



RESTAURATION DES ÎLETS DE PETITE TERRE, GUADELOUPE

RAPPORT DE FAISABILITÉ



Pour: **Sophie Le Loc'h** et **Léa Sebesi**, Réserve Naturelle Nationale de Petite Terre et de Désirade.

De: **Baudouin des Monstiers**, Chef de Projet, Island Conservation. Avec le soutien de **Richard Griffiths** (Chef des opérations Pacifique Sud-Ouest), **Cielo Figuerola** et **Jose Luis Herrera** (Chef de projet Équipe Amérique du Sud) et **Paula Castano** (Vétérinaire spécialiste espèces animales natives).

Island Conservation
630 Water Street, Santa Cruz,
Santa Cruz, CA 95060, USA
Email: baudouin.desmonstiers@islandconservation.org

Sommaire

Afin de protéger la biodiversité unique présente sur les deux îlets de Petite Terre (Terre de Haut et Terre de Bas), la Réserve Naturelle s'intéresse depuis plusieurs années à la restauration du site par éradication de la population de rat noir présente. Seule espèce de mammifère introduite envahissante encore présente sur la réserve, le rat noir menace aujourd'hui la faune et la flore native du site et notamment la plus grosse population de l'iguane des petites Antilles, listée en danger critique d'extinction sur la liste rouge de l'IUCN. Dans cette optique, l'ONG internationale Island Conservation a été missionnée au cours des mois d'octobre et novembre 2023 pour préparer et mener l'étude de faisabilité de l'éradication du rat noir. Cette expertise de terrain, couplée à la mise en place de protocoles avait pour but de comprendre le contexte écosystémique et social de la réserve pour cibler les conditions nécessaires à la réussite d'un tel projet selon les recommandations de meilleures pratiques reconnues aujourd'hui internationalement. En parallèle des travaux de terrain menés sur l'ensemble du site avec le soutien de la réserve, des échanges et consultations avec les parties prenantes majeures ont été entreprises pour cibler les défis d'ordres sociaux, législatifs et structurels faisant face à la réalisation d'un tel projet de conservation. Une recherche bibliographique approfondie a également été réalisée pour apporter aux gestionnaires (l'association Titè et l'ONF) des réponses aux questions qu'ils pourraient se poser légitimement.

Une éradication de la population de rat noir de la réserve naturelle de Petite Terre est considérée comme tout à fait réalisable et relativement facile d'un point de vue technique. Nous discutons ici plusieurs approches ayant menées avec succès à des restaurations insulaires dans le monde. Plusieurs de ces stratégies se présentent comme des options potentielles pour les gestionnaires, avec des avantages et des inconvénients différents en termes d'impacts sur les espèces non-cibles, d'efforts, de coûts et enfin de chances de succès. Il appartient aux gestionnaires et à leurs partenaires institutionnels de sélectionner la stratégie adaptée selon ses objectifs, ses besoins et ses contraintes. Des consultations internes et multilatérales ainsi que des travaux additionnels pour estimer le niveau d'impact, notamment 1/ sur la population d'iguanes des petites Antilles et 2/ des Bernard l'hermites sur le succès d'une opération, demeurent encore recommandées pour permettre de sélectionner la meilleure stratégie. Enfin, bien que le fonctionnement actuel de la réserve présente des avantages sérieux pour lutter contre les risques d'(e) (ré)introduction d'espèces animales envahissantes, des réflexions et des améliorations du système actuel seront essentielles pour développer une biosécurité garantissant le maintien des bénéfices d'un tel projet de restauration sur le long terme. L'ensemble de ces aspects sont traités au sein de ce présent rapport.

Ce projet représente une véritable opportunité pour la Guadeloupe de protéger sa biodiversité native encore présente sur des sites tels que la réserve de Petite Terre, mais également de développer sa capacité à gérer les problèmes liés aux espèces envahissantes.

Table des matières

1	Introduction.....	4
1.1	Remerciements	4
1.2	Le Projet	4
1.3	Objectifs de l'étude	4

1.4	Site d'étude, les îlets de Petite Terre	5
1.5	Espèces cibles.....	7
2	Méthodologie	8
2.1	Logistique et membres d'équipe.....	8
2.2	Inventaire et abondance des rongeurs invasifs présents	8
2.3	Evaluation du statut reproductif des rats et collecte d'échantillons ADN.....	10
2.4	Efficacité de détection des rats de la RNNPT	11
2.5	Estimation des risques liés aux espèces non-cibles	12
2.6	Évaluation de la disponibilité en nourriture alternative pour les rats	13
2.7	Évaluation des risques liés aux infrastructures.....	13
2.8	Cibler les verrous de Biosécurité.....	13
3	Résultats et discussions, Bénéfices d'une opération d'éradication des rongeurs introduits.....	13
3.1	Confirmation des espèces envahissantes cibles présentes	13
3.2	Biométries et statuts reproductifs des rats	19
3.3	Bénéfices attendus d'une dératisation	20
4	Résultats et Discussion, Faisabilité d'une opération de dératisation ?	22
4.2	Historique des éradications	22
4.3	Les méthodes de retrait possibles	23
4.4	La méthode recommandée pour le site de la RNNPT	24
4.5	Les contraintes	27
	L'impact des espèces non-cibles sur le succès de l'opération.....	27
	Le consensus des parties prenantes et la réglementation	29
	Verrous biosécuritaires.....	30
	Les Mangroves.....	31
	Sources de nourriture alternative disponibles pour les rats	32
	Les infrastructures	32
5	Résultats et Discussion, Impacts environnementaux potentiels.....	33
6	Synthèse	46
7	Références	47
	Annexes	54

1 Introduction

Suites aux constats des nombreux inventaires et études réalisés au sein de la Réserve Naturelle Nationale de Petite Terre (RNNPT) par différentes instances de recherche et/ou de gestion, l'importance d'envisager une dératisation a de nombreuses fois été affichée depuis de nombreuses années comme étant l'une des priorités de gestion. C'est la raison pour laquelle les cogestionnaires, à savoir l'ONF Guadeloupe et l'association Titè, ont identifié cette action, et dans un premier temps l'évaluation technique de sa faisabilité, au sein du plan de gestion 2020-2029.

Ce document présente les objectifs et résultats affichés par la mission d'Octobre 2023, commandité par les gestionnaires et menée par l'ONG Island Conservation (IC), pour évaluer la faisabilité du projet de restauration de la RNNPT par éradication du rat noir (*Rattus rattus*).

1.1 Remerciements

Nous tenons à remercier toute l'équipe de la Réserve Naturelle de Petite Terre pour son soutien et sa disponibilité tout au long de la préparation et de la mise en œuvre de l'étude et particulièrement Sophie, Léa, Grégory, Sébastien, Roby et Sandy (OFB). Un grand merci également à Anthony Levesque et Olivier Lorvelec pour avoir, par leurs échanges et leurs travaux, apporté une base solide à la connaissance du site et des enjeux. Enfin, nous remercions les membres de l'OFB, DEAL, ONF et du PNA Tortue et Iguane de Guadeloupe ainsi que Jenny Daltry pour les discussions qui ont nourrit la réflexion autour de ces travaux.

1.2 Le Projet

Dans le but d'enrayer l'érosion de la biodiversité observée au sein des écosystèmes insulaires – dont la principale cause est l'introduction des prédateurs invasifs (Tershy et al., 2005) – la RNNPT a pour ambition d'entamer le processus opérationnel de restauration du site de Petite Terre. Il est proposé le retrait de la population de rat noir de l'ensemble des deux îlets que constituent la réserve naturelle de Petite Terre. Les gestionnaires souhaitent ainsi pouvoir préserver sur le long terme leurs richesses naturelles faunistiques et floristiques natives présentes au sein de cet écosystème. L'espèce ciblée par ce projet de restauration est le rat noir (*Rattus rattus*).

L'objectif final du projet visé est donc : **L'absence de mammifères introduits envahissants sur la RNNPT et le maintien de ce statut sur le long terme.**

Ce projet de restauration devrait mener en conséquence à des effets positifs en cascade sur la biodiversité insulaire des îlets incluant également une amélioration de l'état de santé de l'écosystème récifal. L'entreprise d'un tel projet par les instances de conservations partenaires offrira également la capacité de développer des compétences régionales en termes de gestion des espèces envahissantes et l'opportunité pour la RNNPT de devenir une référence française dans la région et d'enrichir le partage de connaissances avec les conservationnistes étrangers de la zone Caraïbes.

1.3 Objectifs de l'étude

L'atteinte du projet long terme passe par la réalisation d'une étude préliminaire permettant de dresser l'état des lieux initial observé sur les îlets et de proposer une stratégie opérationnelle propre au territoire de la RNNPT pour l'éradication des rats envahissants. Les différents objectifs de cette étude fixés par le gestionnaire au sein de son cahier des charges, étaient **pour le contexte spécifique** de Petite Terre de :

- Identifier les bénéfices attendus d'une dératisation, mais également ...
- Évaluer le caractère réalisable d'un point de vue opérationnel
- Évaluer l'impact environnemental potentiel d'un tel projet et ...
- ... Proposer l(a)es stratégie(s) technique(s) nécessaire(s) et les implications.

Par soucis de clarté, et volonté de répondre à ces demandes, ces 4 objectifs seront utilisés comme ossature de ce présent rapport.

Pour répondre à ces objectifs, l'expertise de terrain s'est subdivisée en différentes approches dont nous présentons ici la liste :

- Confirmer les espèces mammaliennes introduites présentes sur site
- Renseigner l'abondance de la population de rat
- Déterminer le statut reproducteur des populations de rat
- Constituer le début d'une banque d'échantillons ADN de référence
- Évaluer l'impact des invertébrés terrestres sur le succès d'une opération
- Évaluer la gamme de ressources alimentaires disponibles pour les rats
- Évaluer les risques d'empoisonnement primaire voire secondaire sur les espèces animales natives
- Évaluer les bénéfices/risques des différentes stratégies d'éradication
- Consulter les acteurs associés à la réussite de l'opération (prestataires touristiques, usagers, instances environnementales, etc ...)
- Évaluer les risques biosécuritaires du site
- Tester l'efficacité d'outils intégrés pour la détection du rat sur ce site en particulier

1.4 Site d'étude, les îlets de Petite Terre

La RNNPT se situe dans les Petites Antilles, Océan Atlantique, par environ 176°12'-178°07' de longitude ouest et 13°16'-14°20' de latitude sud, 10 km à l'ouest de la Grande Terre. Elle couvre une surface totale de 990 ha, dont 842 ha de zones marines et 148 ha d'espaces terrestres, répartis entre l'îlet de Terre de Haut (31 ha) et l'îlet de Terre de Bas (117 ha) distants de 150 mètres dans la partie la plus étroite du chenal (**Cf. Figure 1**). Ce chenal est fermé à l'Est par un récif corallien de type frangeant, créant un lagon protégé de la houle de l'Atlantique. L'altitude des îlets culmine à 8 m sur Terre de Bas. La partie occidentale et le rivage nord de Terre de Bas sont des côtes basses, bordées de quatre lagunes appelées salines et cumulant 10 hectares. Les rivages Sud et Est de cet îlet, comme la majeure partie de Terre de Haut, sont des côtes rocheuses à petites falaises calcaires karstiques (lapiaz).

Bien que l'archipel guadeloupéen est caractérisé par un climat tropical chaud et souvent très humide (près de 9 000 mm d'eau / an au sommet de la Soufrière), le climat de Petite Terre est plutôt tropical chaud et sec, l'un des plus secs de Guadeloupe, avec une pluviosité annuelle d'environ 1000 mm, et des températures moyennes comprises entre 24,9C° et 29,5C°. Les alizés de secteur Nord-Est soufflent en quasi-permanence. On peut y distinguer 2 saisons :

- La saison des pluies (ou Hivernage) de juin à décembre, caractérisée par les alizés tropicaux humides, l'anticyclone des Açores, des formations pluvio-orageuses avec précipitations intenses et des vents très violents (200 km/h), des températures atteignant les 31 à 32°C.
- La saison sèche (ou Carême) de janvier à mai : caractérisée par les alizés frais (décembre à février) avec des vents est-nord-est et quelques grains puis une diminution rapide de la pluviosité de mars à mai avec les alizés francs : vents rapides et secs est à sud-est et la pluviosité est la plus faible de l'année. Cette pluviosité reste cependant sujette à des variations

importantes suivant les années (carême humide ou carême sec). La température varie entre 28°C et 30°C. (Météo France – station météorologique de Guadeloupe).

Les principaux milieux terrestres rencontrés sont des plages et cordons sableux, des émergences de calcaire de madrépores anciens et récents, des petites falaises calcaires (culminant à 8 m à Terre de Bas), des beachrocks, des formations végétales xérophiiles caractéristiques des zones littorales sèches sur sable et calcaire, mais également des zones plus humides lagunaires associées aux quatre salines. Le détail et l'ensemble des habitats rencontrés aujourd'hui sont représentés sur la très bonne cartographie de Gayot et al. 2023 ci-dessous.

Figure 1 : Cartographie des deux îlets (Terre de Bas, au sud et Terre de Haut au nord) correspondant aux deux îlets de la RNNPT sur lesquels une dératisation du rat noir est ambitionnée. Cette cartographie réalisée par Gayot et al. 2023 présente également l'ensemble des formations végétales rencontrées sur la RNNPT et fut très utile lors de la mission de faisabilité de novembre 2023. A noter que l'échelle entre les deux îlets est conservée.

Formations végétales superposées à la vue aérienne de la réserve naturelle des îlets de Petite-Terre

Gayot M., Penin R., Procopio L. & P. Berry. 2023. Cartographie par drone de la végétation des îlets de Petite-Terre. ONF, Guadeloupe.

Formations végétales

- A1 - Végétation herbacée lithophile sur littoral rocheux
- B1 - Végétation herbacée à Pectis sur littoral sableux
- B2 - Végétation herbacée à Sesuvium/Portulaca avec arbustes de Tournefortia/Suriana sur littoral sableux
- B3 - Végétation herbacée basse à Sesuvium avec arbustes à Capriaria/Lantana
- C1 - Végétation dominante arborée (Cocoteraie) sur littoral sableux
- D1 - Végétation arbustive à Suriana/Tournefortia sur littoral sableux
- D2 - Végétation arbustive à Coccoloba sur littoral sableux
- D3 - Végétation arbustive à Coccoloba/Lantana/Emodea sur littoral sableux
- D4 - Végétation arbustive à Coccoloba/Conocarpus sur littoral sableux
- D5 - Végétation arbustive à Coccoloba avec arbres disséminés (Tabebuia/Hippomane) sur littoral sableux
- E1 - Végétation herbacée à Bothriochloa bladhii
- F1 - Végétation arbustive à Lantana
- F2 - Végétation arbustive à Lantana avec Hippomane anémomorphes
- F3 - Végétation arbustive à Lantana avec arbres disséminés (Tabebuia)
- F4 - Végétation arbustive (Rauvoiffia semperflorens) basse et herbacée avec arbres disséminés (Quadrella spp.)
- F5 - Végétation arbustive (Rauvoiffia semperflorens) et herbacée avec arbres disséminés (Rauvoiffia viridis/Quadrella spp.)
- F6 - Végétation arbustive à Volkameria/Croton avec arbres disséminés (Quadrella spp) et agaves

- G1 - Végétation arbustive à Volkameria/Lantana
- G2 - Végétation arbustive à Volkameria/Lantana avec arbres disséminés (Tabebuia/Hippomane)
- G3 - Végétation arbustive à Volkameria/Lantana avec arbres disséminés (Tabebuia/Hippomane/Gualacum)
- G4 - Végétation arbustive à Volkameria/Lantana et arborée (Pithecellobium/Vachella)
- G5 - Végétation arbustive à Volkameria/Lantana et arborée (Pithecellobium/Tabebuia)
- H1 - Végétation à dominante arborée à Hippomane/Tabebuia et fourrés à Volkameria/Croton
- H2 - Végétation à dominante arborée à Hippomane/Tabebuia (avec Coccoloba) et fourrés à Lantana
- H3 - Végétation à dominante arborée à Hippomane/Tabebuia (avec Gualacum) et fourrés à Volkameria/Lantana
- I1 - Végétation arborée à Hippomane/Tabebuia (avec Pithecellobium) et fourrés à Volkameria/Lantana
- I2 - Végétation arborée à Hippomane/Tabebuia (avec Gualacum et Bursera) et fourrés à Volkameria/Lantana
- I3 - Végétation arborée à Hippomane/Tabebuia (avec Pithecellobium) et fourrés à Lantana
- J1 - Végétation arborée forestière à Hippomane/Tabebuia
- J2 - Végétation arborée forestière à Hippomane/Tabebuia (avec Coccoloba) et fourrés à Volkameria/Lantana
- K1 - Mangrove à Conocarpus/Laguncularia et Rhizophora
- L1 - Lagunes
- M1 - Zones construites ou piétonnières du phare
- O1 - Absence de végétation



Petite Terre est rattachée administrativement à la commune de La Désirade et possède depuis 1998 le statut particulier de Réserve Naturelle Nationale. À ce titre, l'ensemble de la réserve (990 ha) se réfère aujourd'hui (2023) à son 3^{ème} plan de gestion défini pour une durée de 10 ans (2020-2029) avec une réévaluation possible du programme d'actions à 5 ans. Se référer à ce plan de gestion 2020-2029 pour plus de détails sur les statuts et rattachements actuels de la RNNPT. Cependant parmi ceux-ci, il est important de rappeler que la réserve est depuis 2008 identifiée comme l'une des 9 Zones Importantes

pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) en Guadeloupe, mais également aire spécialement protégée d'importance caribéenne au titre de la Convention internationale de Carthagène (2012) et membre du sanctuaire AGOA créé en 2012 et dédiée à la protection et conservation des mammifères marins sur l'ensemble de la ZEE des Antilles françaises. En effet, l'importance de la réserve en termes de biodiversité n'est plus à démontrer. Avec entre 30% et 50% de l'effectif mondial, la RNNPT possède, entre autres, l'une des populations les plus importantes d'Iguanes des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*), espèce classée CR sur la liste rouge de l'IUCN et l'un des reptiles les plus menacés au monde faisant l'objet d'un Plan National d'Action (Breuil 2002, Barré et al. 1997). Mais également, une sous-espèce de scinque qui serait endémique de Petite Terre et récemment décrite, le scinque éponyme *Mabuya parviterrae* (toujours débattu au sein de la littérature scientifique) dont les 50 individus qui seraient estimés sur une surface réduite de 500m² feraient de cette espèce l'une des plus menacées (CR) (Schedwill 2014, Hedges et al. 2016 et 2019). Enfin, il s'agit d'un lieu important de ponte de plusieurs espèces de tortues marines (Verte : *Chelonia mydas* (EN), Imbriquée : *Eretmochelys imbricata* (CR) et Luth : *Dermochelys coriacea* (VU)).

Les îlets de Petite-Terre représentent un des sites les plus importants de Guadeloupe pour l'avifaune avec plus de 160 espèces recensées en 2016 sur les 278 recensées sur l'ensemble de l'archipel guadeloupéen (Levesque 2016, Levesque et Delcroix 2016). Parmi ces 160 espèces, 23 sont nicheuses sur la RNNPT et plusieurs d'entre elles ont une grande valeur patrimoniale avec des aires de distributions restreintes. Il s'agit aussi d'un haut lieu de passage des oiseaux marins migrateurs et trois espèces d'oiseaux marins nicheurs (Levesque 2008, 2016).

D'un point de vue floristique, le site de Petite Terre compte un peuplement de Gaïacs (*Gaiacum officinale*), un arbre d'importance patrimoniale, menacé et protégé aux Petites-Antilles. Mais d'un point de vue général de nombreux arbres natifs y sont aujourd'hui menacés tant l'absence de régénération y est omniprésent.

Pour terminer, la réserve possède également une importance socio-économique car elle représente un haut lieu touristique de l'archipel guadeloupéen avec une fréquentation annuelle estimée autour de 75 000 visiteurs (chiffre de 2022) visiteurs dont 66% de la fréquentation qui se déroule pendant la haute saison touristique (de décembre à avril). Hormis cette fréquentation humaine, qui ne séjourne pas à terre durant la nuit, et les gardes de la RNNPT qui vivent dans l'unique cabane habitée, aucun autre type d'occupation humaine n'est présent sur le site.

1.5 Espèces cibles

Les témoignages font état d'une présence du rat noir et de la souris domestique (*Mus musculus domesticus*) sur Petite Terre au moins dès le début du XX^{ème} siècle et possiblement bien avant (Lorvelec et al. 2004). Les îlets auraient connu des probables campagnes de tentatives d'éradication en utilisant des produits biocides entre les années 1995 et 1999. Qui expliqueraient un effet de goulot d'étranglement récent pouvant expliquer la structuration génétique observé dans les années 2007-2018 (Lorvelec et al. 2018, et Abdelkrim et al. 2005). La présence de souris domestique a été suspectée dans la cocoteraie de Terre-de-Bas en 1999 (Lorvelec et al., 2000). Cependant aucune observation de ce micromammifère n'a été constatée depuis, ni par les nombreux piégeages réalisés depuis le début des années 2000 ni par les gardes de la réserve depuis leur mise en service en 2001. Il semble donc probable que le Rat noir soit actuellement la seule espèce de mammifère introduit sur le site.

Il y aurait eu des chèvres, des moutons et même des vaches historiquement mais plus rien aujourd'hui (dernière trace en 1999). En 1972, les derniers habitants, le gardien de phare et sa femme, quittèrent les

îlets, le phare étant alors automatisé. A partir de cette date, il reste quelques chèvres abandonnées sur l'île, mais qui ont été rapidement éliminées par les chasseurs et les pêcheurs (Lorvelec et al. 2004).

