



Parc national
de La Réunion

Actes

- GéoBio -

Séminaire des Gestionnaires de la
Conservation de la Biodiversité
à La Réunion

9^{ème} édition

5 nov 2026



- GéCoBio -

Séminaire des Gestionnaires
COnservation de la BIOdiversité

9^{ème} édition

05 nov

Préambule

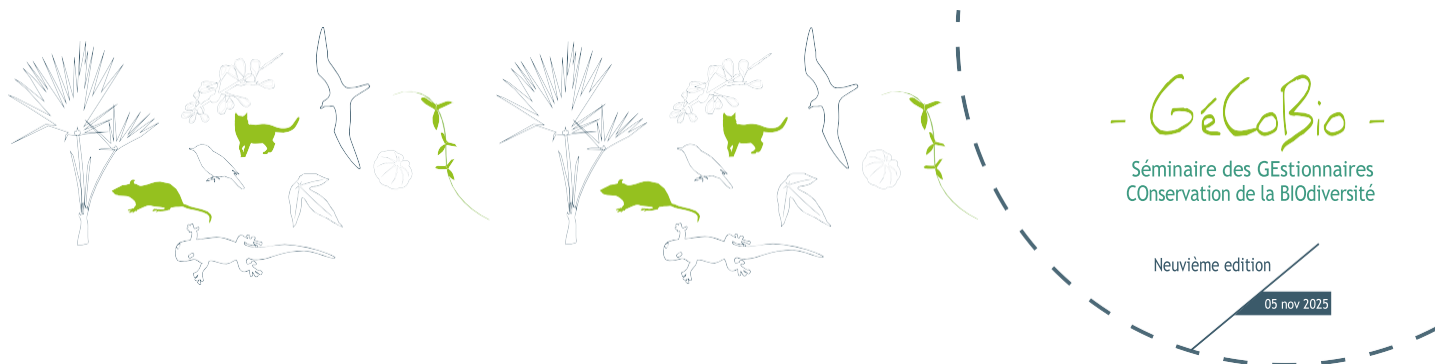
Territoire d'exception caractérisé par la diversité et la singularité de ses milieux naturels, La Réunion doit aujourd'hui relever des enjeux bien particuliers : ceux de préserver un patrimoine reconnu à l'échelle mondiale, inscrit sur la Liste des biens du patrimoine mondial de l'Humanité, à travers ses « Pitons, Cirques et Remparts ». Cette richesse naturelle est soumise à des pressions croissantes liées à l'évolution des usages, à la fréquentation des espaces naturels, à l'introduction et à la prolifération des espèces exotiques envahissantes, ainsi qu'aux effets du changement climatique. Face à ces défis, la connaissance, l'innovation et la coopération entre les acteurs du territoire sont des leviers essentiels pour concilier préservation des milieux et dynamiques de développement.

C'est dans cette perspective que le séminaire GécoBio – GEstionnaires de la COnservation de la BIOdiversité Réunionnaise, porté depuis de nombreuses années par le Parc national et l'Université de La Réunion, s'est progressivement imposé comme un rendez-vous annuel de référence pour les acteurs de la recherche scientifique et universitaire autour de la biodiversité. Cette édition, tenue le 5 novembre 2025, a eu pour ambition de favoriser le partage des retours d'expérience, des méthodes et des résultats des actions menées au cours des deux dernières années au service de la biodiversité réunionnaise.

Les étudiants du Master 2 BEST de l'Université de La Réunion ont été pleinement associés à la préparation et à l'organisation de cette journée. Leur implication a constitué une expérience professionnalisante, propice aux échanges avec les acteurs du territoire et à la construction de réseaux utiles à leur avenir professionnel.

Placée sous le signe de l'innovation technique, méthodologique et organisationnelle, cette édition a permis de mettre en lumière des démarches et des outils concrets au service de la protection des écosystèmes. Les interventions ont ainsi illustré la diversité des innovations déployées sur le terrain, qu'il s'agisse de nouvelles méthodes de suivi, d'approches collaboratives renforcées (y compris avec les sciences humaines), d'outils technologiques (dont génétique) ou d'organisations repensées pour accroître l'efficacité et l'impact des actions de conservation.

Jean-Philippe DELORME
Directeur du Parc national de La Réunion



Sommaire

Analyse des photographies aériennes historiques de La Réunion, un cas d'étude de 7 décennies de changements de couverture forestière	06
Anthony MALKASSIAN, Olivier FLORES, Robin POUTEAU	
Apports des méthodes innovantes pour l'évaluation de l'état des récifs coralliens – Etat des lieux 2025	06
Clément LELABOUSSE, Clarisse THELLIER, Claire BISSERY	
Présentation du protocole « Vigie-Chiro-RUN »	09
Pierre-Emmanuel BASTIEN	
Etude des Myriapodes de La Réunion : les Diplopodes	11
Didier VANDENSPIEGEL, Aurore MATHYS, Arnaud HENRARD, Gregory CAZANOVE, Tomy GRONDIN, Nicolas HUET	
La pollinisation à La Réunion : Comment préserver ce processus écologique et les services écosystémiques associés ?	13
Cyril MARTY	
Taxonomie intégrative du genre <i>Liparis</i> (Orchidaceae) à La Réunion	16
Wendy BUQUET, Véronique LAVERGNE, Miharisoa-Mirana GAUCHE, Marie-Stella JAGOU, Bertrand MALLET, Thierry PAILLER	
<i>Cynorkis</i> , un genre d'orchidées au cœur d'enjeux contemporains	20
Marie-Stella JAGOU, Véronique LAVERGNE, Wendy BUQUET, Florent MARTOS, Thierry PAILLER	
Innovation et biodiversité : présentation de La Réunion Innovation et de l'Agence Régionale de la Biodiversité	22
Maëva GRONDIN, Maëlle SAM YIN YANG	
Une perspective « One Health » sur l'interface homme chauve-souris à La Réunion.....	24
Rachel LEONG, Anne ATLAN, Camille LEBARBENCHON	
Biodiversité cultivée, une ressource pour nos territoires menacés ?	25
Sébastien CLEMENT	
Traits d'histoire de vie et efficacité d'une coccinelle prédatrice et d'un hyménoptère parasitoïde pour la lutte biologique	28
Corey BOUCHARD, Marine BAUJEU, Laura MOQUET, Bernard REYNAUD	
Lutte contre les EEE aquatiques dans les eaux courantes en système tropical insulaire par choc salin : étapes tests préparatoires à la lutte contre le poisson laveur de vitre <i>Ancistrus</i> à La Réunion (projet ANCIREN)	31
Pierre VALADE, Fanny GIMMIE	
L'élevage conservatoire permet-il la sauvegarde du Gecko vert de Manapany ?.....	34
Jérémy SOUCHET, Arthur CHŒUR, Florèn HUGON, Dorian KÖSE, Audrey TROCHET, Markus A. ROESCH	
Suivi de l'efficacité d'une passe à poissons multi-espèces à La Réunion par méthode de capture détection	36
Cyril ABOULKER, Jean-Baptiste TORTEROTOT, Bernard ANAMPARELA	

Analyse des photographies aériennes historiques de La Réunion, un cas d'étude de 7 décennies de changements de couverture forestière

Anthony MALKASSIAN, Olivier FLORES, Robin POUTEAU

Depuis l'arrivée de l'Homme sur l'île de La Réunion, il y a trois siècles et demi, une dégradation continue des habitats forestiers naturels est constatée sur l'ensemble du territoire.

La perte et la fragmentation de ces habitats, principalement liées au développement agricole et urbain sont aggravées par l'introduction et le développement d'espèces exotiques invasives.

Afin de mieux cibler les actions de restauration et de préservation des milieux naturels forestiers, il est primordial de pouvoir quantifier et localiser les changements d'usage du sol.

L'objectif de ce travail est de caractériser ces changements sur l'île de La Réunion grâce à l'analyse de photographies aériennes historiques (1950) et récentes (2022) de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Grâce à la

combinaison d'une méthode d'encodage d'image de type apprentissage profond (deep learning) et d'une méthode de classification de type Random Forest, une classification de l'occupation du sol a été réalisée.

À partir des images prises aux deux époques, deux cartes d'occupation du sol ont ainsi été obtenues, permettant de quantifier les changements d'usage. Plus particulièrement, il est possible de spatialiser les gains et pertes en surface forestière, ainsi que les zones conservées et leur fragmentation.

Les résultats obtenus montrent que l'approche permet de surmonter diverses limites liées notamment à la présence d'artefacts et à la qualité des images anciennes.

