclencher les pièges à rongeurs les mieux protégés. L'impossibilité de mettre en place un tel dispositif nécessiterait de fonder l'éradication de la souris sur une lutte chimique renforcée, dont les modalités restent à définir. La faisabilité de l'éradication de la souris domestique n'est donc pas assurée sur l'île Surprise, et un grand effort sera donc à consentir dans ce cadre pour éviter tout processus de relâche de compétiteur, que nous avons vu possible dans le cadre d'un contrôle par empoisonnement.

Les stratégies d'action concernant le contrôle des populations de rongeurs seront

également définies en fonction de l'origine des fourmis de Surprise. Sur les sept espèces présentes, six sont allochtones. L'analyse du régime alimentaire indique que le rat est prédateur de toutes ces fourmis. Le caractère allochtone de ces espèces est un facteur de risque important si on élimine les rongeurs qui régulent vraisemblablement en partie certaines de leurs populations, comme le suggèrent nos premiers résultats. À l'image du triste exemple de l'île aux Oiseaux, aux Seychelles, dont il est fait mention dans l'introduction, une explosion démographique de fourmis suite à l'éradication de leurs prédateurs pourrait s'avérer catastrophique pour l'ensemble de l'écosystème.

En ce qui concerne la communauté de fourmis, nous avons également développé un protocole spécifique afin de tenter de caractériser plus précisément la densité et la répartition spatiale de chaque espèce, ainsi que les relations possibles de compétition entre espèces. Ces analyses seront complétées avec les études de contenus stomacaux et intestinaux des rats.

En particulier, nous avons dirigé nos efforts dans trois directions. Nous avons d'abord cherché à estimer la densité relative et la répartition des différentes espèces, au moyen de 160 pièges à intersection selon un maillage de 25*50 sur toute la surface de l'île (tous les 25m sur les 10 transects). La localisation de fourmilières par une recherche extensive dans un cercle de 5 mètre de rayon répété plusieurs fois dans les différentes unités de végétation pourra donner une idée du nombre relatif de fourmilières et ainsi rapporter l'unité de mesure à la colonie et non à la fourmi. De plus, nous avons cherché à quantifier une efficacité relative de localisation et d'exploitation des ressources par les différentes espèces. À cet effet, nous avons disposé des pièges appâtés tous les 50 m sur les transects et compté le nombre de fourmis de chaque espèce présents dans les boîtes après 90 mn (8 par transect, matin et soir, n=2, soit 320 boîtes à appât). Nous avons enfin cherché à déterminer un indice relatif de compétition par interférence entre toutes les espèces prises deux à deux. Pour chaque combinaison d'espèce (plus les contrôles), nous avons placé 10 individus (ouvrières) de chaque espèce dans une boîte, observé toutes les interactions (soit 84) pendant 10 mn et compté après 90 mn le nombre de morts de chaque espèce. Ces expériences ont été réalisées en deux conditions différentes : avec et sans ressources dans la boîte. Toutes ces expériences seront dépouillées et analysés au laboratoire sous peu. Nous sommes en contact avec deux équipes spécialistes des interactions dans les communautés de fourmis sur cet aspect. Un modèle mathématique simple sera réalisé pour comprendre le fonctionnement de la communauté de ces espèces de fourmis en présence d'un contrôle de leur prédateur commun.

✓ *Récapitulation et recommandations*

À l'issue de notre programme de recherche pré-éradication, nous souhaiterions être en mesure de faire des recommandations d'action concernant l'attitude à adopter lors de celle-ci à l'égard des autres espèces présentes dans l'écosystème. Nous partons du principe qu'un suivi régulier des populations locales, animales comme végétales est souhaitable à long terme, et en tout cas indispensable dans les quelques années qui suivent l'éradication. Nous pensons que les espèces connues pour être introduites doivent cependant être considérées différemment en fonction de leur potentiel invasif, de leur lien avec le rat et de la faisabilité de leur élimination de l'île. Ces critères placent les espèces végétales introduites en trois catégories différentes :