Un chat haret aurait été présent de 1995 au moins jusqu'à 2001. Un boa constricteur avait été également introduit et retiré de Terre de Bas (Lorvelec et al. 2004)

Il n'y a pas de présence d'espèces d'iguanes exotiques ce qui en fait un site particulier aux Antilles. A ce titre, afin de protéger l'iguane des Petites Antilles la RNNPT est habilitée à intervenir dans le cadre d'opérations de capture et de destruction d'iguanes communs (*Iguana iguana*) qui seraient observés sur la réserve.

2 Méthodologie

2.1 Logistique et membres d'équipe

La mission de terrain s'est déroulée entre le 29 octobre 2023 et le 15 novembre 2023. La phase de préparation s'est déroulée durant le mois d'Octobre. Elle s'est principalement focalisée autour de l'achat du matériel et la lecture bibliographique. Sur place la logistique a été rendue possible grâce au soutien de la réserve naturelle, des gardes et de leur embarcation principale, le bateau Mis' Titè.

Au cours de la mission en Guadeloupe, les personnes suivantes se sont relayées pour apporter un soutien aux activités de terrain et/ou de préparation :

- Léa Sebesi, Chargée de mission scientifique et technique, Association Titè.
- Sophie Le Loc'h, Conservatrice des Réserves Naturelles de Désirade et de Petite Terre, ONF.
- Grégory, Sébastien, et Roby, gardes techniciens de la réserve naturelle.
- Sandy, Chargée de mission espèces introduites, OFB Guadeloupe.
- Baudouin des Monstiers – Chef de projet, à réalisé la mission de faisabilité pour le compte d'Island Conservation.

La localisation des îlets au large de la Grande-Terre, les mauvaises conditions météorologiques (vent, forte houle, tempêtes...) peuvent empêcher l'accès à la réserve et compliquent également l'acheminement de matériel sur le site ainsi que la réalisation des missions quotidiennes de gestion et de suivis scientifiques. Notons qu'au cours de la mission les conditions météorologiques ont été bonnes permettant de réaliser l'ensemble des activités sans interruption particulière.

2.2 Inventaire et abondance des rongeurs invasifs présents

Grâce au très bon état des connaissances acquises au cours des années par la RNNPT ou les chercheurs et naturalistes associés, la présence du rat noir est documentée et étudiée depuis plusieurs années. Aussi, un effort relativement faible de prospection a été mené pour identifier les espèces de rongeurs introduits présents sur le site de la RNNPT. Cependant, la présence de souris domestique a été suspectée dans la cocoteraie de Terre-de-Bas en 1999 (Lorvelec et al., 2000). Bien qu'aucune observation de ce micromammifère n'ait été constatée depuis par les naturalistes ayant parcouru le site ou par les nombreux piégeages réalisés depuis le début des années 2000, il a été demandé de réaliser une prospection supplémentaire pour essayer de confirmer ou infirmer l'absence de souris sur Petite Terre.

Dans le but de documenter la répartition et l'abondance en rat sur différents habitats de la RNNPT, 20 pièges à rat de type ratière pliante ©BTTMécanique ont été déployés au sein de chaque habitat ciblé. Suivant un linéaire, les pièges ont été installés à une distance de 20m les uns des autres et appâtés avec un mélange de son d'avoine et de beurre de cacahuète placés dans un bouchon. Dès que l'environnement le permettait, les pièges étaient placés à plus de 50cm du sol pour diminuer au maximum l'impact des bernard l'hermites sur les déclenchements non désirés des pièges. Les pièges ont été activés chaque fin d'après-midi, puis contrôlés et désactivés chaque matin, offrant une fenêtre de piégeage couvrant une nuit entière. Au total 6 sites, habitats différents ont été ciblés et prospectés ainsi (voir la **figure 2** pour le détail et localisation des habitats ciblés). Pour chaque site les pièges ont été déployés sur une durée de 3 nuits consécutives. A chaque relevé de piège le statu de celui-ci était attentivement noté (capture, déclenché ou non-déclenché, avec ou sans appât) et tout individu de rat capturé était euthanasié par dislocation des vertèbres cervicales. Ceci a permis de calculer sur chaque habitat ciblé un indice d'abondance IA relatif en rat. Cet indice d'abondance est une mesure du nombre d'individus capturés ajusté au nombre de pièges déployés et corrigé par le nombre de pièges rendu inopérants. Cette technique a été initialement développée par la section écologie du département de recherche scientifique et industrielle de Nouvelle Zélande (Cunningham et al., Nelson and Clark 1973, King 1990 et Moors 1985) qui propose une méthode simplifiée pour identifier et estimer l'abondance de manière standardisée d'une population de rongeur au sein d'un même type d'habitat permettant de comparer les populations de différents habitats ou entre des saisons différentes. Ainsi il estime le nombre de rats capturés pour 100 nuits de captures corrigées en tenant compte du nombre de pièges retrouvés déclenchés sans possibilité de capturer au cours de la session. Le détail du calcul effectué est le suivant :

$$IA = 100 \times C / (E - \frac{1}{2} (D))$$

Avec **IA** l'indice d'Abondance – **C** le nombre de capture – **E** l'effort de capture exprimé en piège.nuit– et **D** le nombre de pièges retrouvés déclenchés (c'est-à-dire C + le nombre de pièges déclenchés sans capture). Le pourcentage ainsi obtenu permet de classer des abondances en rats dites **faible** pour un indice inférieur à 10 - **modérée** entre 11 et 25 - **forte** entre 26 et 50 et **très forte** au-dessus de 50 (King 1990 et Moors 1985).

Par la suite et suivant le même principe, **dans le but de lever le doute sur la potentielle présence en souris au sein de la RNNPT**, 21 pièges à souris de type INRA ©BTTMécanique ont été répartis au sein de deux sites propices en termes d'habitat pour abriter des souris éventuelles : le site de la cocoteraie (11 pièges) ainsi que celui de la pointe Est de végétation rase (10 pièges). Le site de la cocoteraie étant celui de l'observation suspectée de souris par O. Lorvelec. Suivant un linéaire, les pièges ont été installés à une distance de 40m les uns des autres et appâtés avec un mélange de son d'avoine et de beurre de cacahuète placés dans un bouchon. Les pièges étaient placés alternativement au sol et à plus de 50cm du sol. Les pièges étaient activés en permanence et contrôlés chaque soir et matin, offrant deux fenêtres de piégeage sur chaque période de 24h, à savoir la nuit et le jour. Pour chaque site les pièges ont été déployés sur une durée de 14 périodes de 12 heures consécutives (7 jours avec un piégeage diurne et nocturne). Le choix ayant été fait de minimiser les sites de prospections mais d'augmenter l'effort de piégeage. Enfin, notons que le piégeage souris a été réalisé à la suite du piégeage rat sur ces deux sites, ceci permettant de diminuer sérieusement l'effectif en rat et donc la compétition en amont de la prospection souris. Si la souris était présente sur la RNNPT, elle subirait en effet une exclusion compétitive de la part du rat noir. En complément de cette session de piégeage, une attention a été portée lors des moments de prospections pour rechercher des éventuels indices de présence de souris.

Figure 2 : Cartographie des six sites sélectionnés pour déployer des lignes d'abondances de 20 pièges à rat par site (sites 1 à 6) ou 10 pièges à souris par site (sites 1 et 2) durant la campagne de terrain de novembre 2023. 1 : Terre de Bas, Pointe Est ; 2 : Terre de Bas, Cocoteraie ; 3 : Terre de Bas, Sentier central ; 4 : Terre de Bas, Saline et Lagune ; 5 : Terre de Haut, Est ; 6 : Terre de Haut, Ouest. Voir le tableau de la **figure 4** pour les résultats d'Indices d'Abondances observés.



2.3 Evaluation du statut reproductif des rats et collecte d'échantillons ADN

Outre le fait de renseigner sur l'abondance en rat noir, les sessions de piégeages permettent grâce à la capture 1/ de déterminer le statut reproducteur des individus à la période de la mission (septembre-octobre) et 2/ de constituer une banque d'ADN de référence des rats présents sur les îlets. En effet, une dératisation peut échouer soit parce que la stratégie n'a pas permis de tuer l'ensemble des individus (échec de l'opération), soit parce qu'une ré-invasion post-éradication a eu lieu (échec de la biosécurité). La comparaison d'échantillons ADN collectés avant et après une opération d'éradication qui a échoué permet de comprendre la cause de cet échec et d'en tirer les conclusions. Aussi, la quasi-totalité des rats capturés ont été identifiés, sexés, et pesés. Le statut reproductif des femelles a été renseigné par vérification de la présence ou non de cicatrices embryonnaires attestant d'une activité reproductrice présente ou récente. La présence d'embryons a également été recherchée et la taille approximative de ceux-ci notée. Une inspection des tétines permettait également de savoir si la femelle avait une portée. Un morceau de queue a également été prélevé puis placé dans l'alcool en prévision d'une future extraction ADN pour 18 individus de Terre de Haut et 18 individus de Terre de Bas.

2.4 Efficacité de détection des rats de la RNNPT

En complément de cette évaluation par mise en place de lignes d'abondance, le déploiement de 3 outils combinés différents a été effectué dans le but d'identifier lequel de ces trois outils était le plus adapté au site de la RNNPT pour détecter la présence de rat de manière la plus efficace. En effet, dans le cadre de la planification d'une dératisation cette information est importante pour connaître quels outils de détections à faible densité privilégier durant la phase post-éradication pour 1/ confirmer la succès ou l'échec de l'opération et 2/ utiliser comme outil de surveillance. Les trois outils de détections déployés, en plus des pièges létaux mécaniques, ont été :

- Les tunnels à empreintes black Trakka © (Cf. **Figure 3**) – entre 9 et 15 unités ont été déployées en continu soit en parallèle des lignes d'abondance en rat, soit de manière ponctuelle. Fixés au sol et appâtés avec un mélange de beurre de cacahuète et de son d'avoine, les tunnels à empreintes sont constitués d'une carte blanche au centre de laquelle se trouve une surface imbibée d'encre noire et l'appât. En accédant à l'appât l'animal détecté (rongeurs, reptiles, crabes, etc ...) va laisser ses empreintes sur la partie blanche. Il suffit ensuite de 'lire' la carte pour identifier les espèces en question. Chaque tunnel était déployé sur une période minimale de 2 nuits et contrôlé tous les jours. La présence ou l'absence d'empreintes de rat a été notée (la taille de celles-ci permettant également de déterminer l'espèce en question) et le pourcentage de tunnel contenant des empreintes calculé pour estimer l'efficacité de détection du rat par les tunnels à empreintes sur la RNNPT.
- Les pièges photographiques. Cinq caméras photographiques Reconyx © et trois Bushnell © ont été installées soit en parallèle des lignes d'abondance en rat, soit de manière ponctuelle. Ils étaient appâtés avec une demi-noix de coco renversée et laissés sur une période minimale de 3 jours. L'appât était contrôlé quotidiennement et recentré si nécessaire. Le nombre de clichés contenant un ou plusieurs rats peut être utilisé comme proxy de l'activité.
- Les étiquettes de cire ('wax tag' en Anglais) ont également été déployées en parallèle des lignes d'abondance. Il s'agit de blocs de cire de bougie mélangés à du beurre de cacahuète ou du chocolat. Celui-ci est fixé à plus de 50cm du sol sur une branche et contrôlé tous les matins après avoir été déposé la veille au soir. La détection du rat se fait par l'analyse des traces de dents sur le bloc de cire. Ceci nécessite d'avoir l'habitude de distinguer les traces de dents de rat (Cf. **Figure 6**) de celles laissées par les crabes terrestres.

L'utilisation combinée de ces trois outils a aussi été une manière additionnelle de prospecter sur la présence éventuelle de souris.

Figure 3 : Photographie d'un tunnel à empreinte de type black Trakka © utilisé au cours de la mission de novembre 2023. Noter que sur cette photographie des empreintes de rats sont visible sur la partie blanche de la carte.



2.5 Estimation des risques liés aux espèces non-cibles

Lors des prospections sur les îlets, une attention particulière a été portée sur la recherche d'espèces non-cibles (espèces autres que les espèces de vertébrés introduits visées par le projet d'éradication) qui pourraient potentiellement être impactées directement (consommation directe du raticide) ou indirectement (consommation d'un rat ayant ingéré le raticide). Il s'agissait principalement d'un suivi exhaustif de l'ensemble des espèces observées ou entendues. Le détail de ces informations ensuite couplé aux retours d'expériences de projets similaires précédemment menés dans le monde et pour lesquels les mêmes espèces étaient présentes, nous permet de pouvoir anticiper les impacts potentiels sur les espèces de la RNNPT.

L'iguane des Petites Antilles, du fait de son statut de protection, était *a priori* l'espèce sur laquelle se focaliser car pouvant être impactée par exposition primaire, bien que les reptiles soient habituellement peu sensibles au raticide. Initialement une étude approfondie d'impact potentiel du raticide sur les iguanes des Petites Antilles était souhaitée, cependant le court laps de temps disponible pour préparer la mission n'a pas permis de préparer ce type de suivi (demandes d'autorisations et délai de livraison de matériel nécessaire). Mais des suivis de substitutions ont pu être menés : Sur des surfaces de 3x3 mètres, des granulés de raticide inertes (sans toxicité) ont été placés tous les 30cm et signalés avec une petite étiquette de bois. Une caméra de détection Reconyx © était placée de telle sorte à englober la zone complète. Celle-ci était paramétrée pour détecter le mouvement d'un animal mais également avec un time laps de 1 ou 5 minute(s) pour s'assurer de ne manquer aucun passage. Chaque détection d'iguane dans cette surface de neuf mètre carré a ensuite été enregistrée par analyse des photographies et associée à l'un des trois comportements suivants : 'passage' lorsque l'iguane passe simplement sans intérêt pour le granulé – 'curiosité' lorsque l'iguane montre un contact volontaire avec le granulé et enfin – 'consommation' lorsque l'iguane consomme le granulé. Les granulés étaient contrôlés le plus régulièrement possible et remis au bon nombre à chaque fois lorsque certains manquaient. Ce protocole a été répété sur 3 sites différents : 2 sites avec une forte présence humaine, la cocoteraie touristique et la maison des gardes pour cibler les iguanes ayant habituellement accès à des sources de nourritures non naturelles et 1 site isolé avec des individus plus méfiants et sauvages, la savane sèche. Ce suivi a également été réalisé avec des granulés préalablement imbibés d'eau pour mimer la palatabilité des granulés aux iguanes après un épisode pluvieux. De plus, un protocole similaire d'étude comportementale a été réalisé en présentant des cadavres de rats aux iguanes pour évaluer le risque d'impact indirect au raticide. Deux rats morts ont été attachés devant une caméra déployée durant 3 jours. Ceci a été répété à 3 sites différents : 2 sites naturels et 1 site à forte présence humaine (cocoteraie). Les mêmes catégories comportementales ont été analysées pour évaluer les résultats.

Pour toutes les autres espèces, un inventaire complet a été dressé, incluant les comportements et régimes alimentaires pour estimer le niveau de risque existant pour chaque espèce selon 1/ l'exposition possible au produit utilisé et 2/ sa sensibilité à la toxine.

Il est primordial de pouvoir dresser cette liste d'espèces risquant d'être impactées par une opération dans le cadre de l'étude d'impact environnementale mais également d'évaluer les risques que représentent les espèces non-cibles sur le succès de l'opération elle-même. C'est par exemple le cas des crustacés terrestres tels que les crabes ou les Bernard-l'hermites. Ils nécessitent une attention particulière dans l'optique d'un projet d'éradication. D'une part, bien qu'ils ne soient pas affectés par la toxicité du raticide, leur consommation par des espèces non-cibles peut représenter un risque. Ils doivent donc être intégrés au sein de l'évaluation des risques sur les espèces non-cibles. D'autre part, en

fonction de leur abondance ils peuvent représenter un risque d'échec de l'opération d'éradication (Townsend and Broome 2003). En effet, ils peuvent consommer une quantité non négligeable d'appâts éparpillés et ainsi créer des zones dans lesquelles le raticide n'est plus disponible pour les rats. L'évaluation de ce risque doit être prise en compte dans la stratégie opérationnelle du projet. Pour estimer l'abondance en crustacés nous avons répétés plusieurs transects au sein d'habitats favorables à la présence des crustacés. De nombreux transects de 20m de long et distant de 50m minimum ont été suivis. Suivant le protocole proposé par Griffiths et al. 2011 le nombre de chaque espèce de crabes ou de Bernard-l'hermites rencontrés en marchant lentement (environ 1 à 2 minutes par transect) le long du transect sur une bande de 2 m de chaque côté a été renseigné. Tant que possible ces suivis étaient effectués de nuit (entre 17:00 et 22:00) en évitant les périodes pluvieuses. Il a été montré que cette méthode permet de renseigner de manière fiable un indice d'abondance lorsque le temps disponible sur le terrain est limité.

2.6 Évaluation de la disponibilité en nourriture alternative pour les rats

Une attention a été portée sur l'abondance relative ainsi que la disponibilité en fruits ou graines que les rats peuvent consommer sur chaque îlot. En particulier les espèces dominantes d'arbres, de buissons ou de lianes ont été relevées ainsi que leurs stades phénologiques (en graine, fleur ou fruit). L'évaluation de la disponibilité alimentaire pour les rats sera basée sur cette expertise générale.

2.7 Évaluation des risques liés aux infrastructures

Une attention a été portée sur la présence de bâtiments de toute sorte. Ceux-ci pourraient représenter des zones de refuge voire contenir l'entièreté d'un domaine vital d'un individu de rat et ainsi nécessiter un traitement particulier si jamais la stratégie sélectionnée ne garantit pas le bon traitement de ces zones. Localisations, inspections, dimensionnements, photographies, ont été enregistrées bien que ce travail ait été simplifié étant donné le peu de bâtiments présent sur la réserve.

2.8 Cibler les verrous de Biosécurité

Tout au long de la mission, une attention particulière a été portée sur la manière dont les usagers de la RNNPT accèdent/visitent le site. Nos observations mais surtout les échanges à ce sujet nous permettent d'appréhender les points clés propre à la RNNPT qu'il faut prendre en compte pour proposer une stratégie de biosécurité adaptée à activer une fois l'éradication des rats réalisée mais à mettre en anticipation de celle-ci. Une évaluation générale des risques de ré-invasion a été menée, basée 1/ sur les pratiques qu'ont les usagers du site 2/ sur les moyens nautiques présents et 3/ sur l'origine des usagers. Les obstacles associés à la mise en place d'une biosécurité future ont été enregistrés.

3 Résultats et discussions, Bénéfices d'une opération d'éradication des rongeurs introduits

3.1 Confirmation des espèces envahissantes cibles présentes

Des sessions de piégeages de 3 nuits successives en lignes d'abondance rat ont été menées sur 6 sites différents des deux îlots de la RNNPT, ce qui représente un effort conséquent de piégeage de 360 pièges.nuits comparé à la surface du site. Au total nous avons capturé 130 rats. Des rats ont été capturés sur la totalité des lignes d'abondances dans tous les types d'habitats ciblés.

[Pour chaque type d'habitat ciblé, le détail des captures, des efforts et des indices d'abondances associés sont présentés dans le tableau en figure 4 ci-dessous]

[Voir la partie Méthodologie pour visualiser la localisation des 6 sites de captures ciblés]

[Pour obtenir le détail de chaque capture et disposition de piège, se référer aux données brutes]

Figure 4: Tableau détaillant les efforts de capture et l'indice d'abondance relatif en rat rencontré au sein des 6 habitats étudiés au sein de la RNNPT lors de la mission de novembre 2023. Selon King (1990) et Moors (1985) on peut considérer que l'abondance en rat est **faible** pour un indice inférieur à 10 - **modérée** entre 11 et 25 - **forte** entre 26 et 50 et **très forte** au-dessus de 50. (Au niveau insulaire, cet indice varie en moyenne autour de 25%).

	Captures par piégeage		
	Effort de capture (piège.nuit)	Nb de captures	Indice d'abondance
Terre de Bas - Cocoteraie	60	27	71.1
Terre de Bas – Pointe Est	60	29	85.3
Terre de Bas – sentier central	60	12	34.8
Terre de Bas – Saline et Lagune	60	28	82.3
Terre de Haut - Ouest	60	16	44.4
Terre de Haut - Est	60	18	49.3
Terre de Bas - Cocoteraie	154	0	0.0
Terre de Bas – Pointe Est	140	0	0.0
TOTAL RAT Terre de Bas	240	96	68.3
TOTAL RAT Terre de Haut	120	34	46.9
TOTAL SOURIS	294 (nuit et jour)	0	0.0

Globalement l'abondance relative de la population de rat noir sur la RNNPT en période de fin de saison des pluies (octobre-novembre) peut être considérée comme forte voire très forte sur l'ensemble de la RNNPT. Tout en restant forte, il semblerait que la population de Terre de Haut présente une abondance un peu inférieure (46.9%) à celle de Terre de Bas (68.3%). **Cependant,** il a été noté lors de la dernière nuit de piégeage sur Terre de Haut, que l'activation des pièges n'aurait pas été optimale ou rigoureuse laissant penser que le nombre de pièges considérés comme inopérants aurait pu être inférieur à celui observé le matin du contrôle. Ceci aurait pu simplement augmenter le nombre de pièges inopérants sans modifier le nombre de captures (l'indice d'abondance aurait donc été plus faible) ou alors permettre une ou plusieurs captures supplémentaires, ce qui semble probable (ce qui aurait augmenté l'indice). Quoi qu'il en soit, l'indice n'aurait vraisemblablement pas été inférieur à 40% en revanche il aurait potentiellement pu passer à plus de 50% en cas de captures supplémentaires. La conclusion générale sur la population de rat de la RNNPT reste donc la même mais il faut prendre plus de précautions sur l'affirmation d'une différence significative de l'abondance de la population entre Terre de Haut et Terre de Bas. Il est assez difficile de donner des comparaisons fiables entre des données de lignes d'abondances et celles, plus précises, de densité récoltée par protocole de CMR par exemple. En effet ces deux protocoles sont assez rarement réalisés tous les deux en même temps sur un même site et ces données ne sont pas toujours publiées. Cependant, notre expérience sur des projets passés permet d'avancer sans trop de risque que les IA observés sur la RNNPT pourraient facilement

correspondre à des densités d'au moins 25 individus à l'hectare, probablement plus. A titre d'exemple sur l'atoll de Tetiaroa en Polynésie Française un IA de 35%, comparable avec ce qui a été observé dans les habitats centraux de Terre de Bas, correspondait à une densité de 6 (3-12) individus de rats noirs à l'hectare. Il faut cependant nuancer la comparaison du fait que l'atoll était multi-envahit par du rat noir et du rat du Pacifique. L'effet de la compétition pourrait en effet influencer l'IA observé sur l'atoll.

