

DOCUMENT TECHNIQUE PROVISOIRE

PLAN D'ACTION & ÉLÉMENTS POUR LA RÉDACTION D'UN CAHIER DES CHARGES D'UNE OPÉRATION DE CREATION DE COLONIES DE PÉTRELS SUR MASSIFS MINIERS



CNRT
NICKEL
& son environnement



IRD
Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE

Projet TRANSLOC-PETREL financé par le CNRT et la DAFE

2019

PLAN D'ACTION ET ÉLÉMENTS POUR LA RÉDACTION D'UN CAHIER DES CHARGES D'UNE OPÉRATION DE CREATION DE COLONIES DE PÉTRELS SUR MASSIFS MINIERS

DANS LA SUITE DU PROJET TRANSLOC-PETRELS

Le plan d'action proposé vise à mettre en place au sein d'emprises minières des sites et des dispositifs et actions artificiels destinés à fixer des pétrels non-reproducteurs et à permettre leur reproduction au sein de colonies artificielles sécurisées.

Coordinateur scientifique : Eric Vidal

Directeur de recherche à l'IRD, UMR IMBE, Centre IRD, BPA5, 98848, Nouméa cedex, Nouvelle-Calédonie.
eric.vidal@ird.fr



*Étude réalisée dans le cadre des programmes de recherche financés par
le CNRT « Nickel & son environnement »*

Note importante : Ce document complète les éléments présentés dans le rapport final du programme TRANSLOC-PETRELS. Son contenu s'appuie sur les synthèses bibliographiques réalisées, les investigations de terrain complémentaires qui ont été conduites durant le programme mais également les nombreux échanges et discussions avec les principaux opérateurs miniers.



1. ELÉMENTS GÉNÉRAUX DE CADRAGE / RÉAJUSTEMENT DES OBJECTIFS INITIAUX	6
2. ELÉMENTS POUR LA RÉDACTION D'UN CAHIER DES CHARGES ET DIFFÉRENTES ÉTAPES SUCCESSIVES	8
2.1. IDENTIFICATION DE SITES CANDIDATS AU SEIN DES EMPRISES MINIÈRES	8
2.2. MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS COMPLÉMENTAIRES D'ATTRACTION ET DE STIMULATION DESTINÉS À FAVORISER LA FIXATION ET LA REPRODUCTION D'INDIVIDUS PROSPECTEURS	9
2.2.1. <i>Lutte contre les prédateurs introduits</i>	9
2.2.2. <i>Mise en place de terriers artificiels bio-mimétiques</i>	13
2.2.3. <i>Système audio programmable d'attraction acoustique</i>	17
2.3. SUIVI SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES OPÉRATIONS EXPÉRIMENTALES	19
2.3.1. <i>Indicateurs de suivi des opérations expérimentales</i>	19
2.3.2. <i>Comité de suivi</i>	20
3. TENTATIVE D'ÉVALUATION DES MOYENS POUR LA MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS ARTIFICIELS	21

1. ELÉMENTS GÉNÉRAUX DE CADRAGE / RÉAJUSTEMENT DES OBJECTIFS INITIAUX



Dans le cadre du programme TRANSLOC-PETRELS, les analyses bibliographiques réalisées et la synthèse des données existantes ont clairement permis de conclure que les conditions n'étaient pas réunies en Nouvelle-Calédonie pour envisager aujourd'hui, comme solution compensatoire, la mise sur pied d'opérations de translocations sensu stricto (i.e. sur le modèle des opérations développées ces dernières années en Nouvelle-Zélande, Australie ou Hawaii) de pétrels au sein de l'espace minier, qu'il s'agisse des populations de pétrels de Tahiti ou des populations de Pétrels de Gould.

Trois raisons majeures à cela :

- i. **Un déficit encore marqué de connaissances fines indispensables sur la biologie, voire la physiologie** de ces espèces, notamment lors du cycle de reproduction, qui ne permettrait pas d'envisager d'entreprendre sereinement les lourdes et complexes opérations de manipulation et déplacement des poussins (notamment le maintien en captivité et le nourrissage manuel). Vu les conditions très complexes en Nouvelle-Calédonie pour conduire éventuellement ce genre d'investigations (sites rares, difficiles d'accès, opérations très pointues), un programme spécifique dédié avec des moyens logistiques, matériels, financiers et humains conséquents (3 années avec 2 personnels à plein temps) serait nécessaire. Toutefois le projet TRANSLOC-PETRELS ainsi que les autres programmes en cours au sein de l'équipe proposante offrent maintenant des bases de connaissances bien plus sûres et étoffées pour éventuellement envisager un tel programme à l'avenir si les moyens étaient réunis.
- ii. **Le fait qu'aucune colonie d'effectifs suffisants ne soit actuellement connue en site minier** pour faire éventuellement l'objet d'une opération de translocation et fournir des individus (poussins) en nombre suffisant. La biologie et l'écologie très particulière des oiseaux, notamment du Pétrel de Tahiti, font de toute façon de cette espèce, une espèce dont la conservation peut difficilement s'appuyer majoritairement sur des approches de type « translocation ».
- iii. **La rareté et le manque de personnels formés et de structures ad-hoc (structures associatives ou bureaux d'étude)** pour conduire ce genre de programme qui nécessitent à la fois des interventions humaines complexes avec un niveau de technicité élevé et la mobilisation de personnels nombreux lors de phases-clés des protocoles de translocation. Au même titre que pour les questions de lutte contre les espèces invasives (stratégies complémentaires), nous encourageons les opérateurs et pouvoirs publics à faciliter l'émergence de telles structures en Nouvelle-Calédonie ou l'élargissement et le renforcement des compétences des structures en place).