- (i) les espèces introduites qui ne semblent pas invasives et ne sont pas ou très peu consommées par le rat. Parmi ces espèces se trouvent par exemple *Achyranthes aspera* et *Tribulus cistoides*. Nous ne préconisons pas d'action sur ces espèces, particulièrement lorsqu'elles ne sont pas restreintes dans leur localisation. Nous

recommandons en revanche un suivi de ces espèces les années suivant l'éradication des rongeurs introduits

- (ii) les espèces introduites qui ne sont pas connues pour être particulièrement invasives mais qui sont consommées par les rongeurs. Ces espèces devront être supprimées de l'île lorsque c'est possible, et en tout cas faire l'objet d'un protocole précis de suivi pour les années qui suivent l'éradication des rongeurs. Cette catégorie est illustrée par exemple par *Coco nucifera*, dont les noix sont presque toutes rongées, mais qui semblent tout de même se répandre peu à peu sur l'île. On peut imaginer que le retrait soudain des rats qui empêchent presque toute germination pourrait générer un excès de germination les années qui suivent. Il s'agira donc, lors de la phase de dératisation, de supprimer toutes les germinations et jeunes plants qui sont facilement destructibles (abattre une centaine de cocotier adultes n'est actuellement pas envisageable, pour des raisons de temps, mais également pour l'impact que cela pourrait avoir sur l'avifaune de l'île). À cette seconde catégorie peuvent s'ajouter les espèces introduites qui sont connues pour leur potentiel invasif, mais qui sont difficiles à détruire, et qui de surcroît ne semblent pas affectées par la présence du rat. C'est le cas par exemple de *Colubrina asiatica* qui est connue pour être invasive dans d'autres écosystèmes que son Asie tropicale natale, qui est actuellement trop répandue en petit patchs pour que l'on puisse l'éradiquer facilement, et qui n'est pas consommée par le rat. Un suivi particulièrement rigoureux et vigilant devra être opéré sur ces espèces à risque.
- (iii) les espèces introduites, potentiellement invasives ou non, qui ont une localisation très limitée, ou dont la destruction complète semble facile et rapide. Ces espèces devront être retirées de l'île avant ou pendant l'éradication des rongeurs, surtout si elles sont consommées par celui-ci. Par exemple, *Cassytha filiformis*, est connue pour être redoutablement invasive, est consommée par le rat, et n'est actuellement présente qu'au niveau d'un patch de faible étendue. Ce patch devra être éliminé, et suivi de près les années qui suivent l'élimination des rats.

Les espèces animales introduites peuvent également être classées selon l'impact potentiel que l'on attribue à leurs populations suite à l'élimination de leur prédateur ou compétiteur. Nous pensons que la souris, probablement un compétiteur inférieur, doit être éliminée en même temps que le rat. Les résultats ne sont pas clairs pour les autres espèces : les deux reptiles sont potentiellement introduits, mais leur impact sur l'écosystème et leur lien avec les rats ne sont pas évidents. Les travaux sont également en cours pour la communauté de fourmis, qui nécessite des travaux complémentaires avant de pouvoir se prononcer sur un effet éventuel de l'éradication des rats. Enfin, un certain nombre d'espèces, comme l'épeire, ne sont pas citées ici car la détermination spécifique n'est pas achevée, et le statut allochtone ou autochtone n'est pas encore défini.

Le tableau VII donne la liste des espèces animales et végétales pour lesquelles l'état actuel des connaissances indique une origine allochtone probable, et les actions que nous pensons minimales pour éviter ou limiter une réaction en chaîne lors de la dératisation. Après deux sessions de terrain, nous sommes en mesure de fournir des recommandations pour quelques espèces seulement. Un complément de programme est nécessaire pour les autres espèces avant la phase d'éradication, que nous souhaitons implémenter fin 2004.

Tableau VII : liste provisoire des espèces probablement introduites à Surprise, et recommandations de l'intervention minimale appropriée dans le cadre d'une élimination des rats.