Apports des méthodes innovantes pour l'évaluation de l'état des récifs coralliens - Etat des lieux 2025

Clément LELABOUSSE, Clarisse THELLIER, Claire BISSERY

1. Contexte général et objectifs du guide

L'Initiative Française pour les Récifs Coralliens (IFRECOR), créée en 1999, coordonne les actions visant à préserver les récifs coralliens et les écosystèmes associés (mangroves, herbiers) dans les territoires français d'outre-mer. Le cinquième programme d'actions met l'accent sur l'amélioration du suivi écologique de ces milieux, essentiels à la biodiversité, à la protection côtière et aux activités socio-économiques locales.

Dans ce cadre, le guide vise à **présenter un état des lieux (2025) des méthodes innovantes disponibles pour suivre la santé des récifs coralliens**, en complément des méthodes traditionnelles de type **UVC (Underwater Visual Census)**. Ces dernières, utilisées depuis plusieurs décennies, assurent une continuité indispensable des séries temporelles. Cependant, elles présentent des limites en termes de précision spatiale, de portée géographique et d'accès à certains compartiments biologiques.

Les méthodes innovantes — photogrammétrie, ADN environnemental, acoustique passive, télédétection, imagerie 2D, robotique, intelligence artificielle — ne visent pas à remplacer les UVC, mais à **enrichir et compléter** les protocoles existants en apportant de nouvelles métriques, des données massives et une couverture spatiale accrue. Elles impliquent toutefois des coûts techniques et humains plus élevés, ainsi que des compétences spécifiques.

2. Les méthodes classiques de suivi : un socle indispensable

Les gestionnaires de récifs coralliens (collectivités, parcs naturels marins, réserves naturelles, TAAF, etc.) réalisent leurs suivis, soit en régie, soit en sous-traitance, parfois en collaboration avec les scientifiques.

Les principaux protocoles traditionnels incluent :

- **Peuplements benthiques** : PIT (Point Intercept Transect), LIT (Line Intercept Transect),
- Quadrats, cotations de Dahl...
- **Poissons récifaux** : Belt-transect, points de comptage stationnaires, parcours chronométrés, manta tow, etc.

Ces méthodes demeurent essentielles pour assurer la **comparabilité temporelle**. Cependant, elles manquent de précision tridimensionnelle, ne couvrent que de faibles surfaces et ne permettent pas d'évaluer certains compartiments (sons, ADN, large échelle spatiale).

3. Panorama des méthodes innovantes

3.1. Photogrammétrie sous-marine (Chapitre 1)

La **photogrammétrie SfM (Structure-from-Motion)** permet de générer des modèles 3D très précis de récifs ou d'espèces fixes à partir de séries d'images acquises par un plongeur ou un robot.

Avantages :

Modèles 3D de haute précision, métriques morphologiques (rugosité, hauteur, complexité)

- Reproductibilité et archivage
- Visualisations spectaculaires utiles pour la gestion et la sensibilisation

Limites :

- Nécessite un traitement informatique lourd
- Compétences techniques indispensables
- Dépendance à la visibilité et à la stabilité de l'opérateur sous l'eau

Applications : caractérisation fine du benthos, calcul d'indicateurs structurels, cartographie 3D haute résolution, suivi post-blanchissement.

3.2. Imagerie 2D et systèmes photo/vidéo sous-marins (Chapitre 2)

Deux grandes familles :

1. Systèmes fixes

- STAVIRO (station vidéo rotative)
- BRUV (Baited Remote Underwater Video)

2. Systèmes mobiles

- Robots sous-marins ROV
- AUV
- Vaisseaux de surface autonomes (ASV)

Avantages :

- Standardisation, réduction du biais observateur
- Observation des poissons mobiles
- Utilisation possible en conditions difficiles ou profondes
- Possibilité de stéréo-vision pour mesurer tailles et distances

Limites :

- Logistique plus complexe
- Nécessité d'un traitement vidéo important (heureusement aidé par l'IA)
- Coûts variables selon les systèmes
- Ces technologies améliorent particulièrement la précision du suivi des poissons et la couverture spatiale.

3.3. ADN environnemental – ADNe (Chapitre 3)

L'ADNe permet de détecter les espèces présentes en analysant l'ADN dispersé dans l'eau (fragments cellulaires, mucus, excréments...).

Étapes clés : prélèvement d'eau = extraction = PCR = séquençage = analyses bioinformatiques.

Avantages :

- Détection d'espèces cryptiques ou rares
- Fort potentiel pour l'inventaire rapide
- Utilisable dans des zones difficiles d'accès
- Complément majeur pour les poissons difficiles à observer

Limites :

- Difficulté d'interpréter la quantité d'ADN comme mesure d'abondance
- Besoin de bases de données de références robustes
- Sensibilité aux contaminations

Applications : inventaires piscicoles, détection d'espèces invasives, suivi post-restauration.

3.4. Acoustique passive (Chapitre 4)

Méthode consistant à enregistrer les sons produits par les organismes récifaux (crevettes, poissons, invertébrés) ou par l'activité humaine.

Avantages :

- Enregistrement continu sur plusieurs jours à plusieurs mois
- Informations nocturnes
- Indicateurs de biodiversité acoustique
- Détection de perturbations humaines (moteurs, ancrage)

Limites :

- Expertise technique nécessaire
- Traitement des signaux complexe
- Difficulté d'attribuer un son à une espèce précise (sauf cas

connus)

Applications : évaluation globale de l'activité biologique, suivi de l'effet des AMP, diagnostic d'habitat.

3.5. Télédétection (Chapitre 5)

La télédétection regroupe l'imagerie par **satellite**, **avion/ULM** ou **drone**. Les capteurs utilisés peuvent être panchromatiques, couleur (RVB), multispectraux ou hyperspectraux.

Avantages :

- Vision globale à large échelle
- Mise à jour régulière
- Cartographie de la bathymétrie, des herbiers, des biocénoses, des récifs
- Suivi spatio-temporel (ex. projet BioEOS)

Limites :

- Forte dépendance à la profondeur et à la turbidité
- Moins de détails que l'imagerie *in situ*
- Nécessite validation terrain et algorithmes spécialisés
- Applications : cartes d'habitats, suivi du blanchissement, trajectoires d'évolution écologique, intégration aux SIG.

3.6. Intelligence artificielle (Chapitre 6)

L'IA est transversale à l'ensemble des méthodes. Elle permet :

- Segmentation et annotation automatique d'images
- Classification des habitats ou des espèces
- Traitement accéléré de la vidéo (détection de poissons)
- Analyses acoustiques automatisées
- Intégration de données multisources

Outils mentionnés : **CoralNet**, **ReefCloud**, algorithmes de Deep Learning pour la photogrammétrie (ex. RapidBenthos).

Avantages : rapidité, reproductibilité, analyse de données massives

Limites : dépendance à la qualité des données d'entraînement, risque de biais.

4. Autres méthodes complémentaires (Chapitre 7)

Le guide évoque brièvement d'autres approches utiles, mais moins intégrées à la surveillance de routine :

· **Acoustique active** : sonar monofaisceau, multifaisceau, sonar latéral

· **Optique active** : LiDAR pour la bathymétrie

· **Dispositifs d'échantillonnage *in situ*** :

- ARMS (biodiversité cryptique)
- SMURF, FARMS (recrutement des poissons)
- BioHut (nursérie)
- PCC (post-larves)

Ces méthodes permettent d'obtenir des informations ciblées sur certains compartiments faunistiques ou sur la structure du fond, mais ne suffisent pas, à elles seules, pour un diagnostic global.

5. Synthèse générale

Le guide conclut sur une vision globale et intégrée du suivi des récifs :

1. **Aucune méthode n'est suffisante seule.**

2. **Les méthodes classiques (UVC) doivent être conservées** pour la continuité temporelle.

3. **Les méthodes innovantes apportent des compléments essentiels** :

- Haute précision (photogrammétrie)
- Détection d'espèces difficiles (ADNe)
- Activité biologique continue (acoustique passive)
- Grande échelle (télédétection)
- Analyse rapide de données massives (IA)

4. **Le choix d'une méthode dépend du contexte local** (budgets, moyens humains, compétences, priorités de gestion).

5. **La validation par expert reste indispensable**, quelle que soit la méthode.

6. **Le paysage technologique évolue très vite**, et certains outils présentés seront probablement dépassés dans les prochaines années.