Il est utile de rappeler que cette mission s'est effectuée en période humide et plus précisément en fin de période cyclonique cette année 2023. Idéalement nous ne conseillons pas de réaliser d'étude de faisabilité à cette saison puisqu'elle ne correspondra probablement pas à la période à laquelle une opération de dératisation sera menée (période sèche recommandée). La période humide correspondant à la période de plus forte abondance en ressource alimentaire, elle est souvent corrélée avec la plus grosse activité/démographie de rat. Aussi il est très probable que l'abondance en rat observé lors de la mission corresponde à une maximale annuelle, ou du moins aux parties hautes des courbes démographiques. Il est également attendu qu'un pattern analogue soit répété de manière annuelle puisque les saisons sont fortement marquées dans cette zone géographique. Cependant, des variations interannuelles s'observent fréquemment et ne sont pas à exclure. Toutefois, **ces résultats de forte densité en rat noir confirment que cette période de l'année présenterait une forte abondance en rat et que la période sèche serait une période de démographie plus faible, préférable pour mener une opération de dératisation d'un point de vue de la biologie de la population de rat.**

Comme ce qui était anticipé, nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas véritablement une grosse différence en termes de structuration spatiale de la population de rat noir de la RNNPT. En effet, étant donné la surface relativement restreinte de la réserve, nous n'observons pas véritablement de différences significatives d'abondance bien que le site présente une diversité d'habitats importante. Il est tout à fait raisonnable de parler **d'une seule population de rat noir d'abondance forte au sein de la réserve** plutôt et de garder cette caractéristique à l'esprit pour l'élaboration d'une stratégie d'éradication. Il serait fort à parier qu'une analyse de la structuration génétique de la population n'aboutirait pas à une conclusion différente.

Il est intéressant de signaler les tendances de diminution ou de stagnation des nombres de captures effectuées sur les 3 jours successifs sur les différents sites. Une tendance à la diminution nette a été observée sur les sites de la cocoteraie et de la Pointe Est (12-10-5 et 14-9-6 captures/jour respectivement) alors qu'un nombre constant de capture était enregistré sur le site de la saline (9-10-9 captures/jour). Selon nous, ces chiffres pourraient indiquer notamment :

1/ Une possible **variation comportementale des rats dont le domaine vital est situé en zone "anthropisées"** (à savoir la cocoteraie et possiblement de la Pointe Est, également) qui, étant habitués à la présence des touristes et des restes alimentaires ponctuels en fin de journée, auraient une tendance moins craintive et une activité plus intense de prospection pour la nourriture (et une compétition plus forte pour celle-ci) expliquant le grand nombre de captures dès la première nuit. A titre de comparaison, le site de la saline est également un site de littoral mais les rats n'ont pas montré une activité plus forte lors de la première nuit, comparée aux nuits suivantes.

2/ Une possible **abondance en rat encore plus élevée au niveau des lagunes et salines**. L'indice d'abondance actuel pourrait sous-estimer la tendance réelle, et il aurait été intéressant de pouvoir poursuivre l'effort de capture une ou deux journées supplémentaires pour voir si ces tendances de captures se seraient poursuivies.

Il est difficile de comparer cette tendance avec les captures de Terre de Haut étant donné le doute quant à la qualité du piégeage lors de la troisième et dernière nuit de capture.

Les résultats enregistrés confirment ce qui est très régulièrement observé, à savoir une tendance à une plus forte abondance du rat noir en milieu littoral (cocoteraie, pointe Est, Saline) comparée aux habitats de végétations centrales (Sentier central). Certes il y a eu une tendance à un impact supérieur des Bernard l'hermites en zone centrales (93% des pièges inopérants sans capture de rat semblent avoir été dû à l'impact des Bernard l'hermites. N=27) mais ceci ne semble qu'avoir modifié légèrement le nombre de pièges inopérants en zone centrale (15%) par rapport aux trois autres sites 9%, 13% et 13% pour la cocoteraie, la Pointe Est et les Salines respectivement, d'autant plus que cet indice d'abondance prend en compte ce nombre de pièges inopérants. A ce sujet, il est important de noter pour les gestionnaires que ce pourcentage de nombre de pièges dont l'efficacité est impactée par des facteurs externes sur le site de la RNNPT (comme l'est l'impact du Bernard l'hermite) est tout à fait dans les normes de ce qui est fréquemment rencontré dans les autres îles tropicales. Comme nous l'avons vu **il est tout à fait possible de diminuer l'impact des Bernard l'hermites sur l'efficacité de piégeage** en surélevant autant que possible les cages. Aussi, les recommandations suivantes sont proposées aux gestionnaires pour améliorer leur taux de capture lors des sessions de piégeages autour du muret central :

- Passer davantage de temps lors de l'installation des pièges (surélever d'au moins 50 cm sur une végétation stable, rigidifier le système de déclenchement si la présence de Bernard l'hermites est inévitable) – Pourquoi pas laisser les pièges sur site entre les sessions pour diminuer le temps d'installation et au contraire investir ce temps dans une installation initiale de qualité, voire même construction de plateformes surélevées.
- Ne pas diminuer l'effort de piégeage mais agrandir la zone piégée autour du muret : Augmenter l'espace entre les pièges (15 ou 20 mètres étant suffisant) mais les répartir sur une zone d'au moins 20 à 30 mètres des deux côtés du muret plutôt que de se limiter au muret lui-même.
- Effectuer un nombre minimal de 3 nuits de piégeage par session (plus étant évidemment encore mieux).
- Augmenter la fréquence des sessions.
- Une activation en fin de journée, un peu avant la tombée de la nuit, et un contrôle le lendemain semblent suffisants. Le tout étant de privilégier la période de première partie de la nuit et début de soirée pour une fenêtre de capture efficace. Il ne semble pas nécessaire de devoir faire deux activations en après-midi puis en début de nuit.
- N.B. ces recommandations font suite à l'observation du site mais avant tout, répondent à l'estimation des abondances fortes en rat noir sur le site de la RNNPT, étant donné que l'objectif visé est d'être en mesure de limiter la population de rats noirs localement.

Au cours de l'ensemble de la mission de novembre 2023, des échantillons ADN des rats ont été conservés sur 18 individus capturés sur Terre de Bas et 18 individus capturés sur Terre de Haut, en essayant tant que possible d'avoir des échantillons d'habitats et de sexes différents. Ce nombre d'individus est proche de ce qui est couramment recommandé (i.e. 20 échantillons) pour pouvoir réaliser des analyses post-éradication comparatives correctes. Ils seront stockés pour constituer une banque ADN de référence en attendant.

Recommandation : Si jamais il est décidé de se lancer dans une dératisation, il restera au gestionnaire 1/de compléter éventuellement cet échantillonnage (5-10 échantillons supplémentaire), 2/de réaliser

un échantillonnage ADN similaire sur les sites de Grande Terre et de la Désirade (20 échantillons par site idéalement), à proximité des ports et enfin 3/ d'envoyer les échantillons ADN pour séquençage et analyse.

Concernant les outils de détections alternatifs testés pour détecter la présence de rat sur la RNNPT, les résultats des tests effectués avec les étiquettes de cire, les tunnels à empreintes et les caméras sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Figure 5: Tableau détaillant les détections de rat effectuées par différents outils de détections : le piège photographique, les étiquettes de cire ou les tunnels à empreintes sur la RNNPT lors de la mission de novembre 2023. Y sont présentés, les efforts de déploiement ainsi que les résultats de détections. TDB : Terre de Bas et TDH : Terre de Haut.

Sites	Présence de Rat détectée par :					
	Caméra		Étiquette de Cire		Tunnels à empreintes	
	Détection	Effort (caméra.nuits)	Détection	Effort (étiquette.nuits)	Détection	Effort (tunnel.nuits)
TDB - Cocoteraie	X (709)	3		8	X (1)	10
TDB – Pointe Est	X (1695)	3	X (1)	6	X (2)	10
TDB – sentier central	X (240)	3		7		8
TDB – Saline et Lagune	X (22)	4		0		0
TDH - Ouest	X (92)	2		3		5
TDH - Est	X (44)	2		8	X (1)	8

Seulement une caméra a été déployée sur chacun des sites durant deux ou trois nuits à cet effet. Notons que la caméra de la Saline et Lagune a été formatée en mode Time Laps et non en déclenchement automatique. Toutes ces caméras sans exceptions ont permis de détecter du rat dès la première nuit, avec une détection la plus rapide réalisée 30 minutes seulement après l'installation du piège. Le nombre moyen de déclenchement minimal par nuit ayant été de 22 déclenchements sur le site Est de Terre de Haut et le nombre moyen de déclenchement maximal ayant été de plus de 550 déclenchements par nuit sur la Pointe Est de Terre de Bas (estimation grossière faites sur l'ensemble des clichés récoltés sur chaque site). De plus il faut souligner que toutes les autres caméras, sans exception, utilisées lors de la mission pour d'autres protocoles ont également détecté du rat.

Seule une étiquette de cire constituée avec du chocolat a permis de détecter des incisives de rats après avoir été contrôlée à la tombée de la nuit probablement au moment où le rat devait être en train de consommer le bloc (**Figure 6**). Pour toutes les autres étiquettes, soit elles n'ont pas été retrouvées, soit elles étaient trop impactées par les marques laissées par les Bernard l'hermites soit elles ont été retrouvées vierges.

Figure 6 : photographie de l'unique étiquette de cire ayant détectée avec succès la présence d'un rat.



Malgré un effort de plus de 41 tunnel.nuits, les tunnels à empreintes n'ont été en mesure de détecter du rat qu'à 4 reprises, ce qui est bien faible pour un outils de détection tel que celui-là. Pourtant les passages répétés des Bernard l'hermites sur les cartes blanches n'ont pas suffi à rendre celles-ci illisibles.

En conclusion, avec le moins d'effort de détection, le piège photographique appâté avec de la noix de coco est, sans aucun doute, l'outil de détection le plus approprié à la RNNPT pour détecter du rat (en confirmation d'une opération de dératisation + en outils de biosécurité). Les pièges cages à rat, s'ils sont déployés en nombre comparable à cette mission (i.e. supérieur à 250 piège.nuits) peuvent être de bons outils de détection de confirmation post-opération. Les tunnels à empreintes ne sont pas adaptés pour ce site, tout comme les étiquettes de cire de type wax tag ou chew card habituellement testées sur le terrain. Cependant, étant donné le très faible coût représenté par les étiquettes de cire, celle-ci pourraient être utilisées en outils de détection post-opération si et seulement si elles sont déployées en très grand nombre (plusieurs centaines) et contrôlées très régulièrement.

Enfin, concernant l'effort investi pour la détection de la souris, deux séries de piégeages de 7 nuits et 7 jours successifs ont été menées sur deux sites différents de Terre de Bas, où une potentielle observation avait été faite par le passé. Ainsi c'est un effort de piégeage de 294 pièges.nuit et jour qui a été réalisé, au cours duquel aucune souris n'a été capturée. A ceci s'ajoutent les dispositifs de détections tels que les caméra (33 caméra.nuits minimum), les étiquettes de cire (128 étiquette.nuits minimum) et les tunnels à empreintes (41 tunnel.nuits) déployés pour d'autres protocoles (Cf. paragraphes suivants),

mais qui auraient également permis de détecter une présence de souris lors des analyses de photo, de traces de dents ou d'empreintes. Cependant aucune détection de ce type n'a été suspectée. Aussi, **nous pouvons actuellement penser avec une probabilité élevée que la RNNPT est exempte de la présence de souris.**

3.2 Biométries et statuts reproductifs des rats

Sur les 130 rats capturés au sein de la RNNPT la totalité a bien été identifiée comme appartenant à l'espèce *Rattus rattus*. Le poids moyen des individus adultes rencontrés était de 159 g (N=96) - 157g (N=56) pour les femelles et 162 g (N=40) pour les mâles. L'état général des individus était relativement bon avec très peu de traces de compétition intraspécifique ou interspécifique avec les Bernard l'hermites par exemple (peu de queues ou d'oreilles abimées). Une tendance à des individus peut être en moins bonne condition peut être notée pour les rats capturés en zone de la saline. Sur l'ensemble des captures, 77 (soit 59%) ont été identifiées comme femelles et 53 comme mâles. Que ce soit sur Terre de Haut ou Terre de Bas, nous avons observé une tendance à un biais des sexes en faveur des femelles puisque ce résultat de 59% de femelles s'observe aussi bien sur Terre de Haut que sur Terre de Bas (voir **Figure 7**). Notons qu'**aucun très jeune juvénile n'a été capturé**, le poids minimum rencontré ayant été de 40g. Sur l'ensemble des femelles capturées, une biométrie complète a été réalisée sur 67 individus. 56 d'entre elles (83%) ont été considérées comme adultes matures et **toutes (100%) reproductives** après examen et recherche de cicatrices ovariennes révélant une reproduction passée ou présente. Ceci pourrait expliquer une très forte activité de reproduction récente, en période cyclonique, comme ce qui est très fréquemment observé. Cependant, **seulement une de ces 56 femelles reproductives (2%) était gestante** avec quatre embryons bien développés (proche parturition). Notons également qu'aucune des femelles capturées ne semblait être allaitante au moment de la mission. 19 femelles (34%) adultes présentaient des traces d'un allaitement relativement récent (2-3 semaines). Tous ceci indique donc **unereproduction quasi-nulle à l'époque de la mission (novembre) alors que la fin d'un pic de reproduction a dû avoir eu lieu en début du mois d'octobre**. Il semblerait que ceci corresponde avec la fin de la période cyclonique pluvieuse ayant eu lieu cette année. La fin de l'année (novembre, décembre) serait donc une période de faible activité reproductive au sein de la RNNPT. Toutefois il est important de noter qu'une variation interannuelle à des chances de se produire et que ce résultat puisse être plus ou moins décalé dans le temps selon les conditions de pluviométrie et donc de ressources alimentaires. Rappelons que l'année 2023 était une année El niño. Il est fréquent en milieu tropical que la période humide représente la période de plus forte activité reproductive, c'est la raison pour laquelle le caractère net sans reproduction observé en novembre est quelque peu surprenant bien que la période des pluies tirait en effet à sa fin.

Sur les bases de nos connaissances, **les mois de mars à mai (représentant la période la plus sèche) devraient être la période de l'année idéale pour cibler le retrait du rat de la RNNPT. La démographie et la reproduction devraient y être la plus faible. Cependant, ce résultat observé en novembre indiquerait que la fin de période humide (novembre ou décembre selon les années) pourraient être une période de l'année adaptée d'un point de vue de la reproduction du rat, cependant la population y serait abondante suite à une forte activité de reproduction en période de pluie (aout-septembre) faisant de cette période une période opérationnelle à éviter.**

Recommandation : Étant donné ce résultat surprenant, il serait utile de connaître le statut reproductif des femelles en période sèche pour confirmer qu'il s'agisse également d'une période de faible activité reproductive et de plus faible abondance.

[Voir les données brutes pour le détail des biométries des individus capturés]

Figure 7: Distribution des classes d'âges entre les sexes des rats *Rattus rattus* capturés sur la RNNPT en novembre 2023.

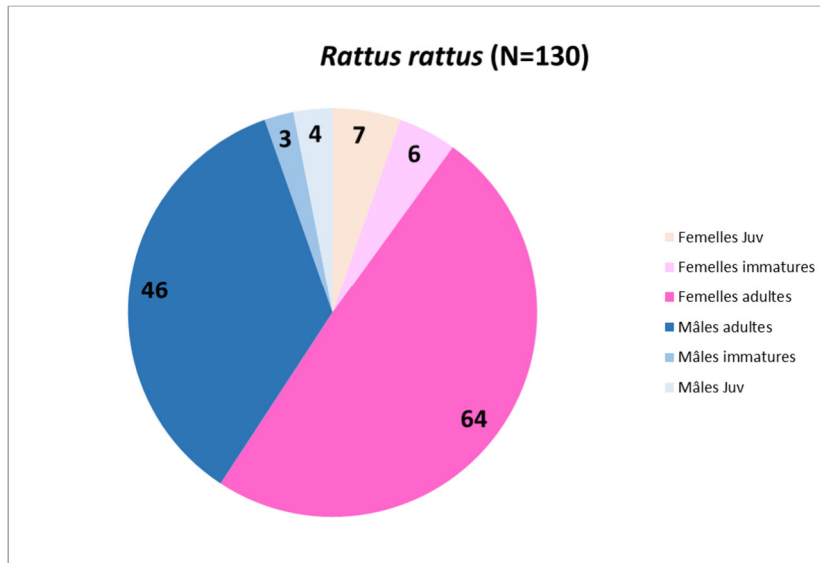
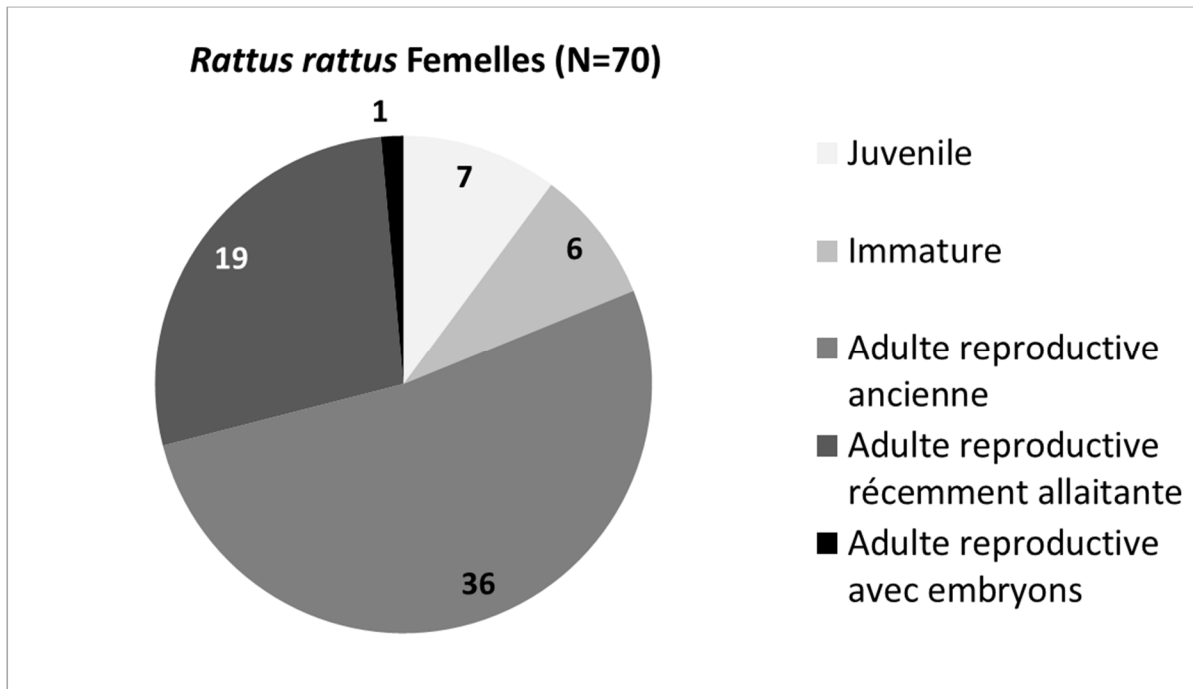


Figure 8: Détails des statuts reproductifs des rattees *Rattus rattus* capturées sur la RNNPT en novembre 2023.



3.3 Bénéfices attendus d'une dératisation

L'impact des prédateurs mammifères introduits est la première cause de disparition des espèces en milieu insulaire (Blackburn et al. 2004; Duncan and Blackburn 2007). Les rongeurs commensaux ont été introduits dans plus de 80% des îles dans le monde et ont eu des effets significatifs sur les écosystèmes insulaires (Townsend et al. 2006). On y estime que 40% à 60% des extinctions d'oiseaux et de reptiles pourraient être directement imputées aux rongeurs introduits (Atkinson 1985, Jones et al. 2016,

Doherty et al. 2016). C'est la raison pour laquelle l'éradication du rat est aujourd'hui la cible des gestionnaires d'espaces naturels (Howald et al. 2007). Des comparaisons entre des îles vierges de rats et des îles envahies de rats ont montré que les rats étaient à l'origine de la diminution des tailles de populations et du recrutement chez des espèces d'oiseaux (Campbell 1991; Jouventin et al. 2003; Thibault 1995), de reptiles (Cree et al. 1995; Towns 1991; Whitaker 1973), de plantes (Pye et al. 1999), et d'invertébrés terrestres (Bremner et al. 1984; Campbell et al. 1984). A titre d'exemple, sur l'île de Lord Howe, en Australie, les rats ont causé l'extinction de cinq espèces d'oiseaux endémiques (Hindwood 1940), deux espèces de plantes, et au moins treize espèces d'invertébrés (Ponder 1997, Lhib 2009).