	Famille	Espèce	Action minimale	
Plantes C ₄ /CAM	Gramineae	<i>Cenchrus calyculatus</i>	<i>Surveillance</i>	
		<i>Cynodon dactylon</i>		
		<i>Stenotaphrum micrathum</i>		
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>		
	Portulacaceae	<i>Portulaca sp.</i>		
Plantes C ₃	Zygophyllaceae	<i>Tribulus cistoides</i>		
	Convolvulaceae	<i>Ipomea sp.</i>		
	Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i>	<i>Supprimer + suivi</i>	
	Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i>	<i>Surveillance</i>	
	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>		
	Compositaeae	<i>Bidens pilosa</i>		
		<i>Tridax procubens</i>		
	Palmaceae	<i>Cocos nucifera</i>	<i>Limiter + suivi</i>	
	Rhamnaceae	<i>Colubrina asiatica</i>	<i>Surveillance</i>	
	Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>		
Fourmis	Formicidae	<i>Brachymyrmex obscurior</i>	<i>Surveillance</i>	
		<i>Paratrechina longicornis</i>	<i>Surveillance</i>	
	Myrmicinae	<i>Cardiocondyla emeryi</i>	<i>Surveillance</i>	
		<i>Tetramorium bicarinatum</i>	<i>Surveillance</i>	
		<i>Tetramorium simillimum</i>	<i>Surveillance</i>	
	Dolichoderinae	<i>Tapinoma melanocephalum</i>	<i>Surveillance</i>	
	Reptiles terrestres	Scincidae	<i>Caledoniscincus haplorhinus</i>	<i>Surveillance</i>
		Geckkonidae	<i>Lepidodactylus lugubris</i>	<i>Surveillance</i>
Rongeurs	Muricidae	<i>Rattus rattus</i>	<i>Supprimer + suivi</i>	
		<i>Mus musculus</i>	<i>Supprimer + suivi</i>	

6. Conclusions

Les études de la biodiversité de l'île Surprise ont permis de mettre en évidence à la fois un certain nombre d'espèces introduites et un impact de ces espèces, en particulier le rat noir, *Rattus rattus*, sur certaines populations autochtones. Après deux sessions de terrain et des analyses complémentaires en laboratoire, nous avons pu caractériser l'impact direct du rat noir sur de nombreux maillons clés de l'écosystème dans lequel il a été introduit. En particulier, le rat trouve dans les populations d'oiseaux marins de l'île une ressource énergétique majeure. De ce fait, la prédation par les rats pourrait être une cause de déclin de certaines de ces espèces, voire même de la disparition de la seule espèce d'oiseaux terrestre existant dans le récif. Les rats ont également un impact important sur les plantes et les insectes qu'ils consomment. Il est à noter que les plantes, les insectes (fourmis) et les vertébrés (reptiles) introduits sont moins consommés que les plantes, les insectes et les vertébrés indigènes.

Les résultats les plus importants du programme concernent cependant les effets indirects que les rats peuvent avoir sur les espèces autochtones par le biais de leurs relations avec d'autres espèces allochtones. En particulier, la découverte d'une petite population de souris nous a poussé à reporter l'éradication des rats, afin de déterminer les risques relatifs à une possible relâche des compétiteurs (explosion démographique de la population de souris). Un tel scénario catastrophe est pourtant actuellement prédit par le premier modèle mathématique réalisé. De plus, la présence de sept espèces fourmis, dont six introduites, et qui sont toutes consommées par le rat, est de nature à complexifier le problème. L'élimination soudaine d'un prédateur commun sera en effet probablement génératrice de déséquilibres au sein des relations compétitives de cette communauté. D'autres relations indirectes, notamment avec des plantes introduites, les crabes et les tortues marines, ou bien les parasites des rats, nécessitent un complément d'étude sur ce même principe. Des travaux complémentaires sont donc à effectuer sur les effets probables de l'éradication du rat sur d'autres espèces invasives avec lesquelles il est en relation, aussi bien sur le terrain que par l'étude des modèles mathématiques. Ces informations sont cruciales tant du point de vue appliqué que sur le plan de la recherche des processus fondamentaux mis en œuvre lors des phénomènes invasifs.