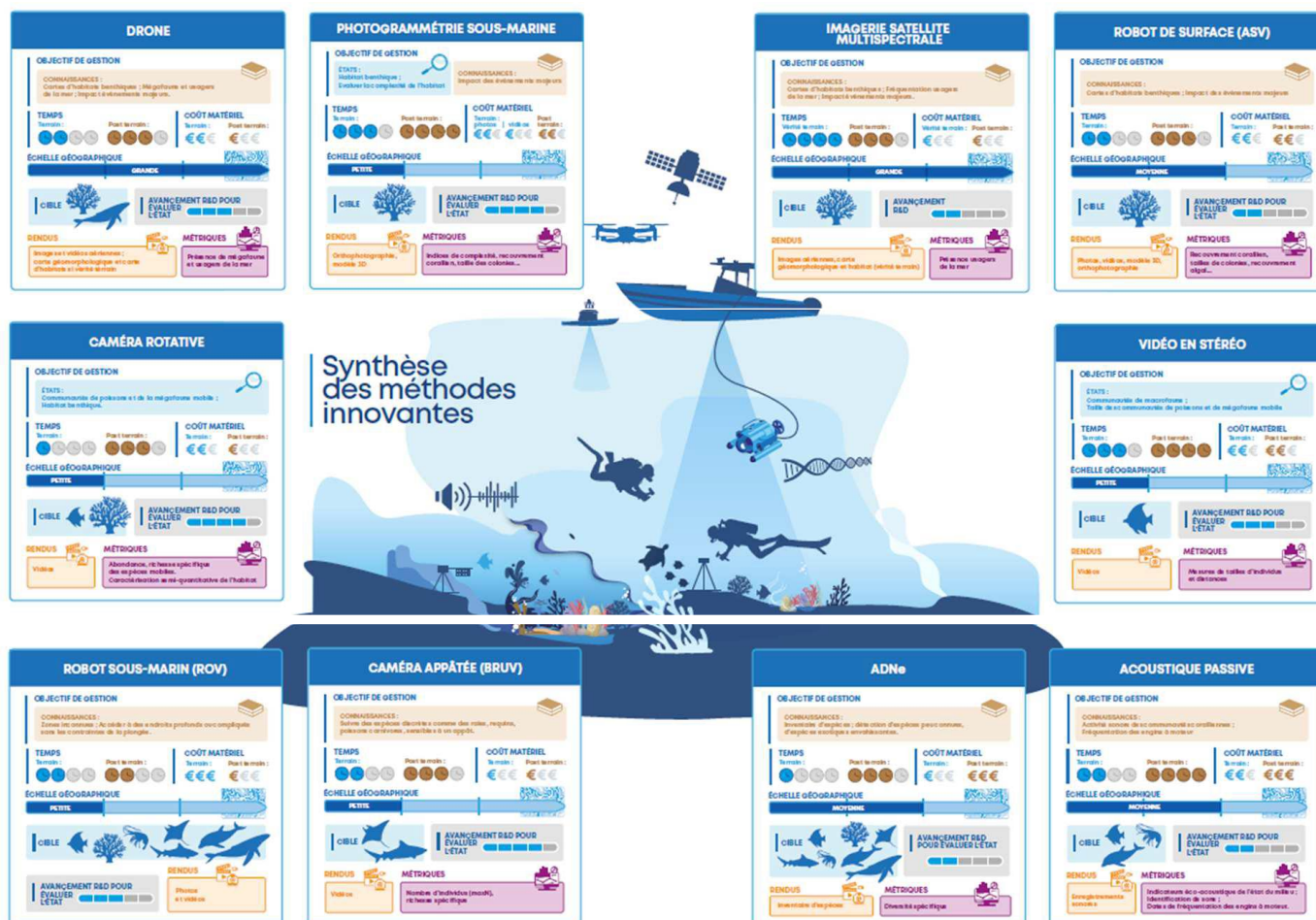


Figure extraite du guide illustrant les fiches de synthèse de chaque méthode

6. Conclusion

Ce guide constitue une ressource exhaustive pour les gestionnaires souhaitant moderniser leur stratégie de suivi des récifs coralliens. Il met en évidence une transition vers des approches plus quantitatives, automatisées et spatialisées, sans abandonner la rigueur des méthodes traditionnelles. L'enjeu majeur est de construire des protocoles hybrides, robustes, comparables dans le temps, et exploitant tout le potentiel des nouvelles technologies pour anticiper les changements rapides qui affectent les récifs français d'outre-mer.

□ Le guide complet est téléchargeable sur le site de l'IFRECOR à l'adresse suivante :

<https://ifrecor.fr/stocks/Guide-methodes-innovantes-recifs-coralliens-2025.pdf>

Présentation du protocole « Vigie-Chiro-RUN »

Pierre-Emmanuel BASTIEN

Introduction

Depuis la création du Groupe Chiroptères Océan Indien (GCOI) fin 2015, de nombreux témoignages relatant le fait que les chauves-souris sont de moins en moins nombreuses dans le ciel réunionnais ont été recueillis par l'association. De plus, de récentes études génétiques menées par l'Unité mixte de recherche sur les Processus Infectieux en Milieu Insulaire Tropical (PIMIT) sur le Petit molosse de La Réunion (*Mormopterus francoismoutoui*), semblent démontrer que l'espèce a atteint un plateau, et pourrait être en régression, ceci coïncidant avec l'arrivée de l'homme sur l'île au XVII^e siècle. Cependant, les modèles utilisés pour ces analyses sont robustes pour évaluer les tendances d'évolution des populations dans les temps anciens, mais sont limités pour l'interprétation des tendances d'évolution de population récentes.

Ainsi, les chauves-souris, seuls mammifères terrestres indigènes de l'île de La Réunion, sont-elles en déclin ou en augmentation ?

Le projet porté par le GCOI vise alors à mener un suivi acoustique standardisé pluriannuel (minimum de 5 années d'acquisition) pour connaître les tendances d'évolution des populations de chiroptères de l'île de La Réunion. Ces éléments de connaissance, une fois acquis, permettront d'appuyer les actions de conservation menées en faveur des chauves-souris, notamment pour la mise en protection d'habitats favorables à ces espèces (habitats de chasse, gîtes naturels, gîtes anthropiques, ...), et la réduction des pressions qu'elles subissent, particulièrement d'origine anthropique. En cela, ce projet s'insère dans les objectifs de la Stratégie Nationale pour les Aires Protégées (SNAP).

Dans le cadre du « Fonds vert », et dans l'objectif d'obtenir des résultats statistiquement utilisables, est ainsi déployé depuis mi-2023 le protocole « Vigie-Chiro-RUN », déclinaison régionale de l'observatoire national « Vigie-Chiro », porté par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN)



Illustration 1: logo du projet "Vigie-Chiro"

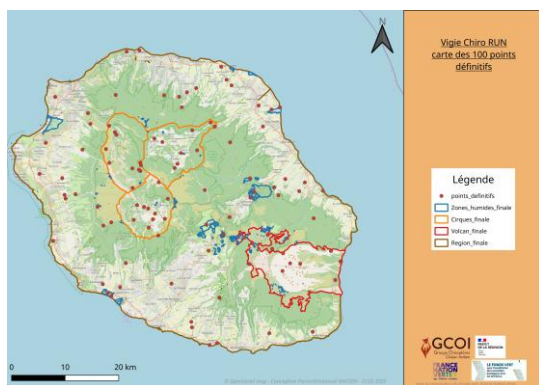


Illustration 2 : cartographie finale

Présentation technique

Pour répondre aux nombreuses interrogations, et agir quant à l'impact de l'activité humaine à La Réunion sur les chiroptères,

nous avons fait le choix ambitieux de mener une étude standardisée au long cours, sur la base d'un programme déployé à l'échelle nationale. En effet, le MNHN déploie depuis 2011 l'outil « Vigie-chiro ». Celui-ci s'insère plus globalement dans le programme de sciences participatives Vigie Nature.

Le protocole est aujourd'hui très bien déployé en métropole, et a permis l'obtention de résultats très importants concernant la chiroptérofaune. Néanmoins, avant le lancement de notre étude, il n'y avait pas de pareils travaux à La Réunion, et plus largement à l'échelle des outre-mer. De ce fait, dès 2022, le GCOI, s'est donc logiquement rapproché du MNHN pour envisager le déploiement de l'outil « Vigie-Chiro » à La Réunion.

Nous avons réfléchi à la faisabilité d'un tel projet, et convenu des modalités de mise en œuvre à travers le protocole dit « Point fixe ». Il vise à acquérir des données acoustiques de chauves-souris sur des sites fixes (<https://www.vigienature.fr/fr/page/protocole-point-fixe>), de manière régulière (périodes fixes dans l'année), et ce, sur plusieurs années consécutives.

Au bout des cinq premières années (2028), un travail de modélisation est prévu pour sortir les premières tendances d'évolution de population. Il est à noter que, plus la durée d'acquisition de données est importante, plus la modélisation des tendances d'évolution de populations est robuste. Le retour d'expérience des analyses faites en métropole montre qu'il faut une période d'acquisition de 5 années minimum, pour tirer de premières tendances d'évolution des populations fiables.