Il est toujours difficile d'estimer avec certitude les effets que pourrait avoir une éradication du rat. Chaque projet à sa particularité et chaque site peut répondre différemment selon son identité écosystémique. Nous observons régulièrement des surprises positives qui n'étaient pas forcément les plus évidentes à *priori*. Assurément une éradication du rat de la RNNPT aurait son lot de bonnes surprises. A première vue, il est fort probable que le bénéfice principal que l'on s'attend à observer en termes de conservation sur la RNNPT, suite à une éradication réussie du rat, se fasse au niveau des populations d'oiseaux. Il s'agit de l'impact aujourd'hui le plus largement documenté (Jones et al. 2008). En prédatant les œufs, les poussins et les adultes, les rongeurs ont un impact significatif sur les oiseaux et particulièrement les oiseaux marins nichant en terriers (Atkinson 1985; Jones et al. 2008; Towns et al. 2006). Ce sont généralement des changements au niveau de la productivité qui sont le plus fréquemment rapportés après des dératisations comme le montre le travail de synthèse mené par Lavers et al. (2010). Ils ont montré que la productivité avait en moyenne augmentée de 25.3 % au sein de 112 études portant sur 87 espèces d'oiseaux. Cette augmentation de l'abondance est aussi notée chez les oiseaux terrestres. En Nouvelle Zélande l'abondance de quatre espèces natives terrestres a augmentée entre 10 et 178 % au cours des 3 années qui ont suivi l'opération (Graham and Veitch 2002), et des espèces endémiques ont même recolonisé l'île après en avoir été extirpées par la présence des rats (Barker et al. 2005; Ortiz-Catedral et al. 2009). Nous pensons en effet qu'un effet important pourrait s'observer sur les espèces d'oiseaux terrestres, actuellement diversifiés sur la RNNPT mais pas toujours nécessairement abondantes. Les oiseaux marins pourraient répondre également de manière significative comme l'a montré entre autres l'exemple encourageant de l'éradication du rat noir de cinq îles de l'ouest du Mexique qui a résulté à la protection de 46 populations d'oiseaux marins (Aguirre-Muñoz et al. 2008), avec des bénéfices directs sur la reproduction: augmentations des nids occupés, des tentatives de reproductions, des succès de pontes avec, bien entendu, une diminution de la prédation sur les œufs (Amaral et al. 2010; Jouventin et al. 2003; Smith et al. 2006; Whitworth et al. 2005). Aussi, par exemple, un effet positif sur les colonies de petites sternes serait attendu.

Sur Petite Terre, ceci inclurait, également très certainement, une augmentation des abondances et des succès reproducteurs des reptiles terrestres. Nous pouvons par exemple penser au scinque de Petite Terre. En Nouvelle-Calédonie, une étude sur les contenus stomacaux a montré que 16% des estomacs de rats présentaient des restes alimentaires d'au moins 12 des 23 espèces de scinques présentes (Thibault et al. 2016). Le dragon endémique de l'île de Redonda (*Pholidoscelis atratus*), listé CR, a vu son effectif multiplié par 13 après l'éradication du rat en 2017 (Daltry et al. 2018). De manière identique, la couresse d'Antigua (*Alsophis antiguae*), et deux espèces de lézard d'Anguilla ont connu des augmentations de facteurs 4 ou 5 (Daltry et al. 2012, 2018, Donihue et al. 2020).

Mais des résultats bénéfiques peuvent être espérés au niveau d'autres taxons tels que les plantes et également les invertébrés terrestres. Il est connu qu'en consommant les juvéniles de crabes et par leur compétition pour les ressources alimentaires les rats peuvent impacter les effectifs de populations de crabes, parfois même de grosses tailles en milieu tropical (Pascal et al. 2004; Pitman et al. 2015). Aussi, il y a également des chances qu'un tel projet puisse augmenter la taille des populations de crabes terrestres aujourd'hui relativement réduite au sein de la RNNPT. Cela s'est récemment observé à Wallis et Futuna et sur l'atoll de Tetiaroa en Polynésie Françaises où des projets d'éradication du rat noir et Polynésien *Rattus exulans* ont été menées en 2021 et 2022 (des Monstiers comm. Pers).

Toujours plus difficile à anticiper, il est aussi possible que des bénéfices sur le plus long terme soient observés sur les communautés végétales. Une augmentation du recrutement des plantules des espèces les plus consommées par les rats est envisageable. Ce fut par exemple le cas pour cinq des six espèces d'arbres natifs de l'atoll de Palmyra après l'éradication du rat (Wolf et al. 2018). Un effet positif d'une éradication sur la régénération du Gaïac pourrait être une surprise encourageante. Tout comme les nombreux autres arbres natifs de Petite Terre dont nous n'observons aujourd'hui que très peu de régénération. Les rongeurs introduits en consommant de manière importante certaines plantes peuvent altérer les communautés végétales des écosystèmes insulaires (Campbell and Atkinson 2002); et dans certains cas dégrader la qualité des sites de reproduction de certains oiseaux qui dépendent d'une végétation spécifique (Wegmann 2009, Young et al. 2010).

Enfin, les études récentes indiquent qu'il y a de plus en plus de preuves que les rats altèrent les processus écosystémiques en interrompant les flux de nutriments et donc en influençant négativement la productivité végétale et animale insulaire (Fukami et al. 2006). Une grosse partie des nutriments transportés du compartiment marin vers le compartiment terrestre se fait via le guano des oiseaux marins. Par leurs déjections les oiseaux libèrent à terre et dans le lagon les nutriments qu'ils ont pêchés en mer. Ce transfère serait favorisé dans les îles vierges de rat où la communauté aviaire seraient donc plus importante. La quantité de guano plus importante qu'ils transportent enrichiraient d'avantage le lagon et activerait la productivité primaire des plantes de la partie terrestre qui se retrouvera également au niveau du récif. Dans la continuation de cet effet en cascade, les poissons récifaux croitraient plus rapidement et la biomasse des communautés de poissons y serait supérieure (Graham et al. 2018). En effet, une île sans rat Bien que nous pensions qu'une éradication du rat de la RNNPT aurait d'abord un effet bénéfique sur les communautés d'oiseaux terrestres, les effectifs d'oiseaux marins seront également redynamisés. Si cet effet venait à être d'une ampleur significative, nous pourrions ainsi attendre des effets positifs en cascade sur la partie marine de la réserve.

4 Résultats et Discussion, Faisabilité d'une opération de dératisation ?

Une éradication du rat a de fortes chances de réussir si les grands principes d'éradication de rongeur des peuvent être respectés à savoir : être en mesure de délivrer un appât contenant un rodenticide dans chaque territoire potentiel de rats, minimiser les risques de l'opération et du rodenticide pour les espèces indigènes et les habitants de l'île, et veiller à ce que des procédures de biosécurité soient en place pour prévenir, détecter et réagir à toute incursion accidentelle de rats.

4.1 Historique des éradications

La restauration par éradication des rongeurs introduits est devenue un outil courant des gestionnaires pour protéger les espèces en voies d'extinctions et les écosystèmes. Leur nombre a augmenté significativement cette dernière décennie. Il y a eu plus de 994 tentatives d'éradication de rongeurs

(ciblant 10 espèces différentes) sur plus de 785 îles dans le monde, avec un taux de succès d'environ 94% pour les espèces du genre *Rattus* (DIISE 2018). Aujourd'hui, la taille des îles traitées ne semble plus être un facteur limitant les succès. Les succès sont désormais probants au sein d'îles de petites tailles comme sur les grandes îles comme celle de la Géorgie du Sud avec plus de 100,000 ha.

Quel que soit l'espèce cible, toutes les éradications se basent sur trois principes fondamentaux (Cromarty et al. 2002):

- Tous les individus de l'espèce ciblée doivent pouvoir être atteints par la technique de retrait proposée.
- La(es) technique(s) doi(ven)t être en mesure de retirer les individus avec une fréquence plus rapide que celui du taux de remplacement (taux de reproduction par exemple).
- L'immigration doit être nulle ou gérée de manière qu'elle le soit (c'est-à-dire être en mesure d'identifier et de répondre efficacement aux nouvelles incursions).

Pour les éradications de rongeurs, et selon les mesures de meilleures pratiques internationales garantissant la meilleure probabilité de succès (Broome et al. 2014 en milieux tempérés et Keitt et al. 2015 en milieux tropicaux), ces principes ont été interprétés comme suit (voir Howald et al. 2007) :

- Il faut être en mesure de pouvoir délivrer un appât de forte palatabilité contenant un raticide efficace au sein du domaine vital de chaque individu.
- S'assurer que l'appât soit disponible assez longtemps pour que chaque rongeur puisse avoir accès à une dose létale.
- Cibler la fenêtre opérationnelle correspondante à la période à laquelle les rongeurs sont les plus susceptibles de consommer l'appât (i.e. la période de moindre disponibilité en source de nourriture alternative).
- Minimiser autant que possible les risques à court-termes sur les espèces non-cibles, les personnes et l'environnement, et l'utilisation du raticide autant que possible (i.e. trouver le compromis entre disponibilité suffisante et moindre impact – les bénéfices de l'opération doivent pouvoir surpasser les coûts environnementaux).
- Le mécanisme de biosécurité doit pouvoir garantir la durabilité du projet, avec une prévention efficace, une détection et une réponse efficiente à chaque incursion.

Dans le cas de la RNNPT, l'ensemble de ces points peuvent être validés et une éradication du rat avec un fort taux de succès peut être garanti selon les conditions développées ci-dessous.

4.2 Les méthodes de retrait possibles :

Le piégeage seul comme méthode d'élimination d'une population de rat a seulement été réalisé avec succès sur uniquement un petit nombre d'îles, de très petites tailles (<25 ha), plates et présentant un terrain facile (Russell and Holmes 2015). Pour que cette méthode résulte d'un succès il faut que le personnel puisse avoir un accès à l'ensemble de l'île pour couvrir la totalité de la surface végétalisée d'une grille de piégeage. De plus l'aversion de certains individus de rat pour le piège mécanique (néophobie ou "bait shyness") est un risque important d'échec. Ainsi, il n'y a pas jusqu'à aujourd'hui d'exemple d'éradication de rongeur par piégeage sur des îles de la taille de celles de la RNNPT (148 ha), l'efficacité d'une telle opération sur une île de cette surface-là n'est donc pas prouvée et très improbable. La végétation dense observée sur Petite Terre et les couvertures arborées de ce site, dans lesquelles se trouvent fort probablement des domaines vitaux de rat, rendent peu probable le succès

d'une mise en œuvre d'une telle opération uniquement mécanique. **Pour toutes ces raisons, nous ne recommandons absolument pas cette méthode dans le cadre de la RNNPT.**

La deuxième méthode de retrait couramment utilisée de nos jours est celle faisant appel à l'utilisation de toxines de synthèse. L'utilisation de toxines a été la méthode utilisée dans la grande majorité (99.5%) des campagnes d'éradication à travers le monde, avec des taux de réussites allant de 73 à 94% selon l'espèce ciblée (Howald et al. 2007; DIISE 2018). La différence entre les différents types de raticides réside dans le mode et la vitesse d'action de la toxine, la persistance de la toxine dans l'environnement et les effets potentiels sur les espèces non-cibles qui consommeraient le raticide. Les risques principaux dans le choix de la toxine utilisée sur l'efficacité de l'éradication d'une espèce donnée peuvent être de 4 ordres : une faible toxicité du produit, une résistance au produit, une aversion par le rat au produit ("bait shyness"), ou une faible acceptation du produit. Lors de la sélection de la formulation à utiliser pour une opération, il est toujours important de juger ce compromis entre l'efficacité (i.e. le succès de l'éradication) et le risque sur les espèces non-cibles, y compris l'humain (Anderson et al. 2011).

4.3 La méthode recommandée pour le site de la RNNPT

L'utilisation d'un raticide contenant un anticoagulant, est donc aujourd'hui, une méthode connue capable d'éradiquer avec succès une population de rat sur une île de la taille de la RNNPT. Le choix de la formulation du raticide à utiliser est important pour atteindre le succès, mais il doit également être évalué sur ses caractéristiques liées aux impacts négatifs potentiels sur les espèces non-cibles à risque présentes sur la réserve.

Dans une perspective d'éradication de rats, le raticide utilisé doit pouvoir :

- Contenir une toxine active connue pour être fortement létale pour les rongeurs.
- Être fortement palatable et démontrer une absence d'aversion de la part des rongeurs ciblés.
- Être délivré au sein de chaque domaine vital potentiel de rat sur l'ensemble de la surface de l'île.
- Être consommé suffisamment pour que chaque individu reçoive une dose létale.
- Être légalement enregistré et approuvé dans le règlement européen relatif à la mise à disposition sur le marché et à l'utilisation des produits biocides. L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) répertorie les produits pour lesquels une AMM (autorisation de mise sur le marché) a été déposée. N.B. des dérogations sont possibles pour certains produits mais il faut garder à l'esprit qu'une telle dérogation peut être coûteuse et nécessite du temps. <https://www.anses.fr/fr/content/registre-des-amm-de-produits-biocides>

80 à 85% des éradications ayant résulté d'un succès ont utilisé un anticoagulant de seconde génération comme choix de toxine (e.g., brodifacoum, bromadiolone ; DIISE 2018, Castaño et al. 2022b). Avec ces anticoagulants, une seule exposition ou événement de consommation peut être suffisante pour que les rongeurs, qui y sont sensibles, aient atteints une dose létale. Les autres produits également utilisés plus rarement ont été les anticoagulants de première génération (e.g. diphacinone, pindone) notamment pour leur persistance plus faible dans l'environnement, mais d'une efficacité moindre, puisque que plusieurs consommations par les rongeurs sont nécessaires pour obtenir une dose létale. Ceci implique que le raticide soit disponible plus longtemps (3 à 12 jours) pour s'assurer que les individus aient eu suffisamment longtemps accès au raticide pour recevoir une dose mortelle. Ce type d'anticoagulant est donc parfois utilisé au sein de programmes de contrôles nécessitant des passages réguliers pour lesquels l'objectif n'est pas l'éradication définitive, c'est le cas par exemple pour les projets de contrôle à Hawaï

ou en Nouvelle Zélande (Eason and Ogilvie 2009). **Aussi, nous ne recommandons pas l'utilisation d'anticoagulant de première génération pour le projet de la RNNPT.** L'avantage principal des anticoagulants est le caractère retardé des symptômes d'intoxication par rapport au moment de l'ingestion (2-3 jours) qui permet aux rongeurs de ne pas associer le symptôme à l'appât utilisé et ainsi éviter une déviance des individus vers l'appât (Parkes et al. 2011 et Howald et al. 2005). D'autres types de toxines existent, mais ne sont aujourd'hui pas recommandées pour des opérations d'éradications à cause de leurs risques bien trop élevés d'échecs (Parkes et al. 2011).

Dans l'optique d'une éradication du rat sur la RNNPT, Island Conservation recommanderait l'utilisation d'un appât contenant du brodifacoum. Il s'agit de l'anticoagulant le plus fiable pour viser le succès d'une éradication au cours d'une seule opération. En effet, parmi les anticoagulants de seconde génération le Brodifacoum est celui qui offre le plus grand taux de succès et qui est le plus largement utilisé. Mais il présente des risques pour certaines espèces non-cibles par exposition primaire (consommation de l'appât) ou secondaire (consommation d'un animal contenant des résidus) (Broome et al. 2017), qu'il est indispensable d'évaluer et de connaître au préalable, puisque grand nombre d'entre eux peuvent être minimisés (Voir à ce titre le **paragraphe 5 'Impact Environnemental'**). Des descriptions complètes du brodifacoum, de ses effets et de son efficacité peuvent être trouvés dans : Eason et al. 2002; Erickson and Urban 2004; Hoare and Hare 2006, Rueda et al. 2016, and Rueda et al. 2019.

Les formulations du brodifacoum (i.e. la manière dont il est constitué sous forme d'appât) peuvent être diverses et dépendre des usages. Les différentes formulations du brodifacoum doivent avoir fait l'objet d'une AMM ou d'une demande de dérogation pour pouvoir être utilisées en France. Les produits contenant du brodifacoum les plus courants sont typiquement des formulations sous forme de blocks d'appât (20g) ou de granulés (2g) constituées d'une matrice principale faite quasiment exclusivement d'un mélange de céréale dans lequel une très faible concentration de brodifacoum est incluse, à 20 ou 25 ppm généralement. Le brodifacoum sous forme de granulé se présente comme le raticide idéal pour garantir le succès d'une opération de dératisation sur la RNNPT mais son impact potentiel sur l'environnement doit absolument être évalué et atténué. Il existe des formulations dites 'wet' ou 'dry' permettant de résister plus ou moins longtemps aux conditions humides. Étant donné le caractère sec du site, une formulation dites sèche ou 'dry' suffirait pour une potentielle opération de dératisation sur la réserve et réduirait ainsi le temps de persistance du granulé dans l'environnement après son application, minimisant ainsi le risque sur les espèces non-cibles.

Pour réduire l'impact du brodifacoum sur les autres espèces, la formulation de l'appât peut être décidée de telle sorte à persister moins longtemps dans l'environnement, par exemple en diminuant le taux de paraffine présent dans l'appât pour le rendre moins résistant à l'humidité (Formulation 'wet' vs. Formulation 'dry'), mais également à diminuer son attractivité pour les autres espèces, sans pour autant diminuer son attractivité envers les rats. Par exemple il est préférable de privilégier une coloration bleue ou verte au lieu d'une coloration rouge pour diminuer l'attraction des oiseaux (Buckelew et al. 2011).

Si jamais l'option du brodifacoum n'est pas retenue, il pourrait être utile d'investiguer les options du bromadiolone (sans doute le plus connue et le plus utilisé après le brodifacoum) ou du diphacinone, mais la probabilité de succès pourrait être réduite et le coût opérationnel augmenté s'il est nécessaire de réaliser plusieurs fois l'opération. Toutefois, ces options pourraient être investiguées dans le cas où une AMM n'est pas envisageable pour le brodifacoum

La stratégie d'éradication doit consister à couvrir l'ensemble des domaines vitaux avec le raticide utilisé. Deux options peuvent alors être envisagées : **soit un épandage du raticide de manière homogène sur toutes la surface végétalisée de la RNNPT, soit une installation du raticide au sein de boites à raticides déployées sur la réserve selon une grille préétablie.** Une dispersion du raticide par épandage pourrait être manuelle ou aérienne. Quel que soit la méthode d'épandage, celle-ci pourrait permettre de disposer au sol le bon taux à l'hectare ciblé. Cependant l'effort à mettre en place ne serait en rien comparable, car un épandage manuel nécessiterait la création de layons représentant une grille couvrant l'ensemble des îlets sur le même principe que le déploiement de boites à raticides. Dans le contexte de la RNNPT nous pensons que seul l'aspect financier et/ou de l'impact carbone pourrait constituer un avantage de la méthode manuelle sur la méthode aérienne. Autrement nous estimons que celle-ci ne présente pas d'autres avantages et au contraire augmenterait le risque d'un échec en ne traitant pas la canopée. De manière identique, la présence de rats vivant dans les canopées des forêts présentes sur la réserve, ainsi que la très forte abondance de Bernard l'hermites dans certains sites des îlets n'est pas en faveur de l'utilisation de boites à raticides. En effet la quantité de raticide devant être utilisée devrait être conséquente et il reste toujours préférable de pouvoir traiter la canopée (i.e. de traiter de manière aérienne). Cependant, le recours à une méthode possiblement moins efficace, à savoir la création d'une grille faite de boites à raticide pourrait néanmoins se justifier pour le cas de la RNNPT dans le but de minimiser le risque sur certaines espèces non-cibles. Sur les trois méthodes décrites ici, l'utilisation de boites à raticide est celle qui offrirait le moins de garanties de succès. Cependant, elle possède l'avantage non négligeable d'être la méthode qui aurait potentiellement le moins d'impact sur les espèces non-cibles (ce qui ne veut pas dire que ceux-ci seraient nuls). Le brodifacoum dans une formulation sous forme de blocs de 20g est fréquemment utilisé pour être utilisé dans des boites à raticides (i.e. dans les opérations de contrôle, des barrières de biosécurité ou dans certains cas dans des éradications) alors que ce sont des granulés qui sont épandus de manière manuelle ou aérienne. Dans le but de minimiser encore plus l'impact sur les espèces non-cibles il peut aussi être envisagé d'utiliser un amérisant associé au brodifacoum (C'est le cas par exemple du Klerat) qui rend l'appât moins appétant voir repoussant pour certaines espèces non-cibles. Il est intéressant de noter qu'un nombre significatifs de projets de dératisation ont été réalisés avec succès en utilisant du Klerat dans des boites à raticide et notamment au sein de la caraïbe (Daltry et al. 2012, 2018, Bell et al. 2011, 2012), cependant, rares sont les opérations avec succès qui se sont uniquement contentées d'utiliser des boites à raticide, du raticide a également dû être épandu par précaution. De plus, l'effet répulsif du Klerat présente le risque de l'être potentiellement également pour le rat.

Aussi pour présenter les différentes méthodes mentionnées ci-dessus, nous présentons dans le tableau en **annexe 1** les points négatifs vs. positifs et implications de chacune de ces méthodes.

En conclusion, Island Conservation recommanderait une opération aérienne (drone ou hélicoptère) pour épandre un anticoagulant de deuxième génération de type brodifacoum sur deux applications espacées de 21 jours. Ceci devrait cependant être envisagé uniquement après avoir évalué et accepté les risques représentés par cette méthode. Nous appelons à des tests supplémentaires ainsi qu'à mettre en œuvre le maximum de mesures de mitigation possible pour diminuer l'impact sur les espèces non-cibles à risque telles que décrites dans la partie 5 suivante. Si les risques de mortalités d'espèces non-cibles sont jugés inacceptable après évaluation par les gestionnaires, nous recommandons la méthode par utilisation de boite à raticide (et éventuellement d'un amérisant). Cependant, nous interpellons sur le taux d'échec supérieur de ces méthodes.