D'un point de vue pratique, nous avons donc préconisé le report de la phase d'éradication des rats (initialement prévue fin 2003), afin de permettre une étude des conséquences probables d'une telle action sur la dynamique des autres espèces introduites, et par conséquent sur le reste des communautés concernées. Le compromis à réaliser entre l'urgence d'intervention mis en évidence par ces premiers résultats (disparition du Râle tiklin, forte diminution du Phaéton, et abondance du Puffin nettement en dessous du potentiel de l'île) et le besoin de bien comprendre les réseaux trophiques concernés nous ont décidé à réaliser l'éradication fin 2004, ce qui nous fournirait au moins trois sessions de terrain avant éradication. Ceci nous apporterait non seulement un cortège de données conséquent pour caractériser l'écosystème en présence des rats, mais également tous les éléments nécessaires pour optimiser la mise en place du protocole d'éradication de manière à éviter tout déséquilibre supplémentaire.

D'un point de vue recherche appliquée, l'isolement géographique de ces îles et l'absence actuelle de menaces anthropiques significatives pour la flore et la faune marines et terrestres, en font un sanctuaire pour la conservation des populations d'oiseaux et de tortues. Tous les efforts doivent être faits pour protéger les populations et les communautés présentes sur ces îles, en particulier en contrôlant les espèces introduites qui y ont un impact négatif, tout en évitant un impact supérieur dû à une éventuelle réaction en chaîne déclenchée par le contrôle.

7. Bibliographie

1. P. M. Vitousek, H. A. Mooney, J. Lubchenco, J. M. Melillo, *Science* **277**, 494-499 (JUL 25 1997, 1997).
2. P. J. Moors, I. A. E. Atkinson, in *Status and conservation of the world's seabirds* J. P. Croxall, P. G. H. Evans, R. W. Schreiber, Eds. (ICBP Technical Publication, 1984), vol. 2, pp. 667-690.
3. W. B. King, in *Conservation of island birds* M. P. J., Ed. (ICBP Technical Publication, 1985), vol. 3, pp. 3-15.
4. I. A. E. Atkinson, in *Conservation for the twenty-first century* D. Western, M. C. Pearl, Eds. (Oxford University Press, Oxford, England, 1989) pp. 54-75.
5. D. Pimentel, L. Lach, R. Zuniga, D. Morrison, *Bioscience* **50**, 53-65 (Jan, 2000).
6. J.-L. Chapuis, G. Barnaud, F. Bioret, M. Lebouvier, M. Pascal, *Natures - Sciences - Sociétés* **S**, 51-65 (1995).
7. R. E. Honnegger, *Biological Conservation* **19**, 141-158 (1981).
8. G. Ceballos, J. H. Brown, *Conservation Biology* **9**, 559-568 (1995).
9. D. e. a. Towns, *Pacific Conservation Biology* **3**, 99-124 (1997).
10. C. Lever, *Naturalized animals: the ecology of successfully introduced species* (Poyser Natural History, London, 1994).
11. I. A. E. Atkinson, in *Conservation of island birds* P. J. Moors, Ed. (ICBP Technical Publication, 1985), vol. 3, pp. 35-81.