Adaptation du protocole national

Il a été retenu la reproduction du protocole trois fois par an sur le territoire réunionnais, à la différence de deux fois par an, sur le territoire métropolitain. En effet, trois périodes d'acquisitions permettent l'obtention de données acoustiques pour l'ensemble du cycle phénologique des chauves-souris à La Réunion (hiver austral – moindre activité = juillet/août, période de mise-bas et d'élevages des jeunes = décembre/janvier, émancipation des jeunes et mise-bas = mars/avril). Ainsi, le travail conduit nous permet d'apprécier l'ensemble du cycle d'activités des chauves-souris, mais en aucun cas la taille de la population en termes d'effectifs, ni même la taille des colonies et leurs localisations. Concernant le plan d'échantillonnage, celui-ci a été discuté et défini avec le MNHN. A été convenu de réaliser 100 points d'écoutes fixes répartis de manière aléatoire sur le territoire. Ainsi, par le biais d'un tirage aléatoire stratifié en lien avec la géologie de l'île et les habitats qui en résultent, 100 points ont été tirés aléatoirement, soit 10 pour chacun des trois cirques, 10 au sein des zones humides, 10 pour la zone d'emprise du Piton de la Fournaise, et enfin, 50 pour le reste des espaces non retenus.

À la suite du tirage aléatoire, un travail minutieux a été mené sur ordinateur afin d'ajuster les points et de s'assurer de la faisabilité technique du suivi, tant sur l'accessibilité que sur le suivi long terme du point.

L'équipe s'est ensuite déplacée sur chaque point, ceci afin de l'ajuster en lien avec la réalité du terrain, puis le valider, et enfin, réaliser une description des milieux dans lequel chaque point s'insère.

Pour mener à bien le protocole « Point fixe », nous avons fait le choix de nous orienter vers du matériel acoustique passif de chez Wildcare : « Song Meter Mini Bat ». En effet, le GCOI avait déjà éprouvé ce matériel, léger, performant et très facilement réglable via une application sur téléphone.

De plus, il est utilisé par des structures partenaires pour la mise en œuvre de « Vigie-chiro » sur le territoire métropolitain.



Illustration 3: installation d'un enregistreur passif Song Meter Mini Bat sur le terrain

4) Premiers résultats

4.1) Données logistiques brutes :

- ⇒ + de 250 km parcourus à pied par session, soit + de 750 km/an ;
- ⇒ + de 15.000 mètres de D+ et de D- à réaliser par session, soit + de 44 km/an.

4.2) Données acoustiques brutes :

- ⇒ 17 enregistreurs Song Meter Mini Bat utilisés par session ;
- ⇒ 300 nuits d'enregistrements par an ;
- ⇒ Environ 3 To de données acquies annuellement ;
- ⇒ ≈ 1 million de fichiers sons collectés annuellement.

4.3) Premiers travaux d'analyses acoustiques :

Du fait de la multitude de sons acquis, comprenant l'audible et l'in audible, nous utilisons le logiciel open source « Tadarida », développé par le MNHN, pour réaliser un premier traitement automatisé des sons. Malheureusement, la différence de signature acoustique entre les espèces métropolitaines et réunionnaises, ne nous permet pas d'obtenir de résultats pour les espèces « péi ». En effet, le logiciel n'a pas été entraîné avec les espèces locales.

Pour se faire, nous nous sommes penchés sur les possibilités de discriminer le Petit molosse de La Réunion et le Taphien de Maurice (*Taphozous mauritanus*) au sein du cortège des espèces métropolitaines.

Un travail préliminaire d'analyse acoustique a donc été commencé sur 2024 et a permis :

- 1) L'établissement de 4 groupes de correspondances théoriques correspondants au Petit molosse (MORFRA), au Taphien (TAPMAU), aux sons autres que les chauves-souris (NOISE), et aux espèces de métropole sans recouvrement avec les espèces réunionnaises (INDET) ;
- 2) La création d'une BDD avec les différents groupes sous R ;
- 3) Un tirage au sort de fichiers acoustiques = 1200 fichiers selon 4 groupes de correspondances x 10 intervalles de probabilité x 30 fichiers acoustiques tirés aléatoirement ;
- 4) Des tests (contrôles) acoustiques manuels de correspondances sur 1164 fichiers sons, permettant de nous assurer de la correspondance ou non ;

5) Et enfin, une validation des groupes et la définition des indices de confiance par le GCOI et le MNHN.

À l'heure actuelle, il est seulement possible de discriminer le Petit molosse de manière significative. Pour ce qui est du Taphien, tout reste encore à faire. Fort heureusement, il nous reste encore au moins deux ans et demi pour aboutir à des résultats significatifs concernant les groupes de correspondances pour les deux espèces.

4.3) Premiers travaux d'analyses des « points fixes » :

En parallèle du travail d'analyse acoustique, il était nécessaire de produire un premier travail permettant une description quantitative des points d'écoutes retenus pour le projet « Vigie-Chiro-RUN ».

Pour ce faire, un fichier CSV rassemblant différentes variables d'intérêts liées aux points a été produit, à partir de traitements de couches SIG, d'informations récoltées sur le terrain et par le biais d'analyses réalisées sous le logiciel R.

Les analyses en cours concernent :

- la distribution spatiale du jeu de données ;
- l'occupation des sols ;
- la végétation historique ;
- l'ouverture du milieu ;
- le statut de protection/gestion dans lequel s'insère le point ;
- l'altitude ;
- la pente ;
- l'exposition.

À l'heure de la présentation du projet « Vigie-Chiro-RUN », nous en sommes encore en pleine exploration du jeu de données. Un rapport technique sera produit au premier semestre 2026.

5) Conclusion

À l'heure de la présentation de ce travail, seul des premiers résultats bruts sont obtenus, que ce soit des résultats techniques, comme scientifiques, avec les premiers retours du logiciel open-source Tadarida. Il nous faudra attendre un minimum de cinq années (2028) de suivi pour obtenir les premières tendances d'évolution des chiroptères réunionnais. Néanmoins, d'ici là, le travail se poursuit avec le MNHN pour établir des correspondances entre les espèces métropolitaines et réunionnaises.

La deuxième partie du projet que nous espérons voir financée début 2026, doit permettre de poursuivre l'acquisition des données acoustiques trois fois par an, pour aboutir sur la mise en place d'un stage de 6 mois, co-porté par le GCOI et le MNHN, afin de lancer le premier travail d'analyse et tirer les premières tendances d'évolution.

Enfin, les données acoustiques déjà obtenues vont nous permettre d'affiner les connaissances sur la répartition spatiale ou altitudinale, comme sur l'activité acoustique annuelle, et ce, en fonction des deux variables précédemment citées.

Avec la participation financière de l'État au titre du « Fonds vert – France Nation Verte », et le soutien technique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN).

Etude des Myriapodes de La Réunion : les Diplopodes

VANDENSPIEGEL Didier¹, MATHYS Aurore¹, HENRARD Arnaud¹, CAZANOVE Gregory², GRONDIN Tomy,³ HUET Nicolas³

1: Département de gestion des collections, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Belgique).

2 : Muséum d'Histoire Naturelle de La Réunion, Saint-Denis (France)

3 : Association pour la Recherche et la Conservation des Arthropodes et des Mollusques (ARCAM), Saint-Joseph, La Réunion (France)