4.4 Les contraintes

Bien que les éradications de rongeurs en milieu insulaire suivent les mêmes principes fondamentaux, évoqués ci-dessus, l'approche technique appliquée pour chaque île est adaptée au contexte spécifique de ces îles. L'une des étapes importantes lors de la faisabilité est d'identifier les contraintes propres au site ciblé pour permettre de proposer l'approche la plus adaptée. Ces contraintes peuvent être d'ordre écosystémiques, socio-culturelles, institutionnelles, morpho-géographiques, sécuritaires, etc ... Ci-dessous nous listons l'ensemble des contraintes identifiées sur la RNNPT, le niveau de préoccupation que nous y associons ainsi que certaines recommandations que nous pouvons y apporter à ce stade. Celles-ci sont ici hiérarchisées dans l'ordre d'importance après notre expertise sur le terrain.

L'impact des espèces non-cibles sur le succès de l'opération

Les espèces présentes sur la RNNPT peuvent avoir une double position au sein du processus d'éradication selon leur positionnement écologique : elles peuvent être 'à risque' mais également représenter 'un risque' pour le succès de l'opération. Ces deux aspects doivent être considérés lorsque l'on souhaite s'engager dans un tel projet de restauration. Le caractère 'à risque' des espèces doit être évalué au sein d'une étude d'impact environnementale dédiée, que nous présentons dans le paragraphe suivant. Quant au caractère impactant de ces espèces sur le succès de l'opération, nous l'abordons ici.

Seuls les crustacés terrestres ont été ciblés comme représentant un risque pour le projet d'éradication du rat de la RNNPT. Bien que ceux-ci ne soient pas sensibles au raticide, ils peuvent consommer celui-ci de manière significative et ainsi le rendre moins disponible pour les rats. C'est la raison pour laquelle il a été décidé d'évaluer l'abondance en crustacés sur les sites les plus propices à leur présence. Un total de 67 transects a été réalisé sur les deux îlets de la réserve (48 sur Terre de Bas et 19 sur Terre de Haut) pour évaluer la diversité et l'abondance en crustacés terrestres. Seulement les individus de taille supérieure à 4cm ont été comptabilisés. Seulement les espèces connues comme 1/ pouvant être exposées au raticide et 2/ pouvant potentiellement consommer le raticide de manière significative ont été concernées par ce suivi. Il s'agissait : du bernard-l'hermite *Coenobita clypeatus* (seule espèce présente), du crabe de terre *Cardisoma guanhumi*, du crabe Touloulou *Gecarcinus lateralis*, et du crabe zombie *Gecarcinus ruricola* bien que ce dernier n'a pas été observé lors du recensement de 2019 (Babouram 2019).

Tout d'abord il faut noter que seul le bernard l'hermite pourrait représenter un risque sur l'opération. En effet, l'ensemble des autres espèces ont été observées mais de manière très anecdotique. Même au sein des habitats propices à ces espèces nous n'avons observé qu'un nombre restreint d'individus qui ne représenterait en aucun cas un risque pour l'opération. Ceci est un avantage en termes d'éradication puisque les crabes de terre sont généralement les espèces qui consomment le plus le raticide. Aussi, des opérations ont été menées avec succès dans des sites présentant une abondance bien plus élevée en crabes terrestres (des Monstiers comm. Pers). Les indices de présence tels que les terriers/trous réalisés par ces espèces n'ont pas semblés abondants non plus. Ceci s'est d'ailleurs reflété au sein des suivis puisque *Caenobita sp.* a été quasiment l'unique espèce observée au sein des transects avec 99.9% des occurrences (1 seul touloulou rencontré pour 1755 *Caenobita*). **Globalement, la RNNPT présente une abondance faible de l'ensemble de ses crustacés terrestres mais relativement modérée en Bernard l'Hermite si ce n'est sur certains sites en particulier où des densités très fortes ont été observées (pouvant atteindre plus de 8000 indiv/ha).**

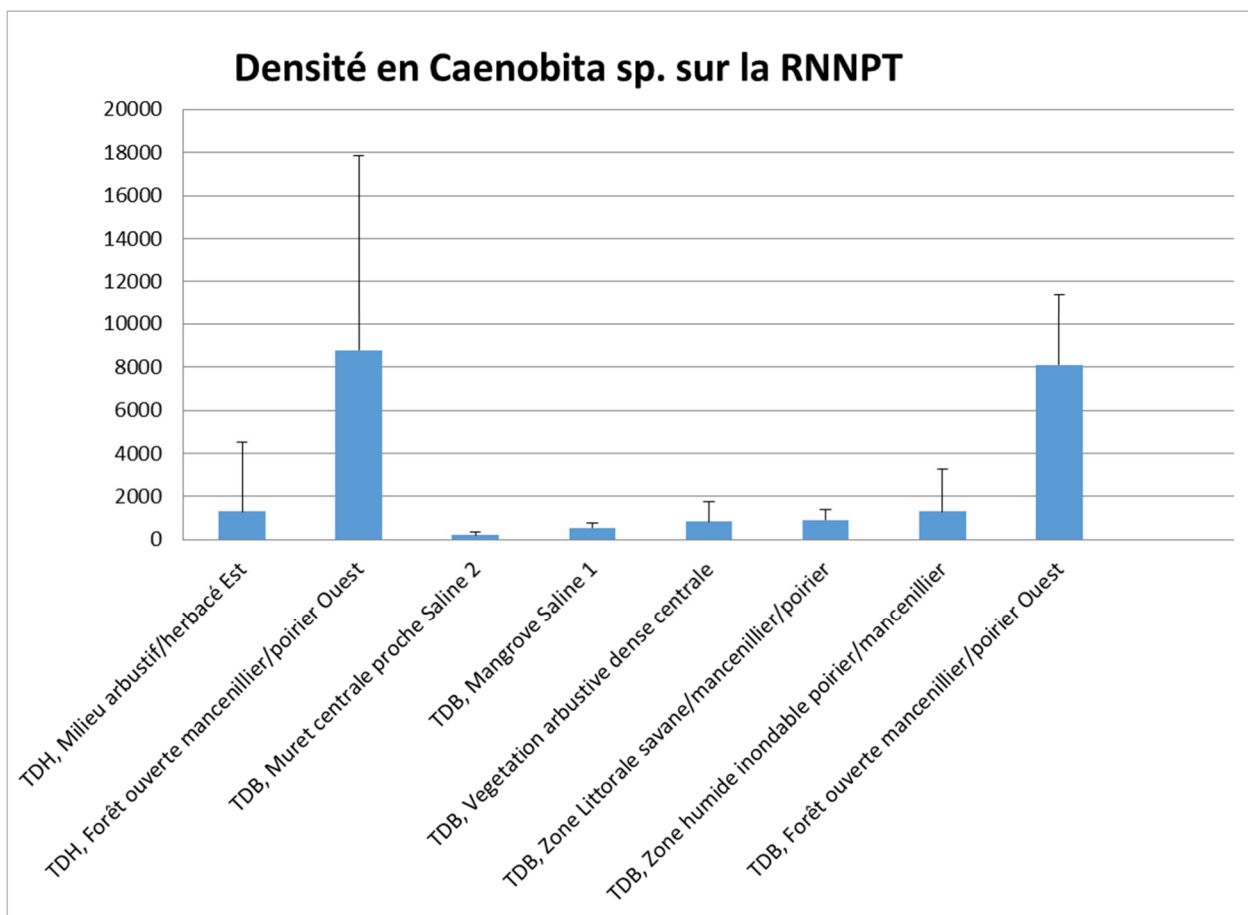
[Voir la figure 9 ci-dessous pour plus de détails sur les densités relevées]

Nous avons pu réaliser la totalité de ces transects de nuit (entre 17 :00 et 19 :30), ce qui est favorable à ces suivis. Pour optimiser notre temps nous avons directement ciblé les sites sur lesquels les investigations des premiers jours ont permis d'observer une abondance d'individus. Les sites non-inventoriés devraient donc présenter des abondances inférieures à celles décrites ci-dessous. Comme le montre clairement le graphique, les habitats à forêt ouverte de mancenillier et poirier de l'ouest de Terre de Bas et Terre de Haut présentent une très forte densité en Bernard l'hermites. L'ensemble des autres habitats suivis quant à eux correspondant à des abondances modérées en comparaison à ce qui est observé dans les milieux tropicaux dans lesquels des opérations de dératisation sont menées.

Une telle densité en espèces non-cibles consommant les appâts ne menace pas la réussite d'une opération de dératisation sur la RNNPT. Cependant, une quantité de raticide suffisamment importante doit être proposée sur la surface de la réserve pour contrebalancer les fortes densités de Bernard l'hermites observées sur certains sites. Cette quantité importante nécessaire risque malheureusement d'entrer en compétition avec l'atténuation des risques sur les espèces non-cibles et pourrait être l'un des défis de ce projet. En utilisant les données des opérations précédemment menées avec succès à travers le monde, nous pouvons estimer qu'une densité importante d'appât de raticide à l'hectare supérieure à 40kg/ha devrait être utilisée pour le traitement de la RNNPT. A titre de comparaison, un taux de 25 kg/ha a permis de supprimer le rat des îles de Tetiaroa (Polynésie Française) ou de Wallis qui présentaient sur certaines îles des densités en crustacés allant jusqu'à 2000 ou 5000 crustacés/ha respectivement. Malheureusement, il n'a pas été possible de mener un test de disponibilité en appât au cours de cette mission étant donné le court laps de temps que nous avons eu pour la préparation. Un tel test aurait notamment permis de déterminer le taux de raticide à l'hectare minimal nécessaire pour pouvoir garantir 1/ une assez longue disponibilité pour les rats mais également 2/ minimiser le temps de disponibilité pour les autres espèces non-cibles. En effet, nous signalons dans ce projet le risque représenté par ce compromis. Un taux important de raticide à l'hectare semblerait nécessaire pour pallier la forte densité en rat dans certaines zones mais un fort taux à l'hectare accentuerait le risque potentiel sur les iguanes.

Recommandations : Nous recommandons au gestionnaire de mener par la suite un tel test de disponibilité de l'appât sur les sites à fortes densité en Bernard l'hermites. Celui-ci permettra notamment de déterminer le taux minimal de raticide pouvant être ciblé pour offrir les meilleures chances de succès d'une dératisation. Mais il peut également informer sur le pourcentage d'iguanes consommant du raticide.

Figure 9: Nombre moyen de crustacés terrestres, représentés uniquement par des Bernard l'hermites *Caenobita clypeatus* (> à 4cm) par hectare. Comptabilisés par transect de 20x4m réalisé sur 8 types de milieux à travers les deux îlets de la RNNPT en Novembre 2023. La barre d'erreur indique la valeur maximale atteinte lors des transects rapportée à l'hectare. (TDH : Terre de Haut et TDB : Terre de Bas).



Bien que nous ayons montré que certains individus d'iguane peuvent consommer du raticide, nous n'estimons pas qu'une telle consommation anecdotique puisse impacter le succès de l'opération.

Le consensus des parties prenantes et la réglementation

Le RNNPT est cogérée par l'Office Nationale des Forêts, établissement public et l'association désiradienne Titè. Cette réserve s'inscrit dans un réseau institutionnel local en Guadeloupe qui implique plusieurs organismes tels que l'OFB, la DEAL évidemment mais également d'autres organismes ou programmes régionaux ou locaux auxquels la réserve est rattachée. Parmi eux nous pouvons par exemple citer le PNA Iguane des petites Antilles et Tortues marines. De plus les îlets de Petite Terre sont administrativement rattachés à l'île de la Désirade de laquelle ils dépendent. Enfin, par son rôle d'accueil du public et de préservation des ressources halieutiques, la réserve est également impliquée dans le contexte socio-économique désiradien et guadeloupéen. Ce réseau de parties prenantes complexifie le contexte dans lequel s'inscrirait une éradication du rat noir. Les demandes d'autorisation relatives à l'utilisation de produits rodenticides, la manipulation d'espèces protégées mais également les consultations nécessaires pour l'implication du plus grand nombre et le respect des mesures qui seront mise en place (e.g. Biosécurité par exemple) représenteront l'un des gros défis de ce projet. Peut-être l'un des plus grands. Ainsi nous ne pouvons que **recommander au gestionnaire d'entamer au plus tôt le dialogue et négociations nécessaires à la mise en œuvre d'un tel projet. Une consultation adaptée étant indispensable pour expliquer, fédérer autour des enjeux du projet mais aussi pour assurer sa durabilité par l'intégration de mesures de biosécurité comprises et respectées par tous. Enfin, le temps nécessaire à étudier l'aspect règlementaire et les dérogations envisageables ne doit pas être sous-estimé.**

Verrous biosécuritaires

Bien que les études génétiques Lorvelec et al. de 2018 n'ont pas mis en évidence des flux de gènes entre la RNNPT et la Désirade ou Grande Terre, mais également entre Terre de Haut et Terre de Bas, ou seule une immigration faible a été montrée (Lorvelec et al. 2018), en termes d'éradication, la RNNPT incluant Terre de Bas et Terre de Haut doit être considérée comme un seul et même site. Ces deux sites (175 m l'un de l'autre au plus proche) étant tout à fait à distance de nage l'un de l'autre pour des individus de rat noir (jusqu'à 600 m), des événements de (re)colonisations entre eux sont tout à fait possible et doivent être anticipés. **Il est donc fortement recommandé de traiter les deux îlots de manière simultanée. Les traiter à des périodes différentes augmenterait fortement le risque d'échec et augmenterait le coût de l'opération.**

D'autre part, une fois l'opération d'éradication réalisée, les rats peuvent ré-envahir le site s'ils sont transportés par les personnes à bord de leurs bateaux ou de leurs affaires. Actuellement, la biosécurité est une notion qui n'est que très peu connue des usagers de la réserve et aucune mesure de ce type n'est encore mise en place si ce ne sont les rappels répétés sur le risque d'introduction de l'iguane vert. Pourtant il existe bel et bien actuellement un risque d'introduction ou de réintroduction d'individus de rats au sein de la réserve étant donné le transport conséquent de passagers et de matériels de manière quotidienne depuis la Guadeloupe ou la Désirade vers la réserve.

Une sensibilisation aux risques et aux mesures qui devront être appliquées dans le but de conserver le bénéfice de l'action sur le long terme sera un point crucial de la réussite du projet. L'ensemble des mesures de biosécurité à mettre en place devront faire l'objet d'un plan de biosécurité propre au site de la RNNPT. Celui-ci devra être signé et intégré par l'ensemble des parties prenantes qui auront été consultées préalablement. Aussi, il présentera les protocoles de réactions (appelés également 'de réponse rapide') qui devront être assimilés et conduits par les agents de la réserve au plus rapide à la suite de la détection d'une nouvelle incursion.

Il s'agit là également d'un défi majeur de ce projet. Cependant, la réserve propose déjà un contexte qui apparaît très favorable à la mise en place facilement d'une biosécurité efficace. Notamment nous pouvons noter :

- Des voies d'introductions d'espèces envahissantes réduites : origines des bateaux peu nombreuses (St François et la Désirade essentiellement) et nombre d'amarrage restreint.
- Une législation contraignante envers les usagers
- Le nombre de bateaux en circulation reste restreint (même si le nombre de touristes quotidien est significatif pour un site de cette taille).
- Ces bateaux sont pour la majorité propres et modernes.
- Le port de St François est propre, à une distance raisonnable d'une zone très végétalisée et une mise en place de panneaux de signalisations semble facile pour cibler les usagers des pontons.
- Tourisme facilement atteignable, contrôlable du fait du lien/cahier des charges existant privilégié entre la réserve et les prestataires (22 navires de sociétés commerciales autorisés par arrêté préfectoral pour une période de plusieurs années).
- Inscriptions sur un site internet permettant de cibler chaque plaisancier indépendant en termes de sensibilisation.
- Site unique d'arrivée des bateaux
- Sites de mouillages obligatoires et limités

- Interdiction de s'échouer sur le sable
- Présence quasi-permanente (rotations tous les 4 jours) des gardes de la réserve – agents de l'association Titè pour certains habitats à constater des infractions.
- Un volet sensibilisation de la part des prestataires envers les touristes déjà obligatoire
- Occupation du site uniquement à la journée, impliquant relativement peu de matériel transporté.
- Un braconnage qui semble très limité voir inexistant à terre. Du fait d'une interdiction de pêche et de chasse sous-marine surveillée par les agents de la réserve.
- Les îlets bénéficient d'un Arrêté de Protection du Biotope (APB N°94-1055) depuis le 3 octobre 1994 interdisant l'introduction d'animaux domestiques et d'espèces animales et végétales exotiques.

Enfin, l'accessibilité évidente entre la maison des gardes et le site d'accueil du public permettrait un contrôle très facile et quotidien des outils de détection post-éradication qui y seraient déployés. Ceci réduirait catégoriquement le temps de réaction entre la détection d'une nouvelle incursion et la réponse associée et donc le succès d'une neutralisation pour éviter une ré-invasion de Terre de Bas. A ce sujet et aux vues des tests réalisés pour identifier les meilleurs outils de détection sur la RNNPT (**Cf. Section 3.1 Confirmation des espèces cibles présentes**), les pièges photographiques semblent être les outils parfaits à déployer sur Petite Terre dans le cadre de la biosécurité post-opération.

A l'inverse, certains points plus négatifs augmentent les risques d'introductions et devront être traités au sein d'un plan de biosécurité, à savoir :

- Nombre important et très régulier de visites du site (jusqu'à 70,000 visiteurs par an).
- Présence de bateaux gros et complexes, difficiles à contrôler pour la présence de rongeurs et qui peuvent facilement en héberger.
- Le port de La Désirade, d'où peuvent venir certains bateaux, est un site à forts risques biosécuritaires (vétusté, accessibilité des bateaux, zones végétalisées à proximité, sensibilisation moins efficace en apparence).
- Incursion facile d'un rat à bord des bateaux que ce soit au port de St François ou de la Désirade
- Bouées de mouillages très proche du bord

Les Mangroves

Les salines de la RNNPT sont bordées de mangroves de tailles restreintes constituées entre autres de palétuvier noir et rouge. Les mangroves peuvent représenter un risque pour une opération d'éradication puisqu'elles peuvent abriter des domaines vitaux d'individus de rat mais être complexe à traiter puisque l'accès y est souvent difficile et le caractère submergé de ses rives une partie de la journée peut rendre l'appât potentiellement épandu non disponible pour les rats à cause de la dégradation par l'eau. Heureusement, bien que celles-ci soient parfois denses, les mangroves de la RNNPT ne sont pas étendues et ne présentent pas de fluctuations quotidiennes de leur niveau d'eau. Certaines d'entre elles peuvent même être asséchées une partie de l'année. **Une attention particulière devra être portée aux mangroves pour leur traitement mais celle-ci ne représentent pas un risque a priori.**

Sources de nourriture alternative disponibles pour les rats

Au sein de la RNNPT les sources de nourritures alternatives qui pourraient concurrencer l'offre en appât sont principalement d'origine végétale. Il s'agit principalement des fruits d'espèces d'arbres rencontrés très largement sur l'île. Pour limiter cette contrainte, il serait également préférable de réaliser l'opération de dératisation au cours de la période sèche de l'année durant laquelle les arbres produiront globalement moins de fruits. Les noix de coco sont des sources de nourritures privilégiées pour les rats. Heureusement les cocotiers sont en nombre très limités sur la RNNPT et principalement localisés sur la plage d'accueil des touristes. Il sera facile durant l'opération de collecter l'ensemble des cocos tombant au sol pour limiter l'effet de cette contrainte.

Enfin, la principale source de nourriture identifiée comme présentant un risque sont les sources d'origine anthropique à savoir :

- La nourriture apportée et préparée par ou pour les touristes qui débarquent quotidiennement sur l'îlet de Terre de Bas et dont les restes sont retrouvés au sol.
- La nourriture stockée au sein de la maison des gardes ainsi que les déchets alimentaires produits par les gardes de la réserve.

Bien que parfois peu visibles, ces sources de nourritures d'origine humaine représentent une contrainte pour l'opération. Heureusement cette contrainte reste limitée en termes de volume et pourrait être facilement contrôlée. Quoi qu'il en soit un plan de gestion des restes alimentaires devra être rédigé et mis en œuvre au cours d'une opération pour interdire toute présence alimentaire d'origine humaine accessibles aux rats.

Les infrastructures

Les infrastructures peuvent représenter une contrainte car elles peuvent abriter un ou plusieurs domaines vitaux de rat et ne pas être traitées par la stratégie principale choisie sur la RNNPT. Par exemple, si un épandage aérien ou manuel de raticide est décidé, alors une telle méthode ne permet pas de disposer du raticide dans les infrastructures couvertes, fermées ou difficilement accessibles.

Heureusement, le site de Terre de Bas ne présente que très peu d'infrastructures dites fermées, il s'agit uniquement du phare, de la maison des gardes et des anciennes cuve bétonnées situées autour du phare (**Voir figure 10**). Les autres infrastructures abandonnées de Terre de Bas ou Terre de Haut ne présentent pas de toits ou de compartiments fermés et donc de risques pour l'opération.

En conclusion, globalement les infrastructures de la RNNPT ne représentent pas un gros risque pour le succès de l'opération, cependant il sera indispensable que l'ensemble des bâtiments utilisés et abandonnés situés dans le phare et autour de celui-ci soient traités spécifiquement en parallèle de l'opération. Ceci pourrait être constitué d'un déploiement de boîtes à raticides disposées tous les 20m² et contrôlées de manière journalière.

Figure 10 : Photographie des cuves situées autour du phare et qui devront recevoir un traitement particulier lors d'une opération d'éradication au même titre que le phare et la maison des gardes.