12. C. R. Dickman, "Overview of the impacts of feral cats on Australian native fauna" (Australian Nature Conservation Agency, Canberra & the Institute of Wildlife Research, University of Sydney, Sydney, 1996).
13. F. Courchamp, M. Langlais, G. Sugihara, *Journal of Animal Ecology* **68**, 282-292 (1999).
14. B. D. Bell, in *The ecology and control of rodents in New Zealand nature reserves* P. R. Dingwall, I. A. E. Atkinson, C. Hay, Eds. (Department of Land and Survey, Wellington, 1978), vol. Information Series 4, pp. 33-46.
15. O. Gargominy, P. Bouchet, M. Pascal, T. Jaffre, J. C. Tourneur, *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie* **51**, 375-402 (1996).
16. C. R. Veitch, B. M. Fitzgerald, J. Innes, E. Murphy, "Proceedings of the National Predator Management Workshop" (Threatened Species Occasional Publication. No 3., 1992).
17. B. J. Karl, H. A. Best, *New Zealand Journal of Zoology* **9**, 287-294 (1982).
18. M. W. Holdgate, N. M. Wace, *Polar Record* **10**, 475-493 (1961).
19. R. N. Mack *et al.*, *Ecological Applications* **10**, 689-710 (2000).
20. C. Feare, *Bird Conservation International* **9**, 95-96 (1999).
21. T. Pye, R. Swain, R. D. Seppelt, *Journal of Zoology* **247**, 429-438 (1999).
22. J.-L. Chapuis, Y. Frenot, M. Lebouvier, *Biological Conservation in press* (2004).
23. F. Courchamp, M. Langlais, G. Sugihara, *Biological Conservation* **89**, 219-225 (1999).
24. F. Courchamp, G. Sugihara, *Ecological Applications* **9**, 112-123 (1999).
25. F. Courchamp, M. Langlais, G. Sugihara, *Journal of Animal Ecology* **69**, 154-164 (2000).
26. M. Guinochet, *Phytosociologie* (Masson, Paris, 1973).
27. D. Mueller-Dombois, H. Ellenberg, *Aims and methods in vegetation ecology* (John Wiley and Sons, New York, 1974).
28. O. Lorvelec, "Rapport provisoire de mission aux îles Surprise, Fabre, Le Leizour et Huon (récifs d'Entrecasteaux, Nouvelle-Calédonie, novembre 2002)." (Programme financé par l'IFB, 2002).
29. C. J. Bibby, N. D. Burgess, D. A. Hill, *Bird census techniques* (Academic Press, London, UK, ed. First Edition, 1992).
30. C. J. Bibby, N. D. Burgess, D. A. Hill, H. M. Simon, *Bird census techniques* (Academic Press, London, UK, ed. Second Edition, 2000).
31. O. Robinet, S. Sirgouant, V. Bretagnolle, *Colonial Waterbirds* **20** (282-290, 1997).
32. B. Pisanu, "Répartition et biologie des rongeurs introduits sur l'île Surprise, récifs d'Entrecasteaux, Nouvelle-Calédonie" (Programme financé par l'IFB, 2002).
33. P. Orsini *et al.*, *Zeitschrift für Säugetierkunde* **48**, 86 - 95 (1983).
34. S. Nelson, *Pest and diseases* (College of Tropical Agriculture and Human Resources., University of Hawaiï at Manoa, 2002).
35. H. McCallum, *Trends in Ecology & Evolution* **11**, 491-493 (1996).
36. D. G. Newman, I. McFadden, *New Zealand Journal of Zoology* **17**, 55-63 (1990).
37. D. G. Newman, *New Zealand Journal of Zoology* **21**, 443-456 (1994).