Contact: Didier VandenSpiegel – didier.van.den.spiegel@africamuseum.be

INTRODUCTION

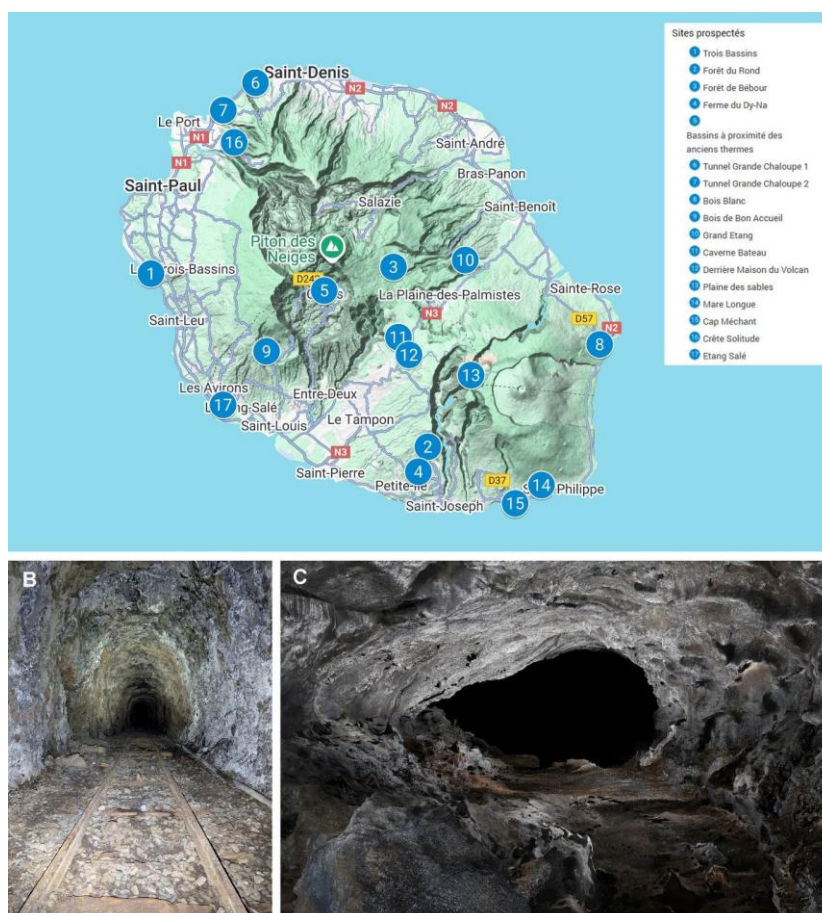
Située dans l'Ouest de l'océan Indien, à l'est de l'Afrique, dans l'hémisphère sud, l'île de La Réunion constitue l'une des trois îles importantes des Mascareignes. Elle constitue à la fois un département et une région d'outre-mer français. D'une superficie de 2 512 km², l'île de La Réunion est une île volcanique qui présente un relief escarpé travaillé par une érosion très marquée dont le point culminant se situe à une altitude de 3 070 mètres au Piton des Neiges. Malgré son jeune âge, quelque trois millions d'années, La Réunion abrite un endémisme exceptionnel. Le climat est de type tropical humide tempéré et se distingue par sa grande variabilité, particulièrement en raison de l'imposant relief de l'île qui est à l'origine de nombreux microclimats. Notre connaissance de la faune de mille-pattes de La Réunion est assez imparfaite. Il existe très peu de publications pertinentes, la plus complète étant celle d'Attems (1951) qui a étudié une collection de myriapodes d'Afrique, de Madagascar et de La Réunion récoltés par le Prof. Paul Remy.

La présente étude s'appuie sur le matériel collecté lors d'une campagne de collecte réalisée en juin 2025 dans le cadre d'un projet cofinancé par la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) de La Réunion et le Musée Royal de l'Afrique

Centrale à Tervuren (Belgique). A cette campagne, coordonnée par l'Association pour la Recherche et la Conservation des Arthropodes et des Mollusques (ARCAM), s'ajoute les collectes réalisées par l'Université de La Réunion, le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et le Musée d'Histoire Naturelle de La Réunion (MHN-Ré). Ces différents échantillonnages ont permis de collecter des spécimens matures pour presque chaque espèce. Les résultats préliminaires montrent que les mille-pattes capturés appartiennent à 19 espèces, dont quatre sont nouvelles pour la faune de La Réunion. Cette contribution passe succinctement en revue la faune diplopode de La Réunion.

SITES PROSPECTES

Globalement, une fouille aussi exhaustive que possible des abris naturels favorables aux myriapodes a été entreprise, dans diverses stations s'échelonnant du bord de mer jusqu'aux plus hautes parties de l'île (Figure 1A). Durant la campagne de collecte de juin 2025, les deux parties accessibles de l'ancien tunnel ferroviaire de la Grande Chaloupe et le tunnel de lave de la Caverne Bateau, ont été prospectés (Figure 1B, C) afin de détecter la présence d'espèces troglodytes.



METHODOLOGIE

Les mille-pattes ont été collectés à la main, par tamisage ou par extraction Winkler. La collecte a été effectuée de jour comme de nuit. L'ensemble du matériel traité a été déposé au Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren (MRAC) pour détermination et sera ensuite réparti entre le Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris (MNHN), le Muséum d'Histoire Naturelle à La Réunion (MHN-Ré) et le MRAC.

La photographie 2C est de Nicolas Huet, les autres photographies sont d'Aurore Mathys.

LA FAUNE DIPOPODE DE LA REUNION

Ordre Polyxenida – Fig. 2A

Quatres espèces de Polyxenida (*Alloproctoides remyi* Marquet & Condé, 1950, *Monographis borbonicus* Condé et Jacquemin, 1962, *Saroxenus alluaudi* Brölemann, 1920, *Silvestrus seminudus* Jones, 1937) sont connues de La Réunion. La campagne de collecte de 2025 a permis de collecter plusieurs espèces de polyxenides qui sont en cours de détermination.

Ordre Polyzoniida

Famille Siphonotidae

Rhinotus purpureus (Pocock, 1894) – Fig. 2B

Une seule espèce de Polyzoniida, *Rhinotus purpureus* (Pocock, 1894), est connue de La Réunion. Cette espèce exotique a une répartition pantropicale et est présente un peu partout sur l'île.

Ordre Polydesmida

Famille Haplodesmidae

Cylindrodesmus hirsutus Pocock, 1889 – Fig. 2C

Une seule espèce de *Cylindrodesmus*, *C. hirsutus*, est connue de La Réunion. Cette espèce circumtropical semble rare à La Réunion et n'a été signalée que dans le tunnel ferroviaire de Grande Chaloupe.

Prosopodesmus jacobsoni Silvestri, 1910 – Fig. 2D

Seule l'espèce *P. jacobsoni* semble présente à La Réunion. C'est une espèce pantropicale mais rarement observée sur l'île : elle n'a été collectée que dans l'ancien tunnel ferroviaire de la Grande Chaloupe ainsi que dans une forêt tropicale de basse altitude à Vallée Heureuse (Saint-Philippe), suggérant une distribution assez large sur l'île.

Famille Paradoxosomatidae

Chondromorpha xanthotricha (Attems, 1898) – Fig. 2E

Seule l'espèce *Chondromorpha xanthotricha* Attems, 1898 est connue de La Réunion. C'est une espèce pantropicale rare à La Réunion où elle n'a été observée que dans des plantations de manguiers à Saint-Paul.

Orthomorpha coarctata (De Saussure, 1860) – Fig. 2F

Cette espèce à large distribution se retrouve dans tous les milieux tropicaux et subtropicaux. Très proche de *C. xanthotricha*, elle s'en distingue essentiellement par la structure de ses gonopodes, longs et effilés. A La Réunion, l'espèce partage les mêmes biotopes que *Oxidus gracilis*.

Oxidus gracilis (C. L. Koch, 1847) – Fig. 2 G

Espèce cosmopolite, *Oxidus gracilis* (C. L. Koch, 1847) est la seule espèce du genre connue à La Réunion où elle est commune et présente un peu partout sur l'île.

Famille Polydesmidae

Polydesmus coriaceus Porat, 1870 – Fig. 2H

Bien que le genre *Polydesmus* contienne de nombreuses espèces, seule l'espèce *P. coriaceus* semble présente sur l'île. Il semblerait que son introduction soit récente, mais elle est déjà largement distribuée dans les forêts humides d'altitude où elle abonde dans la litière de *Cryptomeria japonica*.

Famille Trichopolydesmidae

Peronorchus parvicollis Attems 1907 – Fig. 2I

Ce petit diplopode d'environ 5 mm de long a une large répartition en raison de l'activité humaine. Jusqu'à présent il n'était pas connu de La Réunion mais la campagne de collecte de 2025 montre qu'il est présent un peu partout sur l'île dans la litière humide.

Ordre Spirobolida

Famille Pachybolidae

Dactylobolus pumilus (Attems 1910) – Fig. 2J

D. pumilus est une espèce de diplopode dont la distribution géographique inclut principalement l'Asie. A La Réunion, il n'a été observé que du côté est de l'île, à Bois-Blanc à Sainte-Rose, mais, étant très semblable à *Leptogoniulus sorornus*, il est fort possible qu'il ait été confondu avec celle-ci. Jusqu'à présent, un seul mâle subadulte a été collecté.

Leptogoniulus sorornus (Butler, 1876) – Fig. 2K

Espèce principalement synanthrope et pantropicale, elle se retrouve un peu partout à La Réunion où elle est très abondante dans les forêts de basse altitude.

Famille Pseudospirobolellidae

Pseudospirobolellus avernus (Butler, 1876) – Fig. 2L, M

Espèce également synanthrope, elle se retrouve un peu partout à La Réunion, souvent dans le même biotope que *L. sorornus*. Cependant, *P. avernus* est fortement fluorescent sous la lumière UV (Fig. 2M).

Famille Spirobolellidae

Paraspirobolus lucifugus (Gervais, 1837) – Fig. 2N, O

P. lucifugus est également une espèce synanthrope bien répandue sous les tropiques. A La Réunion, on la retrouve principalement dans la litière humide et les troncs morts des forêts de basse altitude. Cette espèce est fortement fluorescente sous la lumière UV (Fig.2O).

Ordre Julida

Family Julidae

Cylindroiulus britannicus (Verhoeff, 1891) – Fig. 2P

Diplopode de taille moyenne, *C. britannicus* est une espèce synanthrope avec une distribution principalement atlantique. Cette espèce est nouvelle pour la faune réunionnaise et se retrouve dans tous les milieux eutrophisés.