5 Résultats et Discussion, Impacts environnementaux potentiels

La mise en œuvre d'une éradication des rongeurs sur la RNNPT présente des risques inhérents pour les espèces non ciblées, et potentiellement pour les humains, pendant et après l'application du rodenticide, notamment :

- Exposition primaire liée à la consommation directe de granulés d'appât (faune), à la manipulation des appâts et à l'inhalation de poussières d'appâts lors de l'application des appâts (pour les humains mettant en œuvre l'opération d'éradication des rongeurs), (faune et humains ; Brown 2007, Wilkinson et Priddel 2011, Castaño et al. 2022a et 2022b)
- Exposition secondaire due à la consommation de proies contaminées (par exemple, rongeurs, poissons, invertébrés exposés, etc.),
- Risques de perturbation liés au personnel et à l'équipement délivrant des appâts dans chaque territoire potentiel de rongeurs (par exemple, perturbation sonore du survol d'un hélicoptère sur les colonies d'oiseaux marins).
- Risque d'introduction d'une autre espèce envahissante qui présente un risque pour les espèces Indigènes, via la quantité conséquente de matériel qui peut être nécessaire et amenée sur le site pour le besoin de l'opération, le transport régulier de personnel ou l'ouverture du milieu lors de la création de layons.

Le risque représenté par le rodenticide pour les espèces non ciblées (faune et humains) est fonction du danger et de l'exposition, le danger étant la toxicité relative du rodenticide pour l'animal, et l'exposition étant la quantité et la fréquence d'exposition d'un animal au produit. Ainsi, toutes les espèces non ciblées ne sont pas exposées au même risque suite à une opération d'éradication des rongeurs, et tous les individus d'une même espèce ne sont pas non plus exposés au même risque en raison de différences intraspécifiques en matière d'alimentation (Gonzalez-Solis et Croxall 2005) ou de préférences alimentaires (Leitch et al. 2014). C'est à ce titre, que la réalisation d'une étude d'évaluation préliminaire

approfondie des risques intégrant des données provenant du terrain doit être une priorité afin de garantir que les voies d'accès à la faune et aux humains ne soient pas sous-estimées. Le risque d'exposition primaire est limité à la période pendant laquelle l'appât est encore disponible dans l'environnement, généralement pas plus de dix jours. Cependant, le risque d'exposition secondaire est plus long, et dure jusqu'à ce que toutes les proies contaminées (e.g. les rongeurs, les invertébrés, etc ...) ne soient plus disponibles pour la consommation. Les voies d'exposition secondaires deviennent alors plus critiques pour les espèces non ciblées, y compris les humains, lorsque des anticoagulants de deuxième génération sont utilisés en raison de leur persistance et de leur bioaccumulation plus marquées dans certains tissus biologiques animales (Rueda et al. 2016, Lefebvre et al. 2017, Broome et al. 2017, Castaño et al. 2022a). Les anticoagulants de deuxième génération comme le brodifacoum sont connus pour être hautement toxiques pour les oiseaux et les mammifères, mais beaucoup moins pour les reptiles et les poissons qui souvent n'y sont pas sensibles (Herrera-Giraldo et al. 2019, Weir et al. 2015). Il existe également peu de preuves évidentes d'un impact sur les invertébrés (Booth et al. 2003; Craddock 2003). Il est aussi important de rappeler qu'il n'a jamais été documenté un seul fait d'exposition humaine ayant entraîné des effets néfastes de quelque source que ce soit au cours des programmes d'éradication des rongeurs sur les îles, y compris la consommation directe d'appâts rodenticides, l'inhalation, l'absorption cutanée et l'exposition secondaire ou tertiaire (Castaño et al. 2022a).

Pour Petite Terre, on ne sait pas combien de temps l'appât restera dans l'environnement. Toutefois, d'après les données provenant d'autres îles tropicales sèches, l'appât pour rongeurs devrait disparaître rapidement si un taux d'application approprié est appliqué (e.g. 10 jours en moyenne). Si deux applications couvrant l'ensemble de la surface sont envisagées avec un intervalle recommandé de 21 jours entre elles, et que l'île se comporte de la même manière que les autres îles tropicales sèches, le risque principal ne devrait pas s'étendre sur plus de 45 jours. Pour l'exposition secondaire, les données d'autres éradications suggèrent que les résidus seront éliminés du sol et des tissus des invertébrés dans un délai pouvant aller jusqu'à six mois, mais pourraient persister plus longtemps chez certains reptiles non sensibles (e.g. 850 jours observé chez les lézards de lave de Pinzon (*Microlophus duncanensis*) sur l'île de Pinzon, en Équateur (Rueda et al. 2019) et quatre ans chez les lézards ameiva (*Ameiva exsul desecheensis*) sur l'île Desecheo, Porto Rico (Shiels et al. 2017).

Les risques sur les espèces non ciblées peuvent être 1/ évités, 2/ minimisés ou 3/ atténués (mitigés) autant que possible. Plusieurs stratégies ont été utilisées avec succès lors d'efforts d'éradication antérieurs. Elles peuvent aller jusqu'à adapter le choix de la période de l'opération pour éviter la présence d'oiseaux migrateurs ou des périodes de reproduction, à la coloration des granulés d'appât, l'effarouchement ou la détention en captivité des individus jusqu'à ce que la fenêtre de risque soit passée. Même si la gestion des risques ajoute souvent une complexité opérationnelle et des coûts supplémentaires, elle est souvent nécessaire pour des raisons biologiques, juridiques, sociopolitiques et culturelles. **Enfin, la stratégie de gestion des risques sur les espèces non-cibles devrait prendre en compte le statu de conservation, l'importance du risque pour la population au niveau local, régional et mondial, ainsi que l'acceptation du niveau de risque 'toléré' par les parties prenantes du projet.**

Il est toutefois important de rappeler que, bien que des mortalités non-désirées d'individus aient été documentées lors d'opérations d'éradication, les populations d'espèces affichent généralement une croissance rapide et un succès de reproduction accru après l'élimination des espèces envahissantes

(Whitworth et al. 2005 ; Daltry et al. 2012). (Voir pour cela la section 3.3 ‘Bénéfices attendus d’une éradication’).

Nous présentons ci-dessous un tableau récapitulatif d'une évaluation préliminaire des risques potentiels sur les espèces non-cibles de la RNNPT. Par soucis de clarté nous avons groupé les espèces pertinentes selon notre évaluation. Nous y avons également inclus les risques associés à la perturbation due à l’opération elle-même.

[Pour une évaluation plus détaillée des risques par espèce, veuillez consulter la feuille de calcul Excel associée.]

Figure 11. Tableau d'évaluation préliminaire des risques sur les espèces non-cibles pour la RNNPT par groupe d'espèces, risque et stratégie d'atténuation potentielle proposée. Risque de perturbation dû à l'activité des hélicoptères ou des drones : faible (perturbation minimale à nulle) à élevé (perturbation importante) ; Risque d'exposition aux raticides : nul ou très faible (voies d'exposition primaires ou secondaires connues minimales ou inexistantes) à élevé (voies d'exposition primaires et/ou secondaires importantes) ; Importance du risque pour la population : très faible (d'après les informations disponibles, impact minimal ou nul prévu sur la population insulaire à l'exposition aux rodenticides) à élevé (d'après les informations disponibles, impacts anticipés significatifs sur la population de l'exposition aux rodenticides, de sorte que la population insulaire pourrait être réduite de > 50 % en raison d'une mortalité par empoisonnement) ; Stratégies d'atténuation potentielles : détention en captivité *in situ* ou *ex situ* (capturer et détenir une partie ou la totalité de la population sur ou hors de l'île et retourner dans la nature lorsque la période de risque est terminée), translocation hors de l'île (capturer et déplacer une partie de la population pour établir une population supplémentaire permanente sur un site séparé), fourniture de sources de nourriture alternatives sur l'île ou hors de l'île (augmentant la disponibilité d'aliments alternatifs hautement préférés pour réduire le risque de consommation d'appâts ou de carcasses empoisonnées), absence prévue ou induite ou inactivité (par exemple par effarouchement entraînant une dispersion temporaire hors de l'île au moment de l'application de l'appât), Attrait réduit de l'appât (par exemple, couleur de l'appât), Fourniture d'un traitement (par exemple, traitement à la vitamine K1 pour les individus souffrant d'une intoxication par un rodenticide anticoagulant. Cela nécessite une capacité à capturer les individus et à les traiter pendant une longue période), méthode d'application d'appâts et optimisation des taux d'application d'appâts et de la disponibilité des appâts (utilisation restreinte uniquement à la quantité d'appât nécessaire pour cibler les rongeurs et minimiser le risque d'exposition des espèces non-cibles), Naturel rétablissement ou réintroduction, moratoire sur la pêche/chasse (interdiction de la pêche/chasse pendant une certaine période), ou surveillance et réponse (établir des objectifs de surveillance, et des mesures de réponse spécifiques à l'espèce si les impacts dépassent les seuils de risque acceptables).

Espèces	Risque de dérangement dû aux activités drones ou hélicoptères	Risque d'exposition au raticide ?	Importance du risque pour la population ?	Stratégies de mitigation potentielles*
---------	---	-----------------------------------	---	--

Reptiles (Anolis, gecko, scinques, iguanes)	Faible	Modéré - Fort	Faible	<p>Optimisation du taux de raticide épandu.</p> <p>Ssi le risque de mortalité est considéré comme inacceptable :</p> <p>Pour les Iguanes (difficilement réalisable avec la taille de la population): captivité in situ ou ex situ, translocation hors de l'île.</p> <p>Pour les autres: Aucun, réintroduction depuis des sites proches ou captivité d'un petit nombre d'individus in situ.</p>
Reptiles marins	Faible	Aucun – très faible	Aucun – très faible	<p>Adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur)</p>
Oiseaux Marins	Faible – Modéré (ssi un nombre important d'individus est présent durant l'opération)	Faible	Très faible	<p>Application du raticide en dehors de la période de reproduction ou de présence sur site. Et adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur)</p>
Limicoles - Canards	Faible	Modéré - Fort	Faible - Fort	<p>Pour les oiseaux migrateurs : choix de la période de l'opération hors de la période de présence des individus sur site (hors période d'hivernage). Et adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou</p>

				<p>utilisation d'un déflecteur)</p> <p>Pour les limicoles résidents: adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur), processus d'immigration depuis les sites proches de la RNNPT vont atténuer les potentiels effets négatifs.</p> <p>Pour les canards migrateurs et résidents : adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur), création de zones d'exclusion autour des salines à traiter à la main.</p> <p>Pour les canards résidents: effarouchement, processus d'immigration depuis les sites proches de la RNNPT vont atténuer les potentiels effets négatifs.</p> <p>Pour les canards migrateurs : choix de la période d'opération hors de la période d'hivernage.</p>
Oiseaux terrestres (Rapaces)	Faible	Fort	Faible - Fort	<p>Forte probabilité d'absence durant l'opération.</p> <p>Traitement avec de la Vit K1, processus d'immigration depuis les sites proches de la RNNPT vont atténuer les potentiels effets négatifs.</p>

Autres oiseaux terrestres	Faible	Modéré - Fort	Faible - Fort	<p>Couleur de l'appât utilisé, Optimisation du taux de raticide appliqué.</p> <p>Pour les colibris : traitement potentiel avec de la Vit K1 dans un distributeur de nectar. Processus d'immigration depuis les sites proches de la RNNPT vont atténuer les potentiels effets négatifs. Réintroduction possible.</p> <p>Pour les moqueurs : captivité in situ ou ex situ si une population pérenne se réinstalle étant donnée la quasi absence d'observation depuis 2019.</p> <p>Pour les râles (si présents): captivité in situ ou ex situ. Processus d'immigration depuis les sites proches de la RNNPT vont atténuer les potentiels effets négatifs. Réintroduction possible. Traitement avec de la Vit K1.</p> <p>Pour les migrateurs : choix de l'opération hors de la période d'hivernage.</p>
Mammifères (chauves-souris)	Faible	Très faible	Faible	aucun
Invertébrés terrestres (crustacés)	Faible	Fort	Aucun – Très faible	Choix de la méthode d'application et optimisation du taux d'épandage sélectionné.

Invertébrés costaux (crustacés)	Faible	Faible	Aucun – Très Faible	Adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau ou sur la côte (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur)
Poissons marins et des Salines	Faible	Faible	Faible	adapter la méthode d'application au niveau des côtes pour éviter au raticide de tomber dans l'eau (méthode manuelle ou utilisation d'un déflecteur), création de zones d'exclusion autour des salines à traiter à la main.
Humains	Risque de dérangement dû aux activités drones ou hélicoptères	Risque d'exposition au raticide ?	Santé humaine et risques sécuritaires ?	Potentielle stratégie de mitigation*
Membres de l'opération	Aucun	Faible	Faible	Évitement du contact avec l'appât et utilisation d'équipements de sécurité
Visiteurs et gardes de la réserve	Aucun	Très faible	Très faible	Minimiser ou empêcher la présence de visiteurs durant l'opération et tant que du raticide est disponible sur le sol. Déconnexion des gouttières de récupération des eaux durant l'opération.

*Pour plus de détails sur les méthodes de mitigation proposées, voir: Castaño et al. 2022a Invasive rodent eradication on islands: assessment and mitigation of human exposure to rodenticides. Biol Invas. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02940-1> and Castaño et al. 2022b Managing non-target wildlife mortality whilst using rodenticides to eradicate invasive rodents on islands. Biol Invas. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02860-0>

Reptiles terrestres et marins :

L'herpétofaune terrestre [Anolis de Petite Terre (*Ctenonotus marmoratus chrysops*), Petit gecko fantastique de Grande Terre (*Sphaerodactylus Fantasticus karukera*), Scinque de la Désirade (*Mabuya desiradae parviterrae*), sur Petite Terre est principalement insectivore et donc à risque d'exposition secondaire. Dans le même temps, l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*) est un herbivore,

avec une exposition secondaire moins probable. La consommation d'appâts par les iguanes a été enregistrée sur Petite Terre lors de la visite sur le terrain en novembre 2023 (voir plus loin). Lors des éradications précédentes de rongeurs (par exemple, Seymour Norte et Plaza Sur Island, îles Galapagos), la consommation d'appâts et la mortalité des iguanes terrestres (*Conolophus subcristatus*) ont été enregistrées. Sur la Plaza Sur, sur environ 400 iguanes terrestres estimés, neuf ont été découverts morts, sept d'entre eux avec de l'appât dans l'estomac (Castaño et al. 2022a), et à Seymour Norte, six iguanes terrestres

avec un taux de mortalité global de la population estimé à 4,5 % d'une population estimée avant l'éradication à 2 467 individus (IC à 95 % : 1 744-3 397 ; Harper et al. 2011).

Les données recueillies dans le cadre de plusieurs projets d'éradication montrent que les reptiles sont moins sensibles au brodifacoum que les oiseaux et les mammifères (Herrera-Giraldo et al. 2019, Weir et al. 2015) mais qu'ils peuvent représenter une voie d'exposition secondaire importante pour d'autres espèces en raison de leur faible sensibilité et du fait qu'ils peuvent contenir des concentrations de résidus sublétaux relativement élevées sur des périodes relativement longues (Rueda et al. 2016, Rueda et al. 2019). Sur cet aspect, l'iguane ne représente pas un danger sur la RNNPT mais la consommation d'appâts par la petite herpétofaune pourrait constituer une menace pour les espèces d'oiseaux présentes à Petite Terre, qui pourraient se nourrir d'anolis, de scinques ou de geckos. Cela pourrait concerner éventuellement quelques oiseaux de rivage et le moqueur des savanes (*Mimus gilvus*) bien que celui-ci puisse être malheureusement déjà considéré comme quasi-absent étant donnée la quasi absence d'observation depuis 2019 (2 contacts en 2022 lors du STOC, L). Les mesures d'atténuation recommandées pour l'herpétofaune terrestre de Petite Terre varieraient et dépendraient du seuil de tolérance des risques décidé par les gestionnaires de la réserve et les parties prenantes du projet.

Si la détention en captivité devait être choisie comme stratégie de mitigation d'une ou plusieurs espèces de reptiles. Dans ce cas, il est essentiel de considérer les risques inhérents à la mise en captivité d'animaux capturés dans la nature (Animal Care and Use Committee, American Society of Mammalogists 1998) et de pouvoir les maintenir de manière adéquate pendant la durée requise. Ainsi, une exigence essentielle de cette tactique est que l'élevage en captivité de l'espèce soit suffisamment bien compris pour garantir une bonne santé jusqu'à la libération. Sur cet aspect, un partenariat avec le zoo de Guadeloupe qui est habitué à ce type de captivité pourrait être une piste à investiguer. La capacité à capturer les individus doit également être anticipée. En effet, la capture du scinque peut s'avérer très difficile voire impossible si un nombre minimal d'individus devait être atteint. Pour l'espèce, d'iguane des petites Antilles, des lignes directrices spécifiques ont été élaborées et peuvent être consultées au lien suivant : <https://www.eaza.net/assets/Uploads/CCC/BPG-2023/2023-Lesser-Antillean-iguana-Iguana-delicatissima-EAZA-Best-Practice-Guidelines-Approved.pdf>.

Bien que ceci soit probablement difficile à mettre en place sur le site de la RNNPT, pour certains projets, il a été approprié d'établir une population supplémentaire permanente sur un site distinct en utilisant des individus de l'île du projet. Comme pour la captivité ex situ, cela nécessite la capture et le transport des individus vers un nouvel emplacement. Un tel transfert a été mis en place pour d'autres espèces d'iguanes terrestres comme stratégie de mitigation décidée par les gestionnaires. En 2019, plus de deux mille iguanes terrestres (*Conolophus subcristatus*) de l'île Seymour Norte, en Équateur, ont été transportés à l'île Santiago, en Équateur, dans le cadre de l'éradication des rongeurs de l'île Seymour Norte. À ce jour, les iguanes se sont établis et se reproduisent avec succès sur l'île de Santiago, et l'éradication des rongeurs à Seymour Norte a été un succès.

Le cas des iguanes des Petites Antilles à Petite Terre est un défi du projet de dératisation. En effet nos tests ont pu montrer que certains individus consommaient le raticide inerte disposé au sol au cours des tests de novembre 2023. Sur 10 jours d'enregistrements, sur 4 quadrats nous avons observés 181 passages d'iguanes. Sur ces 181 passages, 91% représentaient des passages d'iguanes ne montrant aucun intérêt (N=156) ou une simple curiosité (N=8) pour le raticide. Seulement 9% (N=17) ont consommé du raticide et parfois même beaucoup (maximum de granules consommées : minimum 6). Toutefois il est important de noter que ces 17 passages d'un individu consommant du raticide ne correspondent pas forcément à 17 individus différents. Nous pensons même qu'il y a de fortes chances qu'ils s'agissent de mêmes individus puisque la totalité de ces passages ce sont produits sur deux mêmes quadrats (celui de la maison des gardes et de la cocoteraie) et mettaient en scène uniquement des individus mâles qui pouvaient être régulièrement les mêmes. A ce sujet il est important de noter, bien que l'effectif de passages soit faible (N=23 passages), qu'aucun iguane consommant du raticide n'a été noté sur les quadrats situés en zone non-anthropisée (i.e. autre que la cocoteraie et la cabane). Ceci pourrait indiquer que nos résultats puissent être biaisés et qu'un tel comportement de consommation soit préférentiellement observé dans les sites où les iguanes sont habitués à consommer des aliments non-naturels du fait des activités humaines. Notons de plus qu'aucune consommation de cadavre de rat par les iguanes n'a été notée malgré les 42 passages observés dans la zone restreinte des cadavres placés volontairement. **Le défis à relever, si l'option d'un épandage de raticide est retenue, sera de trouver le bon compromis entre l'optimisation du taux d'épandage qui semble être la mesure de mitigation la plus évidente à mettre en œuvre pour diminuer l'impact potentiel sur les iguanes et le besoin conséquent en quantité de raticide au sol pour pallier la forte densité en Bernard l'hermites observée sur certains sites.**

Recommandation : Comme expliqué précédemment, nous recommandons à la RNNPT de poursuivre la faisabilité en réalisant un ou deux tests de disponibilité en raticide dans des zones denses en Bernard l'hermites et de le coupler avec un suivi de la consommation du raticide par les iguanes par suivi biomarqueur. Ceci permettra d'avoir une meilleure idée du ratio d'iguanes consommant le raticide.

Mais attention, cela n'apportera pas d'information sur la sensibilité de l'iguane des Petite Antilles au raticide utilisé. A ce sujet Island Conservation pourrait proposer au gestionnaire une collaboration avec ses équipes sud-Américaines qui travaillent justement à estimer la sensibilité de l'iguane commun introduit (*Iguana iguana*) au raticide sur des sites tests à Puerto Rico en 2024. Étant donnée la très forte proximité génétique entre ces deux espèces d'iguanes, il est fort probable que la sensibilité au raticide soit similaire.

Le risque d'exposition primaire de l'herpétofaune marine tortue verte (*Chelonia mydas*), imbriquée (*Eretmochelys imbricata*) ou luth (*Dermochelys coriacea*) est très improbable, car les tortues femelles venant sur les plages pour pondre ne rencontreront probablement pas d'appât et ne devraient pas consommer d'appât de quelque manière que ce soit. Lorsqu'elles se nourrissent près du littoral, elles pourraient consommer par erreur des granules d'appât accidentellement dispersés et fragmentés dans l'environnement littoral. Cependant, le risque restera très faible car elles ont une masse importante et leur sensibilité au brodifacoum est faible. Ces espèces sont également principalement herbivores, se nourrissant de plantes marines et d'algues. Il est donc peu probable qu'elles présentent une exposition secondaire, car le brodifacoum étant insoluble dans l'eau, les plantes ne le captent pas via leur système racinaire.