Ainsi, comme explicité au cours du programme, du fait de la situation particulière des populations de pétrels de Tahiti rencontrées en sites miniers (grande rareté des individus reproducteurs mais présence relictuelle d'oiseaux prospecteurs, cf. *rapport scientifique final*), en concertation avec le CNRT et les opérateurs miniers impliqués, nous avons progressivement fait évoluer les réflexions, initialement cantonnées à des opérations de translocation, à une approche plus globale, incluant **la création de sites artificiels de reproduction couplés à des dispositifs de dynamisation de la reproduction (protection anti-prédateurs introduits, terriers artificiels, simulation vocale et olfactive).**

Dans cette approche « élargie », il ne s'agira pas uniquement de créer des conditions favorables à d'éventuelles futures opérations de translocation, mais surtout et plus largement, de tenter de fixer des individus encore présents sur les sites miniers (individus prospecteurs) mais qui à l'heure actuelle semblent ne pas s'y reproduire (probablement car les conditions y sont trop dégradées). L'objectif à moyen et long-terme est de permettre le maintien durable de populations reproductrices de pétrels au sein des emprises minières afin d'en favoriser la recolonisation des habitats une fois achevées les phases d'exploitation et de revégétalisation.

En particulier, les investigations conduites sur le terrain dans le cadre du programme TRANSLOC-PETREL (mais également d'autres programmes sur des thématiques proches) ont été plus importantes que prévues et se poursuivent actuellement. Elles ont permis d'apporter un certain nombre d'éléments nouveaux de connaissance, inconnus au début de l'étude, et notamment (i) que si les sites miniers continuent à être fréquentés régulièrement par des populations de pétrels (contacts auditifs importants avec les oiseaux et prédation avérée par les chats haret), celles-ci semblent ne plus s'y reproduire ou alors de façon très sporadique et limitée, (ii) que le cycle de reproduction de l'espèce est particulièrement complexe et atypique, étalé sur toute l'année, y compris durant l'hiver austral, avec (iii) une absence de réelles colonies, mais plutôt une distribution très « lâche » d'effectifs reproducteur.

Du fait de la rareté, voire parfois de l'absence, de populations reproductrices constatée au sein des sites miniers, les investigations biologiques et écologiques ont dû être élargies à des sites non exploités (massif des monts Dzumacs) et surtout des sites non miniers, très différents (îlots Mato, Némou, presqu'île de Pindaï).

2. ELÉMENTS POUR LA RÉDACTION D'UN CAHIER DES CHARGES ET DIFFÉRENTES ÉTAPES SUCCESSIVES



Le plan d'action proposé vise à mettre en place au sein d'emprises minières des sites et des dispositifs et actions artificiels destinés à fixer des pétrels non-reproducteurs et à permettre leur reproduction au sein de colonies artificielles sécurisées.

Comme discuté et rédigé dans le rapport final du programme, le plan d'action doit se découper en plusieurs phases : (i) Identification de sites candidats au sein des emprises minières, (ii) mise en place sur ces sites du jeu de dispositifs artificiels d'attractivité pour les oiseaux (stimulation auditive, installation de cavités artificielles de reproduction « biomimétiques », et lutte contre les prédateurs introduits (2 options : exclos ou lutte active), (iii) mise en œuvre d'un suivi scientifique et technique de l'opération expérimentale (minimum 24 à 36 mois) afin d'évaluer l'opération et si besoin de la réorienter/réorganiser/redimensionner., (iv) mise sur pied d'un comité de suivi.

2.1. IDENTIFICATION DE SITES CANDIDATS AU SEIN DES EMPRISES MINIÈRES

Pour la sélection de sites qui pourraient héberger de tels dispositifs expérimentaux, nous préconisons :

i) **Des sites en cours de réhabilitation écologique** et/ou ii) **des sites isolés et préservés au sein des emprises minières, et présentant des caractéristiques favorables** : conditions écologiques aussi proches que possibles des habitats fréquentés par les pétrels de Tahiti, en particulier pente marquée, couverture végétale arbustive importante, fréquentation humaine réduite, en vue d'accueillir de futurs sites artificiels de reproduction.

L'accès doit être relativement aisé en véhicule, à la fois pour la mise en place des dispositifs et des actions et pour leur suivi technique et scientifique.

Les perturbations directes liées à l'activité minière doivent être aussi réduites que possible (bruit, pollution lumineuse, infrastructures) donc éloignées du site choisi ou masquées par le relief. Une orientation aisée vers la mer est souhaitée pour favoriser les déplacements des oiseaux.

Nota : Des visites de terrain ont été réalisées en partenariat avec les opérateurs pour identifier et caractériser ces sites potentiels sur le massif du Koniambo et sur le massif de Tiébaghi et des fiches typologiques descriptives ont été produites pour ces sites (Cf. annexes).

Idéalement il conviendrait de sélectionner deux sites par emprise minière volontaire pour accueillir chacun une expérimentation complète (donc deux expérimentations par emprise minière).

2.2. MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS COMPLÉMENTAIRES D'ATTRACTION ET DE STIMULATION DESTINÉS À FAVORISER LA FIXATION ET LA REPRODUCTION D'INDIVIDUS PROSPECTEURS

- Mise en œuvre simultanée de différents dispositifs et actions complémentaires au niveau des sites sélectionnés : lutte contre les prédateurs introduits ; terriers artificiels ; attraction vocale.

2.2.1. LUTTE CONTRE LES PRÉDATEURS INTRODUIITS

Établissement d'enclos contre les prédateurs introduits (chats harets et rats) ou alternativement, lutte active contre ces prédateurs par maintien de stations permanentes d'appâts empoisonnés et de pièges destinés à capturer des chats harets (pièges létaux ou non-létaux). Etant donné le coût et la complexité d'installation de tels enclos qui doivent être à la fois « étanches » aux rongeurs et aux chats, donc présenter une hauteur suffisante (2 m), être enterrés au sol (50 cm), couvrir une surface importante (> 900 m²), nous proposons que durant la phase test (24 à 36 mois), ces enclos ne soient forcément pas mis en place mais remplacés par une lutte active contre les prédateurs introduits (stations permanent d'empoisonnement des rongeurs) et déploiement de pièges létaux (de façon à limiter les besoins d'intervention humaine) et ponctuellement de pièges non-létaux (cages trappes) ou létaux, ciblant les chats harets.