Ordre Spirostreptida

Famille Blaniulidae

Boreoiulus tenuis (Bigler, 1913) – Fig. 2Q

Petit diplopode fin et allongé, *B. tenuis* se reconnaît aisément par ses deux lignes latérales de points orangés marquant les glandes répulsives. *B. tenuis* est une espèce hautement synanthrope originaire d'Europe centrale. Elle a été introduite à La Réunion où elle est fréquente et dispersée un peu partout sur l'île. L'espèce a également été trouvée en abondance dans le guano des Salanganes des Mascareignes (*Aerodramus francicus*) de la Caverne Bateau.

Famille Cambalopsidae

Glyphiulus granulatus (Gervais, 1847) – Fig. 2R

Espèce de taille relativement petite (10–15 mm), *G. granulatus* se caractérise par ses pattes réduites, *G. granulatus* se caractérise par ses gonopodes présents chez les mâles et

carinotaxie. C'est une espèce pantropicale largement distribuée sur l'île de La Réunion.

REFERENCES

Attems, C. (1951) Myriapodes d'Afrique de Madagascar et de La Réunion récoltés par le Pr. Paul Remy. Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, V, 173-186.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas pu être réalisé sans l'appui financier de la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL) de La Réunion et du Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren (Belgique). Les auteurs sont particulièrement reconnaissants aux membres bénévoles de l'Association pour la Recherche et la Conservation des Arthropodes et des Mollusques



Figure 2 : Diplopodes présents à La Réunion. A : Polyxenidae, B : *Rhinotus purpureus*, C : *Cylindrodesmus hirsutus*, D : *Prosopodesmus jacobsoni*, E : *Chondromorpha xanthotricha*, F : *Orthomorpha coarctata*, G : *Oxidus gracilis*, H : *Polydesmus coriaceus*, I : *Peronorchus parvicollis*, J : *Dactylobolus pumilus*, K : *Leptogoniulus sorornus*, L&M : *Pseudospirobolellusavernus*, N&O : *Paraspirobolellus lucifudus*, P : *Cylindroiulus britannicus*, Q : *Boreiulus tenuis*, R : *Glyphiulus granulatus*.

La pollinisation à La Réunion : comment préserver ce processus écologique et les services écosystémiques associés ?

État des connaissances et proposition d'une phase préliminaire d'étude

Cyril MARTY

I Introduction

Un service écosystémique est un bénéfice produit par un écosystème qui va bénéficier aux sociétés humaines ou aux organismes vivants. Parmi ces services écosystémiques, la pollinisation par les insectes est une interaction mutualiste permettant la nutrition des pollinisateurs et la reproduction de la majorité des plantes à fleurs. De ce fait, les pollinisateurs remplissent une fonction nécessaire au maintien des écosystèmes naturels et des agroécosystèmes. La pollinisation est ainsi considérée comme un service pour la production des cultures qui représente, d'après des estimations, entre 195 et 387 billions de dollars de bénéfices par an (Porto et al., 2020), assurant la sécurité alimentaire. La pollinisation et la dispersion des graines sont des processus principaux de la régénération des écosystèmes naturels ; cependant, ils font partie des processus les plus menacés par les activités humaines (Neuschulz et al., 2016).

Les hyménoptères montrent peu d'espèces endémiques à La Réunion. Si le taxon est probablement moins adapté à la colonisation des milieux insulaires, un manque de travail de collecte et de taxonomie, notamment dans les forêts les mieux préservées de l'île, peut aussi expliquer ce constat. Aux Fidji, une étude publiée par Dorey *et al.* (2020) a permis de décrire 18 nouvelles espèces du genre *Homalictus*, par l'échantillonnage des canopées, alors que seulement 4 espèces avaient été décrites dans ce genre auparavant. Des études complémentaires en Polynésie française ont aussi permis de découvrir une espèce à Tahiti, ce qui permet d'expliquer une observation récente d'abeille réalisée dans les Tuamotu en 1934 et qui n'avait plus été observée depuis. Ces exemples illustrent une diversité cryptique liée aux canopées qui n'avait pas été repérée dans les études et échantillonnages précédents. À La Réunion, le potentiel écologique reste encore sous exploré. En effet, à ce jour, 3.471 arthropodes sont décrits (INPN - Biodiversité dans les territoires, 2025) ; mais, d'après Legros *et al.* (2020), ce nombre ne représenterait que 38% de la totalité des espèces d'arthropodes présentes. 11 espèces d'*Anthophila* (abeilles) sont référencées à La Réunion ; parmi celles-ci, deux sont subendémiques, six sont considérées comme indigènes, une est exotique, et deux ne sont pas encore identifiées.

Même si les abeilles sont les principaux pollinisateurs à l'échelle mondiale, en milieu insulaire certains taxons remplacent les abeilles dans leur rôle de pollinisation, notamment en altitude où les hyménoptères sont moins présents. Ainsi, les diptères, et notamment les syrphes, peuvent devenir d'importants pollinisateurs, comme en Polynésie française où ils présentent une forte proportion d'endémisme et d'autochtonie par rapport aux autres pollinisateurs (Ramage et al., 2018). Des observations faites sur le terrain à La Réunion, avec l'Association pour la Recherche et la Conservation des Arthropodes et Mollusques (ARCAM), notamment dans la zone éricoïde, pourraient aller dans ce sens. La plupart des fleurs de cet étage de végétation présentent des odeurs plutôt appréciées par les diptères. Ainsi, la majorité des visites observées sur la plupart des fleurs de cet étage de végétation correspondent à celles de ce taxon. Par ailleurs, sur les îles, il existe ce que l'on appelle le syndrome insulaire ; cela implique qu'une espèce en milieu insulaire

va subir des modifications morphologiques, comportementales, physiologiques, ... singulières par rapport aux continents. En effet, à La Réunion, certains geckos ou oiseaux ont été identifiés comme pollinisateurs (Begue et al., 2014; Péchon et al., 2013). Concernant les insectes, *Glomeremus orchidophilus* a été référencé comme pollinisant des orchidées, c'est actuellement, le seul orthoptère à l'échelle mondiale considéré comme pollinisateur (Hugel et al., 2010; Krenn et al., 2016).

La pollinisation en milieu insulaire est aussi singulière par la structure de ses réseaux d'interactions. Un phénomène théorisé, le syndrome de pollinisation, implique, qu'avec le temps, les interactions de pollinisation entraînent une spécialisation de ces interactions (Wang et al., 2020). En milieu insulaire, les études à ce sujet montrent des résultats assez contradictoires. Une majorité d'études affirment que le syndrome de pollinisation n'est pas validé dans ce type de milieu, même si certaines d'entre elles ont montré des cas d'interactions plante-pollinisateur très spécialisées sur les îles (Kato et al., 2003; Martén-Rodríguez and Fenster, 2008). De manière générale, sur les îles, il est observé une diversification du nombre de pollinisateurs pollinisant une espèce de plante à fleurs et du nombre de plantes à fleurs visitées par une espèce pollinisatrice (Kaiser-Bunbury et al., 2009; Olesen et al., 2002) ; ce qui correspond, en soi, à une généralisation des interactions de pollinisation. Les réseaux d'interactions peuvent être considérés comme plus « complexes », le nombre d'espèces interagissant étant plus élevé. Ceci se traduit, chez les plantes à fleurs, par un certain nombre d'adaptations retrouvées en contexte insulaire (Bernardello et al., 2001). Les fleurs vont en effet être plus petites, ternes et vont présenter des corolles davantage ouvertes et donc accessibles à une large gamme de pollinisateurs.

Malgré l'importance de la pollinisation, les services écosystémiques associés restent encore peu compris. Cette méconnaissance limite notre capacité à évaluer précisément les menaces qui pèsent sur eux. À l'échelle mondiale, les principales menaces identifiées sont, la perte et la fragmentation d'habitats, notamment en lien avec certaines pratiques agricoles, la compétition avec des espèces de pollinisateurs issus d'élevages, l'utilisation de pesticides et les effets du changement climatique (Brown et al., 2016; Pires and Maués, 2020). En milieu insulaire, certaines menaces apparaissent ou deviennent plus impactantes, notamment comme la présence et le développement d'espèces exotiques (Zakardjian et al., 2020).

Des travaux sont réalisés, entre autres par l'ARCAM, sur des potentiels pollinisateurs comme les Crabronidae, dont les adultes sont nectarivores. Des descriptions taxonomiques sont réalisées et associées aux collectes de terrain, permettant d'estimer la répartition des espèces en question sur l'île. En complément de ces travaux, les échantillons sont mis à disposition du CIRAD afin de réaliser des analyses génétiques comme le Barcoding.