Oiseaux Marins :

La plupart des oiseaux marins se nourrissent en mer (loin des zones côtières), bien que quelques-uns (par exemple les paille-en-queues ou certaines sternes) peuvent parfois se nourrir de poissons près du rivage. En général, les oiseaux marins sont considérés comme présentant un faible risque d'exposition aux éradications par brodifacoum sur les îles, étant donné la faible solubilité du brodifacoum dans l'eau et le faible risque de contamination des poissons. Cependant, le nourrissage côtier pourrait représenter un risque plus élevé pendant l'opération. Les mesures d'atténuation qui pourraient être envisagées pour ceux qui se nourrissent dans les zones côtières comprennent l'utilisation d'une stratégie d'appâtage directionnelle pour guider la diffusion de rodenticide vers la côte uniquement et exclure du mieux que possible les salines (Howald et al. 2010). **Sur la RNNPT une planification d'une opération hors des périodes de reproduction ou d'hivernage se présente comme étant la stratégie de mitigation la plus évidente à mettre en œuvre.**

Limicoles et canards résidents et migrateurs :

Les oiseaux de rivage migrateurs de Petite Terre sont principalement carnivores (en se nourrissant d'insectes et/ou d'invertébrés aquatiques), seuls quelques-uns ont un régime alimentaire carnivore et granivore. Il s'agit donc d'une voie d'exposition primaire et/ou secondaire au brodifacoum potentiellement utilisé. La sélection de la période d'opération hors période de présence de ces oiseaux éviterait le risque pour les oiseaux. Cela pourrait également comprendre une stratégie limitant l'épandage sur les côtes ou les bords de salines.

Pour les canards migrateurs et résidents, les mêmes tactiques d'atténuation peuvent s'appliquer en plus d'empêcher les appâts de pénétrer dans les salines en traitant ces dernières comme des zones d'exclusion pour l'appâtage aérien par exemple. Pour les canards résidents tels que le canard siffleur antillais (*Dendrocygna arborea*) et le canard des Bahamas (*Anas bahamensis*), une immigration naturelle pourrait être envisagée car tout déclin de l'espèce à Petite Terre sera probablement compensé au cours des saisons suivantes par l'immigration d'autres espèces depuis les îles voisines. Lorsqu'une absence saisonnière n'est pas remarquée, la dispersion temporaire des individus par effarouchement peut être une option. À Allen Cay, aux Bahamas, la destruction des nids et le retrait des œufs de goélands rieus ont eu lieu avant que l'application d'appâts ne soit mise en œuvre pour pousser les oiseaux reproducteurs vers les îles voisines (Alifano et al. 2012). Sur l'île de Géorgie du Sud, et les îles Sandwich du Sud, des tentatives visant à encourager une migration précoce des labbes bruns adultes reproducteurs (*Stercorarius antarcticus*) ont été mises en œuvre en huilant les œufs pour empêcher l'éclosion (Martin et Richardson 2019). L'un des éléments clés à prendre en compte lors de la mise en œuvre de cette tactique est qu'elle comporte le risque que les oiseaux repoussés reviennent ou se déplacent vers d'autres sites au sein de la même île (Castaño et al., 2022a). Mais il s'agit là de mesures facilement applicables et pouvant mener à des résultats efficaces.

Les rapaces :

Aucun des rapaces de Petite Terre n'est actuellement répertorié comme menacé ; trois sont considérés comme vagabonds et un est migrateur. Une espèce, la crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*), a déjà été signalée comme se reproduisant sur l'île. Les rapaces sont très sensibles à une exposition secondaire par la prédation de rongeurs, de carcasses ou d'autres espèces, comme les petits reptiles. Ainsi, au moins trois des quatre espèces recensées sur l'île (*Falco columbarius*, *Falco peregrinus* et *sparverius*) devraient présenter une mortalité moyenne à élevée si jamais elles sont exposées à des rongeurs ou à de petits reptiles empoisonnés. Le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*) présente un risque plus faible

de mortalité par empoisonnement puisque 99 % de son régime alimentaire est constitué de poisson.

Si le risque de mortalité par empoisonnement pour ces rapaces est considéré comme inacceptable par les gestionnaires, les mesures d'atténuation qui pourraient être discutées pour ces espèces à Petite Terre comprennent 1) la mise à disposition de sources de nourriture alternatives traitées à la vitamine K1, 2) l'optimisation des taux d'application d'appâts et 3) la recolonisation naturelle par immigration depuis les sites voisins. La vitamine K1 (qui réussit à inverser les effets anticoagulants) a été utilisée avec succès chez les faucons des Galapagos (Galapagos) et les courlis (atoll de Palmyra) après exposition à des proies contaminées ou consommation d'appâts. Cependant, lorsqu'il est associé à une alimentation supplémentaire et effectué sur l'île traitée, il devient également disponible pour les rats ciblés, réduisant ainsi l'efficacité de l'appât et posant un risque pour l'opération. Autre exemple, sur l'île Pinzon, les gestionnaires ont estimé que les hiboux des marais (*Asio flammeus galapagoensis*), endémiques des Galapagos, étaient présents sur suffisamment d'îles environnantes pour qu'ils puissent facilement recoloniser Pinzon si leur population disparaissait par empoisonnement (Fisher et Campbell 2012). Les observations trois ans après l'éradication des rats ont confirmé le retour des hiboux à Pinzon (données non publiées).

Les Autres oiseaux terrestres :

Plusieurs espèces d'oiseaux terrestres sont présentes sur Petite Terre, dont au moins 11 se reproduisent sur l'île, tandis que les autres sont vagabondes ou migratrices. Le risque d'empoisonnement varie selon les espèces, certaines présentant un risque faible tandis que d'autres présentent un risque moyen à élevé. Les espèces présentant un risque moyen comprennent :

- La tourterelle à queue noire (*Columbina passerine*),
- La tourterelle à queue carrée (*Zenaida aurita*), et
- Les trois espèces de colibris (*Eulampis holosericeus*, *Orthorhynchus cristatus* et *Eulampis jugularis*).

Les espèces de tourterelles peuvent être exposées par des voies primaires et secondaires. Lors d'efforts antérieurs d'éradication de rongeurs, il a été observé que des espèces similaires de tourterelles pouvaient prélever des fragments d'appât. Il existe donc un risque d'exposition primaire et secondaire par la consommation potentielle d'insectes exposés aux appâts des rongeurs. On ne s'attend pas à ce que les colibris soient exposés au brodifacoum en se nourrissant du nectar des plantes. Le brodifacoum n'est pas soluble dans l'eau et les concentrations résiduelles provenant des appâts dégradés resteront probablement liées à la matière organique du sol plutôt que d'être absorbées par les plantes dans une solution provenant de l'humidité du sol. Les petits insectes proies capturés par les trois espèces de colibris représentent une voie potentielle d'exposition secondaire si ces invertébrés se sont nourris d'appâts. Actuellement, le niveau de risque est considéré comme moyen pour les individus et la population insulaire, mais ce classement est associé à une certaine incertitude en raison du manque d'informations. On ne sait pas clairement si les insectes consommés par ces trois espèces de colibris peuvent rencontrer des appâts au sol et si ces insectes représentent une partie essentielle de leur alimentation. Une stratégie d'atténuation potentielle à envisager consiste à fournir de la vitamine K1 à titre prophylactique via un distributeur de nectar. Une considération importante est que l'équipe du projet doit s'assurer que les rongeurs ne puissent pas accéder à ces distributeurs. Une méthode similaire a déjà été utilisée au Portugal (Olivera et al. 2010).

Pour les tourterelles, aucune mesure d'atténuation n'est recommandée. Cependant, la couleur de

l'appât (p. ex. vert, bleu) a été identifiée comme une option permettant de réduire l'attrait des appâts pour les espèces non-cibles. On pense que les appâts de couleur verte ou bleue les rendent moins attrayants pour certains oiseaux (e.g. Buckelew et al. 2011 ; mais voir Hartley et al. 1999), dans certains cas le bleu étant même préférable au vert mais également inversement selon les sites. Attention, sur la base des produits enregistrés aux Petites Antilles, toute modification de couleur peut nécessiter une nouvelle procédure d'enregistrement de mise sur le marché ou de modification de l'étiquette.

Au moins deux espèces (le moqueur des savanes et la marouette de Caroline) présentes sur Petite Terre ont été identifiées comme présentant un risque moyen-élevé ou élevé de mortalité par empoisonnement ayant un impact sur le niveau de population de l'île. Les moqueurs des savanes peuvent être exposés par des voies primaires. Cependant, les éradications de rongeurs menées dans les îles Galapagos, où d'autres espèces de moqueurs étaient présentes, ont montré que ces derniers n'étaient pas intéressés par l'appât dans des conditions naturelles, et aucune mortalité n'a été enregistrée pour l'espèce. Des voies d'exposition secondaires pour l'espèce peuvent être disponibles via la consommation d'invertébrés, de geckos, de lézards et éventuellement de petits rongeurs. La marouette, espèce de râle, est omnivore et mange une large gamme d'aliments. Elle se nourrit de graines, de plantes aquatiques, d'escargots, de crustacés, d'araignées et d'insectes, notamment de coléoptères, de mouches et de libellules. Les râles sont connus pour être à risque lors des opérations d'éradication des rongeurs et pour être particulièrement sensibles à l'empoisonnement primaire au brodifacoum. Ils peuvent consommer les granulés et potentiellement en manger des quantités mortelles si ils les trouvent agréables au goût. L'exposition secondaire par le biais d'invertébrés ayant mangé des appâts toxiques est probable, mais moins préoccupante que l'empoisonnement primaire. Les tactiques d'atténuation possibles qui pourraient être mises en œuvre pour réduire tout risque pour l'espèce comprennent : 1/ la captivité in situ ou ex situ d'une partie de la population, 2/ le traitement à la vitamine K1, ou 3/ laisser faire une immigration naturelle ou engager une réintroduction depuis les îles voisines une fois la période de risque dépassée.

Des expériences antérieures réussies de captivités de marouettes (Kaufmann, 1989) ou d'autres espèces de râles similaires sont disponibles. A Henderson il a été enregistré des pertes élevées (22 oiseaux sur 108 capturés) lors des premiers essais visant à établir un régime alimentaire adapté aux oiseaux captifs. Cependant, il a été conclu que, malgré la mortalité élevée des râles lors de la tentative d'éradication, les mesures d'atténuation prises ont été efficaces et ont contribué au rétablissement rapide de l'espèce après l'opération d'éradication. Les râles ont été relâchés avec succès dans la nature après environ 100 jours en captivité, et au moins trois de ces oiseaux relâchés après captivité en 2011 ont été observés vivants et en train de se reproduire en 2015 (Oppel et al. 2016). Le traitement à la vitamine K1 pour d'autres espèces de râles exposées au brodifacoum a résulté d'un succès de traitement de deux cas sur huit (Brooke et al. 2012). Enfin, nous supposons que l'élimination des rongeurs entraînera un rétablissement rapide de cette population, qui pourrait inclure une augmentation par immigration naturelle.

Mammifères (Chauves-souris) :

Plusieurs espèces de chauve-souris ont été recensées sur Petite Terre. Les chauves-souris se nourrissent d'insectes volants nocturnes, en particulier de papillons nocturnes, et ne sont donc pas considérées comme susceptibles d'être exposées de manière primaire aux appâts. Comme les autres mammifères, les chauves-souris sont très sensibles à l'empoisonnement au brodifacoum et une exposition secondaire via leurs proies invertébrées est possible. Cependant, on ne sait pas dans quelle mesure les invertébrés qui composent le régime alimentaire des chauves-souris se nourrissent d'appâts au brodifacoum et

accumulent des résidus. Le risque global de mortalité par empoisonnement pour ces populations est considéré comme faible ; à ce titre, aucune mesure d'atténuation spécifique n'est recommandée pour les chauves-souris de Petite Terre.

Invertébrés terrestres et de bord de mer :

Divers invertébrés ont été observés se nourrissant d'appâts à base de céréales ou à proximité, et des résidus de brodifacoum ont été trouvés chez plusieurs espèces d'insectes (Booth et al. 2001; Craddock 2003; Bowie et Ross 2006). Cependant, les invertébrés ne sont généralement pas considérés comme étant à risque d'empoisonnement au brodifacoum, et les espèces exposées au brodifacoum n'ont pas été affectées (Booth et al. 2003; Fisher et Fairweather 2006). Des crustacés terrestres sont présents sur Petite Terre et sont des consommateurs non-cibles d'appâts pour rats. Étant donné que les Bernard l'hermites notamment pourraient être d'importants consommateurs d'appâts et avoir un impact important sur la disponibilité des appâts, les densités en crustacés ont été étudiées ainsi que les espèces présentes (**Cf. Section 4.4 "Les Contraintes"**). Ceci doit être pris en compte pour déterminer les taux d'application d'appâts avant la mise en œuvre du projet. Comme la plupart des autres invertébrés, les crustacés ne sont pas sensibles au brodifacoum (Pain et al. 2000; Buckelew et al. 2005; Primus et al. 2005). Les crabes sont régulièrement capturés dans les îles tropicales. Cependant, ce risque reste réduit sur Petite Terre grâce aux interdictions de pêche, de chasse et à la surveillance qui y est associée. Il en va de même pour les invertébrés marins. Supposons cependant qu'il existe une légère chance que des personnes se nourrissent de crabes ou de mollusques : c'est par exemple le cas avec le braconnage du burgo (*Cittarium pica*) qui est encore connu dans la zone intertidale et pour lequel des procédures de police sont en cours. Dans ce cas, un moratoire ou une surveillance accrue devrait être imposé ou mise en place pendant que le risque persiste.

Poissons du bord de mer et des salines :

Pour garantir que l'appât soit disponible dans chaque domaine vital de chaque rongeur de l'île de Petite Terre, l'appât doit être appliqué sur la zone côtière environnante (y compris les plages côtières) et les salines. Cependant, techniquement l'appât peut ne pas être appliqué au-delà de la ligne de marée haute. De plus, pour les salines, il est possible d'empêcher l'appât de pénétrer dans l'eau en traitant cette zone comme une zone d'exclusion de l'épandage. Tous les appâts qui pénétreraient accidentellement dans l'eau se déposeront sur le fond. Dans les endroits soumis à l'action des vagues, les pellets se briseront rapidement. À mesure que les granulés d'appât se désintègrent, le brodifacoum se liera au sol et sera largement indisponible pour la consommation. Le brodifacoum est hautement insoluble dans l'eau et il a été démontré qu'il n'a aucun impact sur la qualité de l'eau de mer ni sur les plans d'eau intérieurs (Primus et al. 2005 ; Fisher et al. 2011). De plus, les études menées avant et après des épandages de brodifacoum n'ont trouvé aucune preuve que les densités de poissons étaient affectées, et aucun changement dans les assemblages marins n'en a résulté (Empson & Miskelly 1999). Cependant, des résidus de brodifacoum ont été détectés jusqu'à trois ans dans des environnements aquatiques à faible renouvellement dans l'atoll de Wake, aux États-Unis (Siers et al. 2020). En supposant que les précautions appropriées soient prises, aucun impact significatif sur les poissons des salines et marins n'est attendu de l'éradication des rongeurs sur Petite Terre.

En conclusion, nous pouvons avancer que dans l'ensemble, le projet aura un impact positif net sur Petite Terre au niveau terrestre mais maritime également. Tout au long de ce projet, il y aura probablement des impacts négatifs pour quelques individus d'espèces non-cibles. Cependant, il est très peu probable qu'il ait un impact négatif au niveau régional ou mondial sur ces espèces. Les

avantages de ce projet l'emportent sur les risques, ce qui le rend réalisable du point de vue de l'impact environnemental.

6 Synthèse

Toutes les informations et recommandations partagées au sein de ce document se réfèrent aux techniques qui présentent aujourd'hui les meilleures chances de succès selon les mesures de bonnes pratiques internationales faisant consensus à travers le monde. Une opération de dératisation apporterait des bénéfices immenses sur l'écosystème et la biodiversité de la RNNPT. Il ne s'agit plus aujourd'hui d'opérations rares à risque d'échec. Ne serait-ce que dans les caraïbes, plus de 40 opérations ont été menées avec succès aujourd'hui (Daltry et al. 2018).

Au cours de ce documents un certain nombre de conclusions et de recommandations ont été faites aux gestionnaires. Nous les listons ci-dessous :

- La probabilité qu'il y ait de la souris sur la RNNPT est à ce jour très faible.
- Les densités observées en rat noir sur la RNNPT au mois de novembre semblent fortes.
- Dans le cas de la RNNPT, **une éradication du rat avec un fort taux de succès peut être garantie** selon les conditions développées au sein de ce rapport et correspondant aux bonnes pratiques internationales d'éradication de rongeurs.
- Avant toute construction d'un plan opérationnel, il est conseillé au gestionnaire d'assurer le **consensus autour du projet** et de la technique choisie entre les parties prenantes. Le temps nécessaire à cette consultation ne doit pas être négligé.
- Un **plan de biosécurité, un plan opérationnel** (incluant un **plan de gestion des sources alternatives de nourriture** et de **gestion des infrastructures**) devront être développés.
- Nous recommandons une opération d'épandage de granulés de brodifacoum par voie aérienne.
- A cause de la très forte densité en Bernard l'hermites observée sur certaines zones restreintes, il faudra envisager un **taux de raticide à l'hectare conséquent**. Raison de plus pour que ce taux soit déterminé par la **réalisation de tests de disponibilité de l'appât**. Il y aura un compromis entre le fort taux à l'hectare et une bonne atténuation de l'impact potentiel sur les espèces non-cibles. Une attention particulière devra être portée à la réflexion sur la diminution de ces impacts dans la stratégie opérationnelle sélectionnée. De nombreuses mesures de mitigation existent.
- La période sèche pourrait être la meilleure période opérationnelle d'un point de vue de la biologie du rat noir sur la RNNPT. Les mois d'absence des espèces d'oiseaux migrateurs seraient la meilleure période opérationnelle pour faciliter la mitigation de l'impact potentiel de l'opération sur les espèces non-cibles.
- Il pourrait être intéressant pour le gestionnaire de collaborer avec Island Conservation dans la réalisation de tests réalisés sur l'iguane commun pour documenter la sensibilité de l'iguane des petites Antilles au brodifacoum. Quoi qu'il en soit nous conseillons au gestionnaire de poursuivre des tests sur l'impact potentiel de l'opération sur les reptiles de la RNNPT pour informer les parties prenantes.
- D'un point de vue de l'impact environnemental, les avantages de ce projet l'emportent sur les risques.
- Les pièges photographiques ainsi que les pièges cages pourraient être de bons outils de détection du rat post-opération. Le piège photographique serait un bon outil de biosécurité.
- Il est possible pour le gestionnaire d'améliorer significativement son taux de capture de rat au

niveau du muret des scinques en améliorant sa disposition de piégeage pour limiter l'impact des Bernard l'hermites.

- Le gestionnaire pourrait noter le sexe et le statut reproductif des femelles capturées lors des sessions de piégeage en période sèche 2024 pour confirmer la stratégie d'éradication. Quelques ADN supplémentaires peuvent aussi être échantillonnés. A l'avenir un échantillonnage sur la Grande Terre et La Désirade devra également être réalisé.

7 Références

- Alifano A, Jolley W, Griffiths R. 2012. Final Operational Report for the Removal of Introduced House Mice from Allen Cay, Exuma Islands, Bahamas. Unpublished report, Island Conservation, Santa Cruz, CA, United States
- Allen, R. B., W. G. Lee, and B. D. Rance. 1994. Regeneration in indigenous forest after eradication of Norway rats, Breaksea Island, New-Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 32: 429-439.
- Amaral, J., S. Almeida, M. Sequeria, and V. Neves. 2010. Black rat *Rattus rattus* eradication by trapping allows recovery of breeding Roseate Tern *Sterna dougallii* and Common Tern *S. hirundo* populations on Feno Islet, the Azores, Portugal. *Conservation Evidence* 7:16-20.
- Animal Care and Use Committee, American Society of Mammalogists (1998) Guidelines for the capture, handling, and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. *J Mammal* 79:1416–1431
- Barré N., Lorvelec O., Breuil M., 1997. Les Oiseaux et les Reptiles des îles de la Petite Terre (Guadeloupe). Bilan d'un suivi écologique d'une année. Rapport AEVA No 16, 1-57, annexes, pls. I-IX.
- Bell, E.A. (2011) Dog Island Restoration Project: Operational Plan for the Eradication of Black Rats (*Rattus rattus*) from Dog Island, Anguilla. Unpublished report for the Dog Island Restoration Project Partners: Government of Anguilla, Anguilla National Trust, RSPB and Fauna & Flora International.
- Bell, E.A. (2012) Dog Island Restoration Project: Technical Report for the Eradication of Black Rats (*Rattus rattus*) from Dog Island, Anguilla. Unpublished report for the Dog Island Restoration Project Partners: Government of Anguilla, Anguilla National Trust, RSPB and Fauna & Flora International.
- Bell, E.A. & Daltry, J.C. (2012) Feasibility Study for the Eradication of Black Rats *Rattus rattus* from Redonda, with New Observations on the Island's Biodiversity and Ecology. Report from Wildlife Management International Ltd and Fauna & Flora International to the Offshore Islands Conservation Programme, St John's, Antigua.
- Bell, E.A., & Daltry, J.C. (2014) Dog Island Restoration Project: Two-year Assessment Following the Eradication of Black Rats (*Rattus rattus*) From Dog Island, Anguilla. Report from Wildlife Management International Ltd and Fauna & Flora International, New Zealand and UK
- Bonham, J. and Griffiths, R. (2013) Feasibility Assessment for the Removal of Pacific Rats (*Rattus exulans*) from Late Island. Island Conservation.
- Booth, L.H., Eason, C.T. & Spurr, E.B. 2001. Literature review of the acute toxicity and persistence of brodifacoum to invertebrates. *Science for Conservation*, 177, 1-9.