De par leur biologie et leur comportement, les pétrels sont particulièrement sensibles à l'impact des prédateurs introduits, particulièrement les rats invasifs (*Rattus* sp) qui peuvent impacter les stades œufs et jeunes poussins et les chats harets (*Felis s. catus*) qui prédatent les adultes et les grands poussins. Dans le cas du Pétrel de Tahiti, les études de terrain montrent un comportement assez particulier des poussins qui passent beaucoup de temps à l'extérieur des terriers (parfois plusieurs heures chaque nuit) même à un stade encore peu développé, les rendant particulièrement vulnérables à la prédation. Dans le cadre de la mise en place de colonies artificielles et de dispositifs artificiels de dynamisation de colonies, la lutte contre les prédateurs introduits constitue une action complémentaire absolument indispensable pour créer des conditions attractives pour les oiseaux qui chercheraient à se reproduire et augmenter leurs chances de survie en limitant les risques de mortalité aux différents stades démographiques (adultes, poussins, œufs).

La lutte contre les prédateurs introduits peut prendre 3 formes différentes : (i) **l'éradication totale des prédateurs** dans le cas d'îles de petite voire de moyenne superficie (non applicable à la situation sur la grande terre), (ii) la **création d'enclos anti-prédateurs** via un système de clôtures étanches adaptées aux prédateurs invasifs, couplé à l'élimination des prédateurs présents initialement à l'intérieur et à la lutte contre une éventuelle ré-infestation, ou encore (iii) la **lutte active continue** (par piégeage et/ou empoisonnement) contre les prédateurs, destinée à diminuer fortement leur abondance locale et donc à rendre l'intensité de leurs impacts suffisamment faible pour ne pas compromettre les actions de conservation engagées, en l'occurrence ici, la création de colonies par stimulation artificielle et favorisation de la fixation d'individus prospecteurs.

Comme cela a été détaillé dans la partie du rapport consacrée à la synthèse bibliographique sur les opérations de translocation réalisées au niveau mondial, notamment en Nouvelle-Zélande, Australie et Hawaii, l'option qui est quasi-systématiquement mise en œuvre consiste à protéger l'ensemble du site expérimental par une clôture anti-prédateurs (« fencing »). Cette option présente le double avantage d'une grande efficacité (le niveau d'abondance des prédateurs est réduit à zéro) et d'un caractère relativement permanent de l'efficacité de l'action (moyennant cependant une maintenance et un entretien du dispositif de façon à ce qu'il conserve son « étanchéité » aux prédateurs au fil des années.

L'inconvénient majeur de ce genre de dispositif est bien entendu son coût (financier et logistique) initial élevé lors de la mise en place, notamment lorsque le dispositif doit être étanche et résistants à plusieurs types de prédateurs introduits (clôture solide pour résister aux cerfs et cochons, enfoncée dans le sol pour éviter que les rats ou les chats passent dessous et suffisamment haute et recourbée en son sommet pour empêcher les chats et les chiens, voire les cerfs de passer par dessus et enfin à maille fine pour ne pas que les rongeurs puissent passer à travers), à fortiori lorsque ce type de dispositif est installé dans des sites pentus, rocheux et végétalisés comme le sont les sites de prédilection pour la reproduction des pétrels de Tahiti.

En outre, il est indispensable que les clôtures soient éloignées de plusieurs dizaines de m de la zone d'attraction des pétrels (zone de terriers artificiels et de diffusion acoustique) afin d'éviter que les oiseaux percutent les clôtures lorsqu'ils sont attirés par les dispositifs d'attraction, ou bien lorsqu'ils reviennent ou repartent de leurs terriers artificiels. La surface des sites à clôturer est donc généralement relativement conséquente (1ha environ minimum, voire bien plus), occasionnant des coûts élevés. Même si cela n'est pas parfaitement comparable, à titre d'illustration, le coût de construction de la clôture anti-prédateurs de Nihoku à Hawaii, d'une superficie de 2.5 ha, s'est approché des 300.000 US\$, dont près de 200.000 US\$ pour le matériel et près de 100.000 US\$ pour la main d'œuvre (Young et al., 2018).

A contrario, la lutte active et continue contre les prédateurs introduits, nécessite un investissement financier, matériel et humain de départ nettement moindre, mais (i) va dans le meilleur des cas faire chuter significativement l'abondance des prédateurs introduits sans les supprimer totalement et (ii) nécessiter de maintenir sur le site traité un effort de piégeage et/ou d'empoisonnement sur le long-terme, ce qui nécessite la sécurisation de budgets de fonctionnement sur une longue période, au risque sinon de voir les sites rapidement recolonisés par les espèces introduites cibles.

Dans le cas la mise en œuvre de dispositifs expérimentaux sur une espèce et des sites atypiques à savoir le pétrel de Tahiti en contexte minier, nous pouvons considérer que dans un premier temps (**celui d'une première phase d'expérimentation de 2 à 3 ans** destinée à tester et évaluer in situ les potentialités de l'approche), une telle opération peut être mise en place et initiée sans être associée à l'installation d'un dispositif onéreux de clôture anti-prédateurs.

Dans ce cas, nous proposons de lui substituer (temporairement) une **lutte active par piégeage et empoisonnement** au niveau de la zone expérimentale et de sa périphérie. La phase d'évaluation du bon fonctionnement et de l'efficacité des différents modules du dispositif (terriers artificiels, attraction acoustique, lutte active contre les prédateurs), permettra ensuite de prendre une décision éclairée plus pérenne, sur l'intérêt ou pas de maintenir le dispositif et de le compléter par une clôture, une fois qu'un suivi aura pu être réalisé sur les 24-36 premiers mois.

Concrètement, la lutte active contre les prédateurs introduits, doit être (i) autant que possible continue dans le temps pour obtenir le maximum d'efficacité et surtout limiter les effets de la recolonisation à partir d'individus originaires des zones périphériques non traitées, et (ii) mettre en œuvre des dispositifs et méthodologies qui nécessitent des interventions humaines espacées dans le temps afin de ne pas augmenter trop les coûts de maintenance et de fonctionnement.