Dans un objectif d'étude du processus de pollinisation et des services écosystémiques associés à La Réunion, il est intéressant de développer l'étude des pollinisateurs à une échelle communautaire. Pour cela, dans un premier temps, il sera intéressant d'identifier les méthodologies utilisées pour ce type d'étude, dans un second temps de définir comment les analyser et, enfin, de préciser dans quels contextes et quels objectifs peut être utilisé ce type d'analyse.

II Matériels et méthodes

Différentes méthodologies de collectes peuvent être utilisées pour collecter les communautés de pollinisateurs. Certains pièges vont être utilisés pour attirer sélectivement les pollinisateurs sur la base de signaux visuels (couleurs), c'est le cas des pièges coupelles colorés et des pièges à entonnoir (Boeiro et al., 2025a; Diniz et al., 2025). D'autres pièges sont sélectifs par le lieu et la période de collecte comme le fauchage. Enfin, il est possible d'étudier ces communautés par des observations sur des transects ou quadrats durant un temps donné. Cette dernière méthode permet aussi d'étudier les réseaux d'interactions plantes / pollinisateurs en référencant les interactions et leur type. Les réseaux d'interactions peuvent aussi être retracés par l'étude de pollens portés par les pollinisateurs capturés (Balmaki et al., 2022).

L'identification des pollinisateurs est réalisée sur le terrain lorsqu'elle est possible, notamment dans le cadre de l'échantillonnage par transects ou quadrats, ou bien elle est réalisée sous loupe après une conservation des échantillons en alcool. L'identification est poussée à l'espèce pour certains taxons (e.g. Anthophila), les autres sont identifiés à la famille, au genre ou au morphotype en fonction du détail que veut apporter l'étude.

III Analyses

Deux approches complémentaires peuvent être utilisées pour étudier les communautés, l'approche taxonomique et l'approche fonctionnelle. Dans le cadre de ces deux approches, la même démarche d'analyse est utilisée. Dans un premier temps, des indices peuvent être calculés directement sur la communauté ; c'est le cas de la richesse spécifique, d'indices de Simpson ou Shannon. Dans un second temps, les communautés peuvent être représentées dans un espace à plusieurs dimensions permettant de mesurer de nouveaux indices complémentaires comme des indices d'originalité ou d'équité (Diniz et al., 2025).

Il est aussi possible d'analyser les communautés sous la forme de réseaux d'interactions (Boeiro et al., 2025b). Ces réseaux relient des espèces de pollinisateurs avec les espèces de plantes à fleurs visitées. L'épaisseur du trait rend compte de la fréquence à laquelle cette observation a été référencée. Différentes informations peuvent être associées à ces graphiques, notamment par des couleurs, comme le caractère indigène ou exogène des espèces. Associer à ces réseaux d'interactions, des réseaux de compétition entre espèces pollinisatrices, notamment pour la ressource florale, peuvent aussi être analysés (Zakardjian et al., 2020). Sur la base de ces différents réseaux sont calculés des indices qui peuvent être analysés statistiquement.

Cet ensemble d'analyses peut être réalisé dans différents cadres et problématiques, notamment en application d'actions de gestion de l'environnement, dans lesquelles les différents indices mesurés sont analysés en fonction d'une problématique précise. En milieux insulaires différentes problématiques ont déjà été étudiées de cette manière. En effet, Boeiro et ses collaborateurs (2025b), aux Açores, ont étudié les effets des perturbations par les plantes invasives sur les réseaux d'interactions plantes / pollinisateurs, ainsi que l'effet de l'intensité de gestion de paysages sur les assemblages de pollinisateurs et leurs réseaux d'interactions. En outre, en Nouvelle-Calédonie, Zakardjian et ses collaborateurs (2020) ont étudié les effets de l'urbanisation sur les réseaux d'interactions plantes / pollinisateurs.

À La Réunion, de nombreux sujets d'étude appliquée de ces analyses sont envisageables. Entre autre, la prise en considération de variables comme le gradient altitudinal, l'urbanisation, les cultures ou encore la densité de plantes exotiques envahissantes (Fenouillas, 2021) serait tout à fait pertinente.

➤ La structure du paysage et sa composition sont des facteurs connus pour affecter les communautés d'insectes,

notamment les insectes très mobiles que sont les pollinisateurs. À La Réunion, ces facteurs sont intimement liés à l'altitude, les écosystèmes de haute altitude étant plus préservés ; ce sont ces milieux qui présentent aussi le plus fort potentiel de conservation pour des pollinisateurs sensibles aux pressions anthropiques. La structuration du paysage et sa composition sont analysables par des indices d'occupation du paysage, de fragmentation de la forêt ou encore de composition végétale des milieux.

➤ Les activités agricoles de cultures ou d'élevage vont, par des modifications de l'environnement ou des interactions, modifier les communautés de pollinisateurs et les interactions associées. Il existe différents modes de gestion de ces activités qui peuvent plus ou moins affecter les communautés de pollinisateurs.

➤ Des espèces exotiques peuvent aussi être envahissantes et entrer en compétition avec les pollinisateurs indigènes. Certaines espèces à La Réunion comme la mouche bleue, introduite pour limiter la propagation du raisin marron, se retrouvent dans certaines zones en nombre sur les fleurs. Ces abondances impactent forcément la ressource nectarifère disponible pour les autres pollinisateurs. Enfin, la présence et l'abondance de plantes exogènes dans les milieux et dans les réseaux de pollinisation impactent nécessairement ces derniers. En outre, ces plantes peuvent faciliter l'installation et la propagation de pollinisateurs exotiques par exemple par des processus d'« invasion meltdown ».

Par ailleurs, il est important de souligner que des comparaisons des mesures réalisées sur ces communautés sont réalisables à l'échelle internationale, entre îles ou avec des continents ; des données de comparaison existent déjà pour d'autres îles comme les Açores ou Maurice (Shay et al., 2016).

IV Discussion

L'étude du processus de pollinisation et des services écosystémiques associés au travers d'une approche communautaire s'avère la plus à même d'apporter une vision globale du service de pollinisation potentiel réalisé. Par ailleurs, les méthodologies utilisées par cette approche sont applicables dans des milieux difficiles d'accès tels que les canopées en milieu tropical. Si elle permet d'acquérir des preuves de visites de fleurs ou de transport de pollen, elle ne peut toutefois donner d'éléments sur les échanges de fleurs à fleurs, ni d'avoir une approche comportementale ou physiologique et donc de détailler une interaction particulière.

Pour étudier le processus de pollinisation et les services écosystémiques associés à La Réunion il serait, dans un premier temps, intéressant de réaliser une description des espèces d'insectes pollinisateurs, et notamment des Anthophila, d'étudier leur répartition, les interactions avec les plantes à fleurs déjà référencées et d'associer à ces espèces des barcodes génétiques.

Il serait nécessaire, dans un second temps, d'analyser les communautés de pollinisateurs et leurs réseaux d'interactions en fonction du gradient altitudinal. Ce facteur est en effet très impactant sur les écosystèmes et son étude permettrait de décrire le fonctionnement des communautés en milieu naturel préservé à l'échelle de l'île.

Enfin, il serait pertinent d'analyser les communautés de pollinisateurs et les réseaux d'interactions plantes pollinisateurs dans le cadre d'applications spécifiques à la gestion de l'environnement à La Réunion. Différentes problématiques pourraient être abordées en lien avec l'urbanisation, la culture, l'élevage et la sylviculture ou encore les plantes exotiques envahissantes. Les outils et analyses discutées ici pourraient permettre d'identifier des modes de gestion qui permettraient la préservation des milieux et des espèces et/ou favoriseraient certains services écosystémiques.