- Booth, L.H., Fisher, P., Heppelthwaite, V. et al. 2003. Toxicity and residues of brodifacoum in snails and earthworms. DOC Science Internal Series 143. New Zealand Department of Conservation, Wellington, New Zealand
- Bowie, M.H. & Ross, J.G. 2006. Identification of weta foraging on brodifacoum bait and the risk of secondary poisoning for birds on Quail Island, Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 30, 219-228.
- Breuil M., 2002. Histoire naturelle des Amphibiens et Reptiles terrestres de l'archipel Guadeloupéen. Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy. *Patrimoines Naturels*, 54 : 339p.
- Broome, K.G., Fairweather, A.A.C., Fisher, P. 2017. Brodifacoum Pesticide Information Review. Version 2017/1. Unpublished report docdm-25436, Department of Conservation, Hamilton, New Zealand
- Brooke MdL, Harrison G, Cuthbert RJ. 2012. The capture, husbandry, and captive breeding of Henderson rails during the Henderson Island rat eradication and the impact of the project on native landbirds. Unpublished report, RSPB, Sandy, U.K.
- Brown, D. 2007. A feasibility study for the eradication of rodents from Tristan da Cunha. Unpublished report to the Royal Society for the Protection of Birds, Royal Society for the Protection of Birds, Sandy, UK
- Buckelew, S., Howald, G., Wegmann, A., Sheppard, J., Curl, J., McClelland, P., Tershy, B., Swift, K., Campbell, E. & Flint, B. 2005. Progress in Palmyra atoll restoration: rat eradication trial 2005. *Island Conservation Report*. 46pg.
- Buckelew S, Byrd V, Howald G., et al. 2011. Preliminary ecosystem response following invasive Norway rat eradication on Rat Island, Aleutian Islands, Alaska. In: Veitch CR, Clout M, Towns DR (eds) *Island Invasives: Eradication and Management*. IUCN, Gland, Switzerland, pp 275–279
- Castaño, P.A., Campbell, K.J., Baxter, G.S. et al. 2022a. Managing non-target wildlife mortality whilst using rodenticides to eradicate invasive rodents on islands. *Biol Invas.* <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02860-0>
- Castaño, P.A., Hanson, C.C., Campbell, K.J., et al. 2022b. Invasive rodent eradication on islands: assessment and mitigation of human exposure to rodenticides. *Biol Invas.* <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02940-1>
- Craddock, P. 2003. Aspects of the ecology of forest invertebrates and the use of brodifacoum. PhD thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand
- Cunningham D.M and Moors P.J : Guide to the identification and collection of New Zealand Rodents.
- Daltry JC 2006. Control of the black rat *Rattus rattus* for the conservation of the Antiguan racer *Alsophis antiguae* on Great Bird Island, Antigua. *Conservation Evidence* 3, 28–9.
- Daltry, J.C., James, K.J., Andrea, O. & Toby, N. 2012. Evidence that eradicating black rats has boosted the recovery of rare reptiles and seabirds on Antiguan islands. *Biodiversité insulaire*, 146.

- Daltry, J.C., Lawrence, S.N., Lindsay, K., Morton, M.N., Otto, A. & Thibou, A. (2017) Successful reintroduction of Antigua racers *Alsophis antiguae* to offshore islands in Antigua, West Indies. *International Zoo Yearbook*, 51, 1–10.
- Daltry, J.C., and Bell, E. 2018. Can Brodifacoum Save Endangered Species? Recent Experiences from the West Indies. *Outlooks of pest management*.
- DIISE. 2018. The Database of Island Invasive Species Eradications, developed by Island Conservation, Coastal Conservation Action Laboratory UCSC, IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, University of Auckland and Landcare Research New Zealand. Accessed on 11/15/2023. <http://diise.islandconservation.org>.
- Eason, C.T., Murphy, E.C., Wright, G.R.G. & Spurr, E.B. (2002) Assessment of risks of brodifacoum to non-target birds and mammals in New Zealand. *Ecotoxicology*, 11, 35–48.
- Empson, R. & Miskelly, C. 1999. The risks, costs and benefits of using brodifacoum to eradicate rats from Kapiti Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 23, 241-254.
- Fisher, P. & Fairweather, A. 2006. Brodifacoum: a review of current knowledge Part 6 Department of Conservation pesticide information reviews series. New Zealand.
- Fisher, P. & Campbell, K. 2012. Non-target risk assessment for rodenticide application on Pinzón and Plaza Sur, Galápagos Islands. Unpublished Report to Island Conservation.
- Gonzalez-Solis J, Croxall JP. 2005. Differences in foraging behavior and feeding ecology in giant petrels. In: Ruckstuhl KE, Neuhaus P (eds) *Sexual segregation in vertebrates: ecology of the two sexes*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp 92–111
- Graham, N.A.J., Wilson, S.K., Carr, P. et al. 2018. Seabirds enhance coral reef productivity and functioning in the absence of invasive rats. *Nature* 559, 250–253.
- Griffiths, R, Miller, A and Climo G. 2011. Addressing the impact of land crabs on rodent eradications on islands. *Pacific conservation biology*.
- Harper G.A., Zabala, J., Carrion, V. 2011. Monitoring of a population of Galápagos land iguanas (*Conolophus subcristatus*) during a rat eradication using brodifacoum. In Veitch, C.R. Clout, M.N., Towns, D.R. (Eds.), *Island Invasives: Eradication and Management*, IUCN, Gland, Switzerland, pp. 309-312
- Hartley L, O'Connor C, Waas J et al. 1999. Colour preferences in North Island robins (*Petroica australis*): implications for deterring birds from poisonous baits. *N Z J Ecol* 23:255–259
- Herrera-Giraldo JL, Figuerola-Hernandez CE, Holmes ND et al. 2019. Survival analysis of two endemic lizard species before, during and after a rat eradication attempt on Desecheo Island, Puerto Rico. In: Veitch CR, Clout MN, Martin AR, Russell JC, West CJ (eds) *Island invasives: scaling up to meet the challenge*. IUCN, Gland, Switzerland, pp 191-195
- Hedges SB, Lorvelec O, Barré N, Berchel J, Combout MD, Vidal N, Pavis C. 2016. A new species of skink from the Guadeloupe Archipelago (Squamata, Mabuyidae, Mabuya). *Caribbean Herpetology* 53:1–14

- Hedges SB, Lorvelec O, Barré N, Vidal N, Pavis C. 2019. On the taxonomic recognition of skinks from the Guadeloupe Archipelago (Squamata Mabuyidae, Mabuya). *Caribbean Herpetology* 64:1–7
- Howald, G.R., Faulkner, K.R., Tershy, B.R., Keitt, B.S., Gellerman, H., Creel, E.M., Grinnell, M., Ortega, S.T. & Croll, D.A. 2005. Eradication of black rats from Anacapa Island: biological and social considerations. *Sixth California Islands Symposium* (ed. D.K.G.a.C.A. Schwemm), pp. 299-312. Institute for Wildlife Studies, Ventura, CA.
- Howald, G., Donlan, C.J., Galva'n, J.P., Russel, J., Parkes, J., Samaniego, A. et al. (2007) Invasive rodent eradication on islands. *Conservation Biology*, 21, 1258–1268.
- Howald, G., Donlan, C.J., Faulkner, K.R., Ortega, S., Gellerman, H., Croll, D.A. and Tershy, B.R., 2009. Eradication of black rats *Rattus rattus* from Anacapa Island. *Oryx*, 44(1), pp.30-40.
- Kaufmann, G.W. 1989. Breeding ecology of the sora, *Porzana carolina*, and the Virginia rail, *Rallus limicola*. *Can. Field-Nat.* 103: 270-282.
- King, C.M. 1990. *The handbook of New Zealand mammals*. Oxford U.P., Auckland.
- Legouez C., 2010. Plan national d'actions de l'iguane des petites Antilles (*Iguana delicatissima*) 2010-2015. Ministère de l'écologie, du développement durable, des Transports et du Logement, Direction régionale de l'environnement Martinique, cellule Martinique de l'ONCFS Antilles françaises. 137 p.
- Leitch TM, Dann P, Arnould JPY. 2014. The diet of Pacific gulls (*Larus pacificus*) breeding at Seal Island in northern Bass Strait. *Aust J Zool* 62:216–222. <https://doi.org/10.1071/ZO13066>
- Lefebvre, S., Fourel, I., Queffélec, S. et al. 2017. Poisoning by anticoagulant rodenticides in humans and animals: causes and consequences. In: Ntambwe M (ed) *Poisoning—from specific toxic agents to novel rapid and simplified techniques for analysis*. IntechOpen Limited, London.
- Levesque A. et Mathurin A. 2008. Les zones importantes pour la conservation des oiseaux en Guadeloupe. Rapport AMAZONA N°17, 43p.
- Levesque A. 2016. L'avifaune de la Réserve naturelle des îlets de Petite Terre. Association AMAZONA. Rapport AMAZONA n° 43: 83p.
- Levesque A. et Delcroix F. 2016. Liste des oiseaux de la Guadeloupe (9ème édition). Grande-Terre, Basse-Terre, Marie-Galante, les Saintes, la Désirade, îlets de la Petite Terre. Association AMAZONA. Rapport AMAZONA n° 40 :20 p.
- Lorvelec O., Levesque A., Barré N., Feldmann P., Leblond G., Jaffard M.-È., Pascal M. et Pavis C. 2004a. Évolution de la densité de population de l'iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*) dans la réserve naturelle des îles de La Petite Terre (Guadeloupe) entre 1995 et 2002. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 59 : 331-344.
- Lorvelec O., Levesque A., Saint-Auret A., Feldmann P., Rousteau A. & Pavis C. 2004b. Suivi écologique des Reptiles, Oiseaux et Mammifères aux îles de la Petite Terre (réserve naturelle, commune de la Désirade, Guadeloupe). *Années 2000, 2001 et 2002*. Association pour l'Etude et la protection des

Vertébrés et végétaux des petites Antilles (AEVA), Petit-Bourg, Guadeloupe. Office National des Forêts, Direction Régionale, Basse-Terre, Guadeloupe. Rapport AEVA n° 28, novembre 2004 : 1-75

- Lorvelec O., Barré N., Diard M. et Pavis C. 2015. Estimation des densités et des effectifs d'Iguanes aux îles de la Petite Terre (Réserve naturelle nationale, commune de la Désirade, Guadeloupe). Années 2010, 2011, 2012 et 2013. Rapport définitif. Association pour l'Etude et la protection des Vertébrés et végétaux des Petites Antilles (AEVA), Petit-Bourg, Guadeloupe. Rapport AEVA n°39, 51p.
- Lorvelec O. Jousseau T., Le Quilliec P. et Petit E. 2018. Analyse génétique spatio-temporelle des populations du Rat noir (*Rattus rattus*) des îlets de Petite Terre (réserve naturelle, commune de la Désirade) et d'autres sites guadeloupéens. Rapport de la convention d'étude scientifique ES/2016/002.
- Martin A, Richardson M. 2019. Rodent eradication scaled up: clearing rats and mice from South Georgia. *Oryx* 53:27–35
- Moors, P.J., Atkinson, I.A.E., and Sherley, G.H. 1989. Prohibited immigrants: the rat threat to island conservation. World Wildlife Fund for Nature, Wellington.
- Newman, D. G. 1994. Effects of a mouse *Mus musculus* eradication programme and habitat change on lizard populations of Mana Island, New Island, with special reference to McGregor's skink, *Cyclodina macgregori*. *New Zealand Journal of Ecology* 21: 443-456
- Olivera P, Menezes D, Trout R et al. 2010. Successful eradication of the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and house mouse (*Mus musculus*) from the island of Selvagem Grande (Macaronesian archipelago), in the Eastern Atlantic. *Integrat Zool* 5:70–83. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00186.x>
- Opper, S., Bond, A.L., de L. Brooke, M., Harrison, G., Vickery, J.A. & Cuthbert, R.J. 2016. Temporary captive population and rapid population recovery of an endemic flightless rail after a rodent eradication operation using aerially distributed poison bait. *Biological Conservation* 204 (B): 442–448.
- Pascal, M., Brithmer, R., Lorvelec, O., & Vénumière, N. 2004. Conséquences sur l'avifaune nicheuse de la réserve naturelle des îlets de Sainte-Anne (Martinique) de la récente invasion du rat noir (*rattus rattus*), établies à l'issue d'une tentative d'éradication. *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 59(1), 309–318. Page, M., Green, A. 1998 Status of the coral reefs of Swains Island 1998. Department of Marine and Wildlife Resources Government of American Samoa P.O. Box 3730 American Samoa 96799.
- Pain, D.J., Brooke, M.d.L., Finnie, J. & Jackson, A. 2000. Effects of brodifacoum on the land crab of Ascension Island. *The Journal of Wildlife Management*, 380-387.
- Pitman, R.L., Balance, L.T., Bost, C. 2005. Clipperton Island: pig sty, rat hole and booby prize. *Marine Ornithology* 33: 193-194.
- Primus, T., Wright, G., and Fisher, P. 2005. Accidental discharge of brodifacoum baits in a tidal marine environment: a case study. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 74, 913-919.

- Regehr, H. M., M. S. Rodway, M. J. F. Lemon, and J. M. Hipfner. 2007. Recovery of the ancient murrelet *Synthliboramphus antiquus* colony on Langara Island, British Columbia, following eradication of invasive rats. *Marine Ornithology* 35: 137-144.
- Rueda, D., Campbell, K.J., Fisher, P., Cunninghame, F., Ponder, J.B. 2016. Biologically significant residual persistence of brodifacoum in reptiles following invasive rodent eradication, Galapagos Islands, Ecuador. *Conservation Evidence*, 13, pp.38-38
- Rueda, D., Carrion, V., Castaño, P.A. et al. 2019. Preventing extinctions: planning and undertaking invasive rodent eradication from Pinzon Island, Galapagos. In: Veitch CR, Clout MN, Martin AR, Russell JC, West CJ (eds) *Island invasives: Scaling up to meet the challenge*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland, pp 51–56
- Schedwill P. 2014. Étude de la population de Mabuya cf. *desiradae* (Squamata : Mabuyidae) de Terre de Bas (îles de la Petite Terre, commune de la Désirade, Guadeloupe). Rapport de stage, AEVA, Université Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau (Allemagne) & Université des Antilles (Guadeloupe), 37p et annexes.
- Shiels AB, Witmer GW, Samra C et al. 2017. Assessment of bait density, bait availability, and non-target impacts during an aerial application of rodenticide to eliminate invasive rats on Desecheo Island, Puerto Rico. Unpublished Final Report QA2588. USDA,APHIS, WS, NWRC, Ft. Collins, CO
- Sinclair, L., J. McCartney, J. Godfrey, S. Pledger, M. Wakelin, and G. Sherley. 2005. How did invertebrates respond to eradication of rats from Kapiti Island, New Zealand? *New Zealand Journal of Zoology* 32: 293-315.
- Smith, D. G., E. K. Shiinoki, and E. A. VanderWerf. 2006. Recovery of native species following rat eradication on Mokoli'i Island, Oahu, Hawaii. *Pacific Science* 60: 299-303.
- St. Clair, J., S. Poncet, D. Sheehan, T. Szekely, and G. Hilton. 2011. Responses of an island endemic invertebrate to rodent invasion and eradication. *Animal Conservation* 14: 66-73.
- Towns, D. R., C. H. Daugherty, and A. Cree. 2001. Raising the prospects for a forgotten fauna: a review of 10 years of conservation effort for New Zealand reptiles. *Biological Conservation* 99: 3-16.
- Towns, D. R. and Broome, K. G., 2003. From small Maria to massive Campbell: forty years of rat eradications from New Zealand islands. *NZ J. Zool.* 30: 377–398.
- Towns DR, Parrish GR, Tyrrell CL, Ussher GT, Cree A, Newman DG, Whitaker AH, Westbrooke I. 2007. Responses of tuatara (*Sphenodon punctatus*) to removal of introduced pacific rats from islands. *Conserv Biol.* 21:1021–31.
- Towns, D.R., Wardle, D.A., Mulder, C.P.H., Yeates, G.W., Fitzgerald, B.M., Parrish, G.R., Bellingham, P.J. & Bonner, K.I. 2009. Predation of seabirds by invasive rats: multiple indirect consequences for invertebrate communities. *Oikos*, 118, 420-430.
- Weir SM, Yu S, Talent LG et al. 2015. Improving reptile ecological risk assessment: oral and dermal toxicity of pesticides to a common lizard species (*Sceloporus occidentalis*). *Environ Toxicol Chem* 34:1778–1786. <https://doi.org/10.1002/etc.2975>

- Wegmann, A., Flint, E., White, S., Fox, M., Howald, G., McClelland, P., Alifano, A., & Griffiths, R. 2012. Pushing the envelope in Paradise: A novel approach to rat eradication at Palmyra Atoll. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*, 25. <https://doi.org/10.5070/v425110370>
- Weser C, Ross J. 2013. The effect of colour on bait consumption of kea (*Nestor notabilis*): implications for deterring birds from toxic baits. *N Z J Zool* 40:137–144. <https://doi.org/10.1080/03014223.2012.710639>
- Wilkinson, I., Priddel, D. 2011. Rodent eradication on Lord Howe Island: challenges posed by people, livestock, and threatened endemics. In: Veitch CR, Clout MN, Towns DR (eds) *Island invasives: eradication and management*. IUCN, Gland, pp 508–514
- Whitworth, D.L., Carter, H.R., Young, R.J., Koepke, J.S., Gress, F. & Fangman, S. 2005. Initial recovery of Xantus's Murrelets following rat eradication on Anacapa Island, California. *Marine Ornithology*, 33, 131-137.
- Wolf, C. A., Young, H. S., Zilliacus, K. M., Wegmann, A. S., McKown, M., Holmes, N. D., Tershy, B. R., Dirzo, R., Kropidowski, S., Croll, D. A. 2018. Invasive rat eradication strongly impacts plant recruitment on a Tropical Atoll. *PLOS ONE*, 13(7).

Annexes :

Comparaison des trois méthodes d'application de raticide sur la surface de la RNNPT pour une éradication du rat noir. Les codes couleurs vert, orange ou rouge ont seulement vocation à présenter les caractéristiques selon leurs aspects positifs (vert) ou négatifs (rouge) d'un point de vue opérationnel. * Noter que les estimations des coûts représentés par chacune de ces méthodes ne sont, à ce stade, que **très approximatifs**. Plusieurs facteurs peuvent influencer les coûts de manière significative, à savoir : La quantité de raticide qui n'est pour le moment pas déterminée et peut fortement varier puisque la densité en Bernard l'hermites oblige à davantage de tests – la main d'œuvre qui est un budget conséquent d'une opération par boîte d'appât ou manuelle, le budget global qui peut varier grandement selon les salaires et les statuts d'embauches de cette main d'œuvre – bien que l'hélicoptère nécessite du carburant et que les heures de vols représentent des couts importants, il est probable que le coût d'une opération drone revienne plus chère qu'une opération hélicoptère étant donné la taille restreinte de la surface à traiter.

	Dispersion Homogène de raticide		Mise en place de raticide au sein de boîtes à appâts
	De manière aérienne	De manière manuelle	
Taux de succès	Très fort	Fort	Modéré
Mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Épandage de raticide par hélicoptère ou drone au cours de 2 applications espacées de 18 à 21 jours. Équipe restreinte au sol (<8) Rapidité d'action (peu de préparation sur site en amont) Planification conséquente (préparation lourde en amont) Impact carbone fort par Hélicoptère, faible par drone. 	<ul style="list-style-type: none"> Épandage de raticide à la main au cours de 2 applications espacées de 18 à 21 jours. Équipe conséquente au sol (>20-30) Préparation conséquente en amont : création de layons larges suivant une grille de 25x25m ou 30x30m (estimation de 55.2km et 45.5km de layons respectivement) sur 1 ou 2 mois Gestion d'équipe conséquente Risques associés aux manœuvres Faible impact carbone si équipe locale 	<ul style="list-style-type: none"> Disposition de raticide dans des boîtes à raticides déployées selon une grille et contrôlées quotidiennement sur plusieurs mois. Équipe conséquente au sol pour la préparation des layons. Préparation conséquente en amont : création de layons fins suivant une grille de 25x25m (estimation de 55.2km et 2,208 boîtes nécessaires) sur 1 ou 2 mois Prolongement de l'opération (allant jusqu'à 2 ou 3 mois potentiellement après l'activation des boîtes. Risques associés aux manœuvres Faible impact carbone si équipe locale
Rendu Homogène de l'opération (en 2 dimensions)	Parfait	Moyen à bon	Moyen
Traitement de la	Oui	Non	Non

canopée (en 3 dimensions)			
Traitement correct des mangroves	Modérée à bonne	Modérée à bonne	Insuffisant à Modéré
Présence de raticide dans les salines	Faiblement à modérée (mais peut être évité par exclusion)	Faiblement	Aucun ou Faiblement
Impact des l'hermites sur l'opération	Faible à modéré	Faible à modéré	Fort
Limitation de l'impact sur les espèces non-cibles	Non a priori mais la stratégie doit être adaptée pour atténuer du mieux possible	Non a priori mais la stratégie doit être adaptée pour atténuer du mieux possible	Oui mais ces impacts potentiels ne sont pas nuls
Impact sur la végétation	Aucun	Modéré (création des layons, piétinement Important, ouverture du milieu et dissémination de plantes introduites selon contexte)	Modéré (création des layons, piétinement Important, ouverture du milieu et dissémination de plantes introduites selon contexte)
Acceptation sociale	Mauvaise dans le contexte de la Guadeloupe	Modérée	Souvent meilleure
Coût estimé* En Euros (incluant la préparation du site, l'implémentation et le suivi post-opération à court terme)	230,000 – 300,000 (Peut être plus) <ul style="list-style-type: none"> - Location hélicoptère/drone (transport) - Contractualisation équipe hélicoptère /drone - Achat/transport raticide - Achat/transport fuel hélicoptère - Contractualisation équipe de soutien au sol. 	150,000 – 200,000 <ul style="list-style-type: none"> - Contractualisation équipe pour la création des layons et l'épandage. - Achat/transport raticide - Equipement 	150,000 – 180,000 (Peut être moins) <ul style="list-style-type: none"> - Contractualisation équipe pour la création des layons et le maintien des stations. - Achat/transport raticide - Equipement