38. A. P. Miller, P. I. Webb, *New Zealand Journal of Zoology* **28**, 49-55 (Mar, 2001).
39. A. Cree, C. H. Daugherty, J. M. Hay, *Conservation Biology* **9**, 373-383 (Apr, 1995).
40. F. Beugnet, R. Costa, O. Ferre, V. Marchal, *Revue de Médecine Vétérinaire* **144**, 607-613 (1993).
41. J. F. Kelly, *Canadian Journal of Zoology* **78**, 1-27 (2000).
42. B. J. Peterson, B. Fry, *Annual Review of Ecology and Systematics* **18**, 293-320 (1987).
43. P. W. Rundel, J. R. Ehleringer, K. A. Nagy, *Stable isotopes in ecological research* (Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1989).
44. R. H. Hesslein, M. J. Capel, D. E. Fox, K. A. Hallard, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48**, 2258-2265 (Nov, 1991).
45. K. A. Hobson, *Canadian Journal of Zoology* **65**, 897-903 (1986).
46. K. A. Hobson, *Condor* **92**, 897-903 (1991).
47. K. A. Hobson, I. Stirling, *Marine Mammal Science* **13**, 114-132 (1997).
48. K. A. Hobson, H. E. Welch, *Marine Ecology Progress Series* **84**, 9-18 (1992).
49. K. A. Hobson, J. F. Piatt, Pitoccheli, *Journal of Animal Ecology* **63**, 786-798 (1994).
50. M. J. DeNiro, S. Epstein, *Geochimica & Cosmochimica Acta* **45**, 341-351 (1981).
51. P. Harrigan, J. C. Zieman, S. A. Macko, *Bulletin of Marine Science* **44**, 65-77 (1989).
52. T. C. J. Kline *et al.*, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**, 2350-2365 (1993).
53. D. L. Phillips, *Œcologia* **127**, 166-170 (2001).
54. D. L. Phillips, P. L. Koch, *Œcologia* **130**, 114-125 (2002).
55. G. W. Whittledge, C. F. Rabeni, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54**, 2555-2563 (1997).
56. M. M. Szepanski, M. Ben-David, V. Van Ballenberghe, *Œcologia* **120**, 327-335 (1999).
57. T. W. Boutton, in *Carbon isotope techniques* D. C. Coleman, B. Fry, Eds. (Academic Press, San Diego, 1991) pp. 173-186.
58. J. R. Ehleringer, in *Carbon isotope techniques* D. C. Coleman, B. Fry, Eds. (Academic Press, San Diego, 1991) pp. 187-201.
59. G. H. Rau *et al.*, *Ecology* **64**, 1314-1318 (1983).
60. M. Ben-David, T. A. Hanley, D. R. Klein, D. M. Shell, *Canadian Journal of Zoology* **75**, 803-811 (1997).
61. M. Ben-David, R. W. Flynn, D. M. Shell, *Œcologia* **111** (1997).
62. B. Fry, A. Joern, P. L. Parker, *Geochimica & Cosmochimica Acta* **42**, 1299-1302 (1978).
63. G. V. Hilderbrand *et al.*, *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **74**, 2080-2088 (Nov, 1996).
64. M. C. Drever, L. K. Blight, K. A. Hobson, D. F. Bertram, *Canadian Journal of Zoology* **78**, 2010-2018 (2000).
65. L. Z. Gannes, D. M. O'Brien, C. M. delRio, *Ecology* **78**, 1271-1276 (Jun, 1997).
66. J.-L. Chapuis, *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie* **34**, 159-197 (1980).
67. L. L. Baumgartner, A. C. Martin, *Journal of Wildlife Management* **3**, 266-268 (1939).
68. B. H. Hercus, paper presented at the Proc. 8th Intern. Grass. Congr 1960.
69. M. K. Johnson, H. Wofford, H. A. Pearson, *Journal of Wildlife Management* **47**, 877-879 (1983).
70. C. R. Metcalfe, L. Chalk, *Anatomy of the Monocotyledone* (Clarendon University Press, Oxford, UK, 1957).
71. A. Abbas, Université de Rennes (1988).
72. R. D. Barker, *Australian Wildlife Research* **13**, 559-568 (1986).
73. D. R. M. Stewart, *Journal of Applied Ecology* **4**, 83-111 (1967).
74. C. F. Mafiana, M. B. Osho, S. SamWobo, *Journal of Helminthology* **71**, 217-220 (Sep, 1997).
75. J. Bernard, *Annales de Parasitologie humaine et comparée* **36**, 775 - 784 (1961).
76. J. Bernard, *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis* **64**, 265-319 (1987).
77. J. G. Bellocq, S. Morand, C. Feliu, *Ecography* **25**, 173-183 (2002).
78. T. Micol, P. Jouventin, in *Turning the tide: the eradication of invasive species* C. R. Veitch, M. N. Clout, Eds. (IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 2002) pp. 199-205.
79. M. Pascal, paper presented at the Colloque atelier Eurosite, Bonifacio, 25 - 28 Mar 1998 1998.
80. M. Pascal, J.-L. Chapuis, *Revue Ecologique (La Terre et la Vie)* **S7**, 85-104 (2000).