Lutte contre les rongeurs invasifs. Nous préconisons la mise en œuvre simultanée de deux dispositifs complémentaires : (i) des pièges à air comprimé auto-rechargeants (self-resetting traps, de type ©Goodnature A24 (www.goodnature.co.nz coût : 150 à 200 NZ\$ par pièges + recharges C02 + leurres olfactifs) et (ii) des boîtes à appâts (bait stations, coût de 30 à 100 NZ\$ selon les modèles + cout des blocs d'appâts) permettant aux rongeurs de s'alimenter sur un stock d'appâts empoisonnés protégés des intempéries et des autres espèces non-cibles. De façon à faire chuter fortement les abondances de rongeurs, ces dispositifs doivent pouvoir être disposés en nombre (densité) suffisants par rapport à la surface à traiter (zone artificielle expérimentale et périphérie immédiate de celle-ci dans un rayon de 20 à 25 m) en tenant compte également des capacités de déplacement des rongeurs (maille recommandée 15 m, éventuellement abaissable à 10m voire moins au cœur du dispositif). Sur la base d'une maille serrée de 10m, le traitement d'une zone cœur expérimentale de 20mx20m (400m²) sur laquelle seraient rassemblés les terriers artificiels et les dispositifs d'attraction vocale et d'une zone tampon périphérique de 20m supplémentaires, la mise en place de 45 à 50 pièges permanents serait nécessaire soit selon la configuration choisie, un coût en matériel d'environ 1500 à 8000 NZ\$ + matériel consommable + taxes d'importation par site équipé.

Lutte contre les populations de chats harets. Contrairement aux rongeurs qui ont des capacités de déplacement limitées et peuvent efficacement faire l'objet d'une limitation locale intensive, les populations de chats harets présentent de faibles densités locales mais sont constituées d'individus généralement très mobiles, pouvant parcourir plusieurs km chaque jour et chaque nuit (Goltz et al., 2008 ; McGregor et al., 2015 ; Palmas et al., 2017). Ainsi, une lutte localisée contre les chats harets (en l'occurrence au niveau du futur site expérimental de colonie artificielle), doit s'envisager en tenant compte des déplacements des individus pouvant être attirés de loin par l'activité des oiseaux ou par les chants émis par les dispositifs d'attraction vocale. C'est sans doute cet aspect qui plaide le plus pour la mise en place d'une clôture, comme vu plus haut. En l'absence, au moins temporaire durant une phase test, de déploiement d'une clôture anti-prédateurs, la

lutte contre les chats harets au niveau de la zone expérimentale peut être envisagée à l'aide d'appâts empoisonnés et/ou de pièges. Les appâts empoisonnés sont cependant plutôt utilisés dans le cas de traitement chronique de zones de grandes superficies, alors que pour une action localisée mais forte, la mise en œuvre de dispositifs de piégeage est recommandée (Department of the Environment, 2015), bien que nettement plus onéreux que l'utilisation d'appâts empoisonnés. D'autres éléments plaident en faveur de l'utilisation de pièges plutôt que du poison dans le cas présent, à savoir (i) une meilleure acceptation sociale, l'opinion publique calédonienne étant fortement réticente à l'emploi de poison (à nuancer cependant pour les rongeurs), (ii) la diffusion de toxiques dans l'environnement et notamment le risque que les appâts soient consommés par les cochons féroces, espèce chassée, ou par d'autres espèces.

Pour les chats harets, il existe des dispositifs de piégeage non létaux et des dispositifs de piégeage létaux. Les pièges non-létaux, de type cage-trappes appâtées (coût d'achat : 50 à 200 NZ\$ + appâts), capturent les animaux vivants. Ceux-ci nécessitent cependant d'être appâtés et vérifiés chaque jour ou au minimum toutes les 48 heures, notamment pour des questions de bien-être animal en cas de capture. Il est ensuite nécessaire d'euthanasier l'animal, ce qui induit une contrainte complémentaire. Ce type de dispositif est efficace, mais nous n'en recommandons pas forcément la mise en œuvre dans le cas de la création et dynamisation d'une colonie artificielle de pétrels, car ces dispositifs non-létaux nécessitent, pour leur mise en œuvre et leur maintenance, la mobilisation quasi-quotidienne d'un opérateur sur des périodes longues et répétées afin d'être efficaces. A contrario, les dispositifs de piégeage létaux, qui tuent rapidement l'animal en cas de capture, demandent moins de temps d'intervention humaine et évitent à l'opérateur d'avoir à euthanasier les animaux (par ex. www.traps.co.nz Coût : 30 à 100 NZ\$ par modèle). Dans notre cas, ces dispositifs seront donc à privilégier, sans doute en combinant plusieurs modèles installés en bordure immédiate de la colonie artificielle ainsi que plus en périphérie (dans un rayon de 100-200 m environ, soit une zone traitée intensivement de 3 à 10 hectares environ), avec un nombre de pièges conséquents (10 à 15) de façon à espérer une efficacité optimale sur les individus qui fréquenteraient la zone et également de façon à ce que suffisamment de pièges demeurent actifs sur la zone même en cas de capture d'animaux sur d'autres pièges. Le passage d'un opérateur expérimenté (car certains modèles de pièges létaux sont dangereux à manipuler) toutes les deux (idéal) à quatre (minimum) semaines est cependant nécessaire de façon à contrôler et ré-appâter les différents dispositifs de piégeage. Dans le cas du piégeage continu des chats harets avec des pièges létaux, l'essentiel du coût reste malgré tout lié à l'intervention humaine, sur la base minimale d'une journée d'intervention par site + déplacement, toutes les 2 à 4 semaines (x13 à 26/an).

Un traitement plus léger ou des stratégies complémentaires de gestion des populations de chats peuvent utilement être mis en œuvre, notamment au niveau de corridors d'accès (pistes) menant à la colonie artificielle ou au niveau de points possibles de fixation de populations de chats errants ou domestique (zones « vie » abritant du personnel), de façon à limiter également les populations à une échelle géographique plus large. Dans ce cas, prévoir d'ajouter quelques pièges supplémentaires + actions de communication.