Bibliographie :

- Balmaki, B., Rostami, M. A., Christensen, T., Leger, E. A., Allen, J. M., Feldman, C. R., Forister, M. L., and Dyer, L. A.: Modern approaches for leveraging biodiversity collections to understand change in plant-insect interactions, *Front. Ecol. Evol.*, 10, <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.924941>, 2022.
- Begue, J.-F., Sanchez, M., Micheneau, C., and Fournel, J.: New record of day geckos feeding on orchid nectar in Reunion Island: Can lizards pollinate orchid species?, *Herpetology Notes*, 7, 689–692, 2014.
- Bernardello, G., Anderson, G. J., Stuessy, T. F., and Crawford, D. J.: A survey of floral traits, breeding systems, floral visitors, and pollination systems of the angiosperms of the Juan Fernández Islands (Chile), *Bot. Rev.*, 67, 255–308, <https://doi.org/10.1007/BF02858097>, 2001.
- Boeiro, M., Oliveira, R., Costa, R., and Borges, P. A. V.: Pollinator species richness and abundance across diverse habitat-types on Terceira Island (Azores, Portugal), *Biodivers Data J.*, 13, e142482, <https://doi.org/10.3897/BDJ.13.e142482>, 2025a.
- Boeiro, M., Ferreira, M., Ceia-Hasse, A., Esposito, F., Santos, R., Pozsgai, G., Borges, P. A. V., and Rego, C.: The Effects of Disturbance on Plant–Pollinator Interactions in the Native Forests of an Oceanic Island (Terceira, Azores), *Insects*, 16, 14, <https://doi.org/10.3390/insects16010014>, 2025b.
- Brown, M. J. F., Dicks, L. V., Paxton, R. J., Baldock, K. C. R., Barron, A. B., Chauzat, M.-P., Freitas, B. M., Goulson, D., Jepsen, S., Kremen, C., Li, J., Neumann, P., Pattemore, D. E., Potts, S. G., Schweiger, O., Seymour, C. L., and Stout, J. C.: A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination, *PeerJ*, 4, e2249, <https://doi.org/10.7717/peerj.2249>, 2016.
- Diniz, U. M., Böttger, D., Brehm, G., Lalama, S. F. V., Frühholz, K., Pitz, M., Windl, J., Rasmussen, C., Keller, A., and Leonhardt, S. D.: Stratification along tropical forest succession enhances pollinator diversity via functionally unique canopies, <https://doi.org/10.1101/2025.01.23.634515>, 26 January 2025.
- Dorey, J. B., Groom, S. V. C., Freedman, E. H., Matthews, C. S., Davies, O. K., Deans, E. J., Rebola, C., Stevens, M. I., Lee, M. S. Y., and Schwarz, M. P.: Radiation of tropical island bees and the role of phylogenetic niche conservatism as an important driver of biodiversity, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287, 20200045, <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0045>, 2020.
- Fenouillas, P.: Identification des enjeux de conservation et priorisation des actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes à La Réunion, phdthesis, Université de la Réunion, 2021.
- Hugel, S., Micheneau, C., Fournel, J., Warren, B., Gauvin-Bialecki, A., Paillet, T., Chase, M., and Strasberg, D.: *Glomeremus* species from the Mascarene islands (Orthoptera, Gryllacrididae) with the description of the pollinator of an endemic orchid from the island of Réunion, *Zootaxa*, 2545, 58–68, <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2545.1.6>, 2010.
- INPN - Biodiversité dans les territoires: <https://inpn.mnhn.fr/collTerr/biodiversite/TER974>, last access: 1 April 2025.
- Kaiser-Bunbury, C. N., Memmott, J., and Müller, C. B.: Community structure of pollination webs of Mauritian heathland habitats, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 11, 241–254, <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.04.001>, 2009.
- Kato, M., Takimura, A., and Kawakita, A.: An obligate pollination mutualism and reciprocal diversification in the tree genus *Glochidion* (Euphorbiaceae), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 5264–5267, <https://doi.org/10.1073/pnas.0837153100>, 2003.
- Krenn, H. W., Fournel, J., Bauder, J. A.-S., and Hugel, S.: Mouthparts and nectar feeding of the flower visiting cricket *Glomeremus orchidophilus* (Gryllacrididae), *Arthropod Structure & Development*, 45, 221–229, <https://doi.org/10.1016/j.asd.2016.03.002>, 2016.
- Legros, V., Rochat, J., Reynaud, B., and Strasberg, D.: Known and unknown terrestrial arthropod fauna of La Réunion Island, Indian Ocean, *J Insect Conserv.*, 24, 199–217, <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00188-0>, 2020.
- Martín-Rodríguez, S. and Fenster, C. B.: Pollination Ecology and Breeding Systems of Five *Gesneria* Species from Puerto Rico, *Annals of Botany*, 102, 23–30, <https://doi.org/10.1093/aob/mcn056>, 2008.
- Neuschulz, E. L., Mueller, T., Schleuning, M., and Böhning-Gaese, K.: Pollination and seed dispersal are the most threatened processes of plant regeneration, *Sci Rep.*, 6, 29839, <https://doi.org/10.1038/srep29839>, 2016.
- Olesen, J. M., Eskildsen, L. I., and Venkatasamy, S.: Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists, *Diversity and Distributions*, 8, 181–192, <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2002.00148.x>, 2002.
- Péchon, T. L., Sanchez, M., Humeau, L., Gigord, L. D. B., and Zhang, L.-B.: Vertebrate pollination of the endemic *Trochetia granulata* (Malvaceae) on Réunion, *Journal of Tropical Ecology*, 29, 353–356, <https://doi.org/10.1017/S0266467413000278>, 2013.
- Pires, C. S. S. and Maués, M. M.: Insect Pollinators, Major Threats and Mitigation Measures, *Neotrop Entomol.*, 49, 469–471, <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00805-7>, 2020.
- Porto, R. G., de Almeida, R. F., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B. F., Peres, C. A., and Lopes, A. V.: Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions, *Food Sec.*, 12, 1425–1442, <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01043-w>, 2020.
- Ramage, T., Sylvain, C., and Mengual, X.: Flower flies (Diptera, Syrphidae) of French Polynesia, with the description of two new species, *European Journal of Taxonomy*, <https://doi.org/10.5852/ejt.2018.448>, 2018.
- Shay, K., Drake, D., Taylor, A., Sahli, H., Euaparadorn, M., Akamine, M., Imamura, J., Powless, D., and Aldrich, P.: Alien Insects Dominate the Plant–Pollinator Network of a Hawaiian Coastal Ecosystem, *Pacific Science*, 70, 409–429, <https://doi.org/10.2984/70.4.2>, 2016.
- Wang, X., Wen, M., Qian, X., Pei, N., and Zhang, D.: Plants are visited by more pollinator species than pollination syndromes predicted in an oceanic island community, *Sci Rep.*, 10, 13918, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70954-7>, 2020.
- Zakardjian, M., Geslin, B., Mitran, V., Franquet, E., and Jourdan, H.: Effects of Urbanization on Plant–Pollinator Interactions in the Tropics: An Experimental Approach Using Exotic Plants, *Insects*, 11, 773, <https://doi.org/10.3390/insects11110773>, 2020.

Taxonomie intégrative du genre *Liparis* (Orchidaceae) à La Réunion

Wendy BUQUET ¹, Véronique LAVERGNE ², Miharisoa-Mirana GAUCHE ¹, Marie-Stella JAGOU ¹, Bertrand MALLET ², Thierry PAILLER ¹

¹ Université de La Réunion, UMR C53 Cirad-Université, Peuplements végétaux et bioagresseurs en Milieu Tropical, La Réunion (France)

² Conservatoire botanique national de Mascarin, 2 rue du Père Georges F-97436 Saint-Leu, La Réunion (France)

Introduction

Le genre *Liparis* Rich. (Orchidaceae, Malaxideae) représente un complexe taxonomique majeur au sein des orchidées, avec plus de 460 entités spécifiques et intraspécifiques (espèces, sous-espèces, variétés) réparties à l'échelle mondiale (Hermans et al. 2020). Son écologie, épiphyte, lithophyte ou terrestre, et sa prédominance dans les zones tropicales et subtropicales en font un modèle d'étude privilégié pour l'analyse des patrons de diversification. Dans le sud-ouest de l'océan Indien (SOIO), le genre présente une diversité remarquable, particulièrement à Madagascar où se concentre un endémisme exceptionnel (80 % sur 46 espèces) (Hermans et al. 2020, 2023).

À La Réunion, la délimitation des espèces de *Liparis* reste problématique : une dizaine d'espèces sont formellement recensées, tandis que plusieurs taxons d'affiliation incertaine persistent dans la littérature. Cette incertitude taxonomique reflète les limites des approches classiques, confrontées à des ressemblances morphologiques trompeuses, une rareté des populations, et une conservation déficiente des spécimens de référence. Le cas emblématique de *Liparis microcharis*, initialement synonymisé avec *Liparis scaposa*, mais que des observations tendent à considérer comme distincts, illustre les ambiguïtés persistant dans la circonscription spécifique (Bègue 2011; Hermans et al. 2020; *pers. obs.* VL).

L'émergence de la taxonomie intégrative offre un cadre méthodologique transformatif pour résoudre ces complexités. En couplant les apports de la génomique, de la morphométrie quantitative et de l'écologie, cette approche permet une délimitation objective des lignées évolutives et une détection fine des espèces cryptiques (Besse 2014). Cette résolution taxonomique accrue établit les fondements scientifiques à une conservation éclairée des espèces : elle permet d'évaluer avec précision l'étendue réelle des aires de distribution et de déterminer des statuts de menace fiables pour ces orchidées menacées.

Ainsi, l'étude propose d'appliquer les principes de la taxonomie intégrative pour élucider la diversité du genre *Liparis* dans l'archipel des Mascareignes, en ciblant plus spécifiquement La Réunion. De ce fait : Dans quelle mesure, cette approche multidimensionnelle permet-elle de clarifier la délimitation spécifique, d'élucider les relations phylogénétiques au sein du SOIO, et surtout, de fournir les