8. Bilan financier

Les dépenses effectuées sur le contrat N°UPS 169 pendant la période du 12-12-2001 au 11-12-2003, selon la convention 041 18 18 00 sont les suivantes :

Dépenses personnel :	3 336,34€
Dépenses de fonctionnement :	7 618,98€
Dépenses de missions :	39 305,35€
Total des dépenses :	50 206,67€

Ces dépenses sont relativement conformes à celles envisagées lors de la constitution du dossier de demande de financement. Elles sont toutefois moins importantes que prévues du fait du report de l'étape de dératisation, ligne budgétaire importante. Ce report a été décidé pour des raisons scientifiques, mais le financement obtenu ayant été inférieur à celui estimé pour réaliser le projet comportant la dératisation, les comptes indiquent que nous avons une estimation correcte des dépenses nécessaires pour ce projet de recherche.



Résumé

L'introduction d'espèces animales et végétales, menace majeure pour de nombreuses espèces dans la plupart des îles, constitue actuellement la seconde cause majeure de perte de biodiversité, la première en milieu insulaire. Les chercheurs en biologie de la conservation et les gestionnaires de la biodiversité s'accordent à penser que la protection de la richesse spécifique de ces îles passe par le contrôle des populations introduites. Or, si les succès sont de plus en plus nombreux et concernent des éradications autrefois jugées infaisables, de nombreuses opérations échouent dans leur objectif de restauration des écosystèmes insulaires. Ces échecs sont généralement du fait de réactions en chaîne aussi catastrophiques qu'inattendues, souvent appelées « effet surprise ». Les cas les plus communs sont les explosions démographiques d'espèces qui étaient naturellement contrôlées par les populations sujettes des programmes d'éradication.

Notre projet concerne la mise en place d'une méthodologie d'analyse rationnelle de la place des espèces introduites au sein des réseaux trophiques insulaires, afin de prévoir, et donc d'éviter, les éventuelles réactions en chaîne pouvant résulter de leur soudaine élimination. Cette méthodologie est basée sur une combinaison de travaux empiriques de terrain et de modélisation mathématique. La partie de terrain comporte un volet d'étude sur le terrain, avec une partie inventaire faunistique et floristique et l'observation des différents réseaux trophiques, une campagne d'éradication d'une population de rats introduits et un suivi postopératoire du rétablissement des populations locales. Le présent rapport relate les progrès réalisés lors des deux premières années de ce programme, qui correspondent à la première de ces trois phases.

Le site d'étude sélectionné pour ce projet est constitué des récifs d'Entrecasteaux, au nord de la Nouvelle-Calédonie, site privilégié de reproduction de la Tortue verte et de plusieurs espèces d'oiseaux marins. Le rat noir, *Rattus rattus* a été introduit une des quatre îles de ce récif, l'île Surprise. Des observations de terrain, et des analyses isotopiques et des analyses de contenus stomacaux et intestinaux en laboratoire à partir d'échantillons prélevés sur le terrain indiquent un fort impact du rat sur plusieurs espèces d'oiseaux marins, d'arthropodes terrestres et de plantes. La dernière espèce d'oiseau terrestre pourrait ainsi déjà avoir été éliminée par le rat. Ces travaux indiquent la nécessité d'éliminer le rat de cet écosystème. Cependant, des observations de terrain et des travaux de modélisation mathématique indiquent que la présence simultanée d'autres espèces introduites pourrait générer des réactions en chaîne, suite à l'éradication des rats. Par exemple, la présence d'une population de souris, probablement limitée par compétition avec le rat, pourrait, une fois la pression de compétition du rat relâchée par le contrôle, mener à une explosion démographique de cette population de souris, avec des conséquences très défavorables pour l'écosystème.

Ainsi, l'île Surprise présente, par exemple, plusieurs espèces végétales connues pour leur très fort potentiel invasif, et sept espèces de fourmis, dont six espèces introduites. Toutes ces espèces étant consommées par le rat, nous avons souhaité repousser la phase d'éradication d'une année pour étudier les répercussions probables de l'élimination soudaine des rats sur ces communautés végétales et animales, avec pour ambition principale d'éviter toute réaction en chaîne. De plus, ce délai supplémentaire nous permettra, dans ce même cadre, de caractériser le potentiel invasif de certaines autres espèces introduites, ainsi que leur relation avec le rat. Ces travaux permettront non seulement une meilleure connaissance des processus fondamentaux impliqués au niveau des relations interspécifiques dans les mécanismes d'invasions biologiques, mais également la restauration, dans les meilleures conditions, d'un écosystème de première valeur du point de vue de la biodiversité mondiale.