2.2.2. MISE EN PLACE DE TERRIERS ARTIFICIELS BIO-MIMÉTIQUES

- Ensemble d'une dizaine/quinzaine de terriers artificiels reproduisant les caractéristiques (dimensions, sinuosité) des sites naturels utilisés par l'espèce pour se reproduire, équipés d'une trappe de visite et enterrés dans le sol ou recouverts de substrat.

Des nids artificiels (nichoirs ou terriers artificiels) ont déjà été utilisés avec succès pour l'étude et la conservation de plusieurs espèces d'oiseaux marins qui nichent dans des terriers ou des cavités. Ces dispositifs peuvent être utilisés pour compléter l'habitat de reproduction disponible, augmenter le succès de reproduction et la survie adulte, diminuer la compétition interspécifique pour les habitats de nidification, établir (c'est notre cas ici) de nouveaux sites de reproduction lorsqu'ils sont couplés à une translocation des poussins et/ou une attraction vocale ainsi que le contrôle d'autres perturbations et également parfois rendre l'étude du comportement et de la biologie de reproduction plus facile et moins dérangement en facilitant l'accès aux oiseaux.

Les taux d'occupation des terriers artificiels peuvent largement varier d'un site à un autre en raison de variations dans la qualité/optimalité de l'habitat, dans l'activité vocale conspécifique, dans la disponibilité naturelle des terriers et dans la pression de prédation ou de dérangement. L'occupation des terriers artificiels peut également être accélérée et augmentée lorsque ceux-ci sont utilisés pour remplacer directement les terriers naturels. Étant donné que les caractéristiques des terriers naturels (dimensions, forme, environnement environnant comme la pente, la végétation et le couvert du substrat, l'altitude et la densité de la végétation) influent sur leur occupation et le succès de reproduction des oiseaux, il est probable que des caractéristiques semblables auraient aussi une incidence sur la qualité et l'attractivité des terriers artificiels.

Dans ce cadre, un important travail de mesure et de caractérisation de terriers naturels fréquentés par les pétrels de Tahiti a été réalisé en parallèle de ce projet, permettant de disposer d'informations uniques sur les caractéristiques qui sont recherchées pour les sites de reproduction du Pétrel de Tahiti. Ces données proviennent de la mesure de 99 terriers sur l'îlot Némou (au large de Thio), 27 terriers sur l'îlot Mato (Grand Lagon Sud) et 3 terriers sur le site de Tiébaghi.

⊙ **Caractéristiques recommandées pour de tels terriers artificiels**

Tableau : N : Nombre de terriers de pétrels de Tahiti mesurés ; L : Largeur moyenne des terriers ± écart-type (cm) ; Lmax : Largeur maximale (cm) ; Lmin : Largeur minimale (cm) ; H : Hauteur moyenne des terriers ± écart-type (cm) ; Hmax : Hauteur maximale (cm) ; Hmin : Hauteur minimale (cm) ; P : profondeur moyenne des terriers ± écart-type (cm) ; Pmax : Profondeur maximale (cm) ; Pmin : Profondeur minimale (cm) ; Tunnel : Absence/Présence d'un tunnel d'entrée ; Sinuosité : tunnel droit ou coudé

N	L	Lmax	Lmin	H	Hmax	Hmin	P	Pmax	Pmin	Tunnel	Sinuosité
129	19.3±6.2	50	9	12.3±4.2	26	6	108.4±37.1	230	40	8% sans tunnel	54% coude
										92% avec tunnel	46% droit

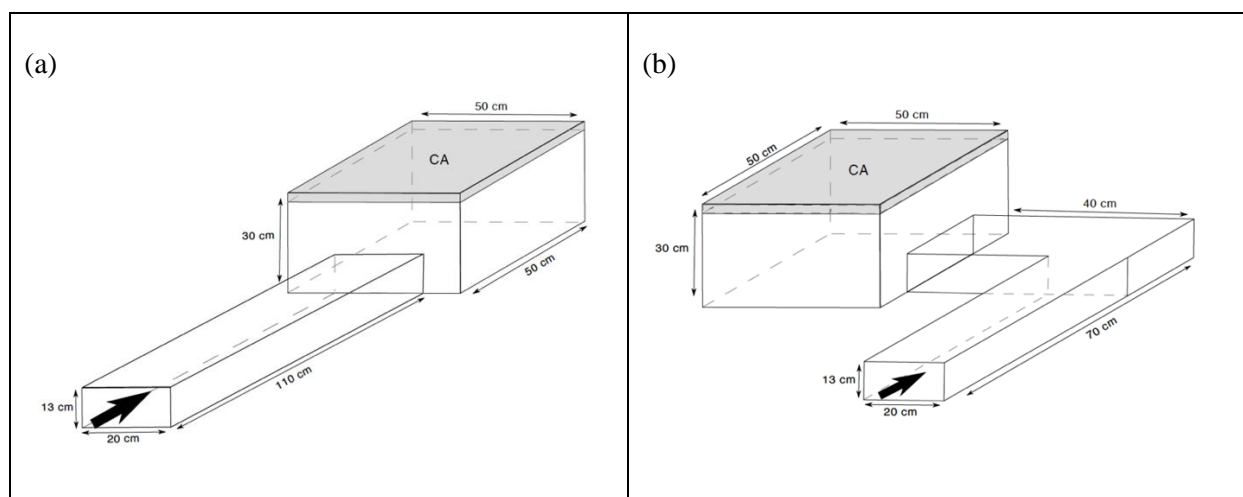


Figure : Schémas de terriers artificiels dimensionnés pour le pétrel de Tahiti – (a) Tunnel d'entrée droit, (b) Tunnel d'entrée coudé

Ceci permet de proposer deux types de modèles de terrier artificiels (à tunnel d'entrée droit ou coudé), à la structure et aux dimensions biomimétiques. Différents types de matériaux peuvent être envisagés, mais généralement le bois ou le ciment sont préférés au PVC qui présente une tendance accentuée à l'échauffement de l'intérieur de la cavité. Dans le cadre de l'expérimentation qui est proposée, une construction en bois (contreplaqué « marine » d'une bonne épaisseur) est recommandée, à la fois pour la facilité de construction et pour un poids modéré facilitant le transport et l'installation sur le terrain. Un dispositif de trappe de visite située au-dessus de la chambre d'incubation est à prévoir afin de faciliter l'inspection régulière des terriers et l'entretien de la chambre d'incubation. Les données sont très rares sur le coût de construction de ces dispositifs et varient grandement selon le type de matériaux et selon qu'il s'agit d'une construction artisanale réalisée par des bénévoles ou selon que cela soit réalisé par des professionnels rémunérés (ordre d'idée : 50 à 300 NZ\$ pièce, hors frais d'installation sur le terrain, là aussi très variables).

⊙ **Recommandations techniques pour l'installation des terriers artificiels sur les sites expérimentaux**

a. Préparation de la zone d'accueil des terriers

L'installation des terriers artificiels débute généralement par l'**aplanissement** de la zone destinée à accueillir les terriers, puis à enterrer les dispositifs. Cependant, à cause du substrat souvent rocheux, les terriers artificiels sont souvent installés à la surface du sol et recouverts de roches, de litière et de terre pour les dissimuler, les isoler du soleil et assurer leur stabilité. Le fond de la chambre d'incubation (ouvert sur le sol en dessous) est généralement recouvert d'une **mince couche de gravier et de sol**. Dans le cas qui nous concerne, nous recommandons de mixer les 2 modèles (tunnel droit et tunnel coudé) de terrier sur un même site.

La gestion de la température et du drainage de l'eau au sein des terriers sont des points importants à considérer sur le plan méthodologique. Dans les terriers non isolés, les températures internes ont tendance à suivre de près les températures ambiantes (extérieures), qui sont souvent inférieures de 1 à 2 °C seulement. Par conséquent, il est important de s'assurer que les chambres d'incubation sont relativement isolées de la chaleur (recouvertes et ombragées) et restent relativement fraîches lorsque les températures ambiantes sont élevées (p. ex. > 25°C). Les terriers situés sous une végétation relativement dense ont tendance à avoir des températures plus stables parce qu'ils sont ombragés par la canopée. Les terriers disposés sur des fortes pentes, des zones ouvertes dans les zones de végétation rase seront plus vulnérables à la surchauffe. Un bon drainage du terrier est essentiel pour éviter l'inconfort des adultes, voire la mort des poussins par refroidissement ou même par noyade ou encore la perte d'œufs. Le drainage des terriers artificiels peut être amélioré par l'ajout d'une couche épaisse (100-200 mm de profondeur) de gravier fin ou de sable sous le plancher de la chambre et les tunnels d'accès pendant la construction. Lorsqu'il y a des pluies torrentielles, les terriers se remplissent inévitablement d'eau, mais une couche de matériau drainant évite souvent le pire. L'utilisation d'un niveau à bulle lors de l'installation des terriers est recommandé de façon à s'assurer qu'ils s'inclinent légèrement vers l'avant, de sorte que **l'eau s'écoule vers l'extérieur** plutôt que vers le fond de la chambre d'incubation.

b. Positionnement des terriers artificiels sur le terrain

Pour des espèces de la taille du Pétrel de Tahiti et qui en outre ne font pas naturellement de colonies denses, les entrées des différents terriers doivent être espacées (au moins 1 m) afin ainsi : (i) de permettre aux personnels de repérer facilement sur le terrain quelle entrée se rapporte à quelle chambre (pour le suivi des terriers) ; (ii) de permettre aux personnels d'accéder facilement à chaque chambre, sans causer de bruit ou de perturbation physique au niveau des terriers voisins ; de limiter les interférences entre terriers et éviter que des oiseaux ne se trompent de tunnel d'entrée. Afin de maximiser la probabilité d'occupation des terriers artificiels par les oiseaux, il est recommandé de positionner les différents terriers de façon variée, de sorte que les terriers et notamment les entrées des tunnels ne soient pas tous orientés dans la même direction.

Il est également recommandé d'éviter d'avoir des entrées faisant directement face à des zones ouvertes exposées à des vents violents ou à des pluies fortes, car elles seront plus sujettes au refroidissement et/ou à l'inondation. Enfin, il est prudent d'éviter d'installer les terriers dans des endroits où ils pourraient être endommagés ou malmenés par des arbres ou des rochers instables.

Les terriers sont généralement installés à proximité des haut-parleurs du système de sonorisation (généralement devant les deux haut-parleurs, qui sont séparés jusqu'à 20 m). Il est en effet courant pour les adultes de prospecter très près des enceintes de sorte que certains terriers doivent être placés aussi près que possible des enceintes (y compris devant et derrière une enceinte). Si le choix est fait de mettre en place une clôture anti-prédateur autour du dispositif artificiel, il est fortement recommandé que les terriers se trouvent à distance de la clôture (au moins 20m, idéalement 50m), de même que les points haut utilisés pour l'envol, ceci afin que les oiseaux ne heurtent pas la clôture lors de leurs arrivées ou de leurs départs, d'autant que la hauteur de la clôture sera assez conséquente (>2 voire 2.5m) de façon à empêcher les chats harets et les chiens errants de pénétrer à l'intérieur de la zone.

c. Entretien des terriers artificiels

Les terriers doivent également être entretenus pour optimiser les taux d'occupation, notamment afin de s'assurer qu'ils ne sont pas endommagés/dégradés ou obstrués par des sédiments ou de la végétation. Les terriers artificiels sont également conçus de façon à permettre un accès facile et régulier aux poussins ou aux adultes, notamment via une trappe de visite facilement amovible.

Enfin, les terriers artificiels ont également pour fonction de fournir un espace sûr et sécurisé pour d'éventuels poussins transloqués. Dans ce cas spécifique, la conception des terriers n'a pas besoin de compromettre l'attrait des terriers pour les adultes s'ils sont installés correctement et s'ils sont rendus aussi résistants à la lumière que possible à l'intérieur. Toutefois, les tunnels dans les terriers aménagés pour les poussins transférés peuvent être légèrement plus courts que ce qui est souhaitable pour les pétrels adultes, car les poussins doivent être accessibles y compris dans toutes les parties du tunnel d'accès.

2.2.3. SYSTÈME AUDIO PROGRAMMABLE D'ATTRACTION ACOUSTIQUE

- Système audio programmable d'attraction vocale (lecteur mp3 + haut-parleur + batterie + panneaux solaires) installé à proximité immédiate des terriers artificiels et permettant un volume sonore suffisant.

⊙ **Caractéristiques des dispositifs d'attraction acoustique (sonore)**

Ce type de dispositif de dynamisation artificielle, indispensable dans le cadre de telles opérations, consiste à diffuser régulièrement de nuit via des haut-parleurs des cris enregistrés (cris au sol et/ou cris en vol) de l'espèce cible dont on cherche à stimuler la reproduction. Les enregistrements utilisés peuvent soit provenir de banques informatiques de sons (par exemple : <http://www.hear.org/pcsu/tahitipetrels/>) ou correspondre à des enregistrements directement réalisés localement de façon à avoir une signature vocale « locale » la plus proche possible de celle des populations cibles.

Les dispositifs d'attraction acoustique sont constitués généralement d'un lecteur mp3, d'un ou plusieurs (généralement 2 ou 3) haut-parleurs, et d'un système de batteries couplées à des panneaux solaires (à moins qu'un accès continu au courant soit disponible. Ces dispositifs doivent être particulièrement résistants, durables et étanches à la poussière, à la pluie et aux intempéries, de façon à demeurer opérationnels durablement en milieu naturel en minimisant les pannes et les coûts de maintenance et de réparation. Ils sont pour cela généralement installés dans des coffrets de protection ad hoc et réalisées à partir de matériels de qualité. Ces dispositifs ne sont pas disponibles dans le commerce et leur conception et leur fabrication, ainsi éventuellement que leur maintenance, devront être confiées à des entreprises locales spécialisées en électronique d'extérieur. Quelques échanges avec des collègues néo-zélandais impliqués dans des opérations de translocation, suggèrent un coût de l'ordre de 600 à 1500 NZ\$ par dispositif selon le matériel utilisé (hors frais d'installation sur le terrain et hors frais de maintenance, qui représentent souvent des coûts importants) et pointent l'intérêt de disposer à minima d'un dispositif entier « de secours » configuré sous une forme portative, pour pallier en urgence à un éventuel dispositif défaillant ou en panne sur le terrain.

⊙ **Recommandations d'installation des dispositifs d'attraction acoustique**

Les dispositifs doivent être disposés dans des habitats favorables et à proximité des terriers artificiels, de façon à ce que les oiseaux, notamment survolant la zone, puissent les entendre. Le positionnement exact des haut-parleurs est parfois contraint par la longueur de câble disponible ou l'éloignement aux panneaux solaires nécessaires à l'alimentation du système en énergie. L'attraction acoustique est généralement déployée sur des temps longs (plusieurs années), en complément des autres dispositifs artificiels. Cette méthode ne peut cependant porter des fruits et être efficace par rapport aux objectifs visés que si des oiseaux fréquentent et survolent régulièrement la zone concernée ; d'où l'importance de réaliser des points d'écoute nocturne pour s'assurer de la présence d'oiseaux prospecteurs en vol, ce qui a été confirmé sur les sites des massifs du Koniambo et de Tiébaghi. Cette méthode vise tout autant à encourager la fixation d'oiseaux prospecteurs à la recherche d'un site de reproduction que de favoriser le retour d'individus transloqués au stade poussin quelques années plus tôt.

Les dispositifs d'attraction acoustique doivent être régulièrement contrôlés, notamment de nuit, de façon à s'assurer qu'ils sont effectifs et fonctionnels et que le volume sonore est suffisant pour que la diffusion des sons soit efficace et entendue des oiseaux prospecteurs, sans pour autant être trop forts pour des oiseaux qui seraient posés au sol à proximité des enceintes. Si des oiseaux s'installent et entament une reproduction, le volume sonore peut être légèrement abaissé de façon à ne pas occasionner de gêne aux oiseaux. Enfin, étant donné le cycle de reproduction asynchrone des pétrels de Tahiti, avec la possibilité d'avoir des oiseaux en reproduction active à n'importe quelle période de l'année, les dispositifs d'attraction acoustiques devront demeurer en fonctionnement tout au long du cycle annuel d'où la nécessité d'utiliser des éléments et du matériel de qualité, robuste et parfaitement protégé des intempéries et autres contraintes de terrain.

2.3. SUIVI SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES OPÉRATIONS EXPÉRIMENTALES

Étant donné le caractère expérimental de telles opérations pilotes, il nous paraît important que ces sites artificiels ainsi créés fassent l'objet **d'un suivi** de façon à évaluer le succès des dispositifs mis en place. Outre des visites d'inspection régulières (vérification du bon fonctionnement et du bon état de l'ensemble, maintenance, et inspection des terriers artificiels), nous recommandons que ces sites expérimentaux soient équipés de dispositifs passifs de suivi, en particulier (i) de pièges photographiques automatisés capables d'images nocturnes et diurnes sans flash (une dizaine installés par site, y compris si possible à l'intérieur de certains terriers), destinés à étudier la fréquentation éventuelle de la zone expérimentale, des abords des terriers et des terriers eux-mêmes par les pétrels mais également par les prédateurs introduits, (ii) d'enregistreurs acoustiques automatisés (type SM2/SM4) et destinés à capter l'activité vocale des pétrels au sol ou en vol en réponse aux sons émis par les haut-parleurs (plages d'enregistrement calées de façon à succéder immédiatement aux émissions artificielles de chants de pétrels).

Les visites d'inspection et de maintenance régulières (probablement toutes les 8 à 10 semaines en fonction de l'autonomie des batteries et de la capacité de stockage des cartes SD) permettront de changer les batteries des pièges photographiques et des enregistreurs acoustiques, ainsi que de télécharger les données contenues dans les cartes SD. Dans le cadre de la mise en place d'une ou deux opérations pilotes, nous préconisons une période initiale « test » de l'ordre de 24 mois minimum (idéalement 36 mois) dont l'objectif sera à la fois d'évaluer le bon fonctionnement du dispositif expérimental et surtout son efficacité. Il est en outre entendu, qu'en cas de résultats positifs validant l'intérêt de ces dispositifs artificiels, ceux-ci ont ensuite vocation à être maintenus en place sur du long terme.

Plusieurs indicateurs simples devront être utilisés pour évaluer l'efficacité des dispositifs qui rappelons-le, constituent une opération réellement expérimentale, du fait du contexte particulier dans laquelle ce projet se situe (originalité de travailler en contexte minier et espèce-cible peu connue et n'ayant à ce jour jamais fait l'objet d'une telle expérimentation).

2.3.1. INDICATEURS DE SUIVI DES OPÉRATIONS EXPÉRIMENTALES

Ces indicateurs peuvent être les suivants :

- Mesure de l'abondance (réduite voire idéalement très faible) des prédateurs introduits au niveau des sites expérimentaux (faible fréquence de prédateurs visibles sur les photographies, taux de capture de prédateurs en périphérie des sites expérimentaux, taux de consommation d'appâts empoisonnés). A adapter selon le choix stratégique qui sera opéré : mise en place d'enclos étanches ou lutte active contre les prédateurs introduits.
- Réponses vocales (nombre par unité de temps) des oiseaux en vol après émission des cris de pétrels par les haut-parleurs se traduisant par un nombre de contacts sonores significativement

augmentés lorsque le dispositif est opérationnel comparativement à des périodes où le dispositif est désactivé.

- Preuve (via les pièges photos) que des oiseaux se posent au sol au niveau des zones expérimentales ; fréquence de ces posés ; activité et comportement des oiseaux au sol (temps passé au sol, comportement exploratoire, chants/cris au sol, interactions sociales entre individus, parades nuptiales).
- Exploration et fréquentation des terriers artificiels par les oiseaux (fréquences et périodes de visite, comportement exploratoire, temps passé à l'intérieur, aménagement pré-reproductif des terriers (grattage, fouissement), traces de pattes, fientes, odeur de pétrels).
- Preuves de reproduction ou de tentative de reproduction des oiseaux (oiseaux présents de façon durable à proximité immédiate ou à l'intérieur des terriers, « couples » (individus appariés ou en interaction sociale) observés à proximité ou à l'intérieur des terriers, ponte d'un œuf, élevage d'un poussin).

Ces différentes données seront issues des dispositifs automatiques installés au niveau des zones expérimentales (pièges-photographiques automatisés et enregistreurs acoustiques automatisés), mais également des visites régulières d'inspection des sites expérimentaux, voire d'opérations spécifiques de lutte contre les prédateurs introduits (chats harets en particulier).

Nous recommandons *a minima* un passage mensuel d'un opérateur scientifique (cycle complet de présence de 24h jour/nuit pour inspecter la zone et tester le bon fonctionnement des dispositifs).

2.3.2. COMITÉ DE SUIVI

Nous préconisons **également la constitution d'un comité de suivi** rassemblant les intervenants scientifiques et techniques, les institutions et les opérateurs miniers pour suivre l'avancée de ces opérations expérimentales et favoriser le partage d'expériences. Rythme : 2 à 3 réunions par an pendant 3 ans.

3. TENTATIVE D'ÉVALUATION DES MOYENS POUR LA MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS ARTIFICIELS



Cette section propose une évaluation très sommaire des moyens nécessaires à la mise en place de dispositifs artificiels visant à créer une colonie « sécurisée » de reproduction de Pétrel de Tahiti au sein des emprises minières. Sur la base d'un site expérimental (idéalement prévoir deux sites expérimentaux par emprise minière impliquée).

Dispositifs à mettre en place (nombre par site expérimental)	Moyens, Coûts (CFP) sur base des coûts NZ (hors frais d'importation et surcoût NC)
Terriers artificiels (10-15)	Construction : 35.000 à 315.000 CFP Installation : 2 personnes x 1 journée sur site
Dispositif d'attraction acoustique (1 + 1 secours)	Construction : 42.000 à 105.000 CFP x2 pour inclure un dispositif de secours Installation : 1 personnes x 1 journée par site
Pièges létaux chats (10-15)	21.000 à 105.000 CFP + appâts
Pièges automatiques rongeurs (40-50) et/ou	420.000 à 700.000 CFP + cartouches CO2 + leurres olfactifs
Bait stations permanentes (40)	100.000 à 300.000 CFP + appâts empoisonnés
Pièges photographiques automatisés (10)	200.000 à 600.000 CFP + piles + cartes SD
Enregistreurs acoustiques SM2/SM4 (1)	100.000 à 180.000 CFP + piles + carte SD
Burrowscope (caméra endoscopique simple)	100.000 CFP

Suivi scientifique et maintenance des dispositifs (hors panne)	Moyens
Sur la base d'un passage chaque 2 semaines pour gestion et rechargement des pièges à prédateurs + vérification du bon fonctionnement des dispositifs + suivi scientifique par empreise minière concernée	
Visite terrain d'un intervenant scientifique / Technique	3 jours (incluant temps de déplacement) x 26/an (= 78 homme-jours/an) + frais déplacement
Analyse des données Données de piégeage, Examen des cartes SD (photo + acoustique), suivi des dispositifs Extraction des résultats, Rédaction CR, Comité de suivi	Estimation 26 homme-jours /an

Soit en toute première approximation (fortement variable selon les options choisies) :

2 à 4 MF CFP de matériel par site expérimental + 3 homme-jours d'installation

0.5 MF CFP de consommables (appâts, piles, etc.) par site et par an

Environ 100 homme-jours de suivi scientifique et technique des dispositifs (hors panne) (*nota : valable grosso-modo pour 1 ou 2 sites par empreise minière concernée par an*)

+ coût déplacement pour 26 missions sur place par an

Ou la moitié si seulement une session de terrain par mois (soit 12/an), c'est-à-dire environ 50 homme-jours + coût déplacement pour 12 missions sur place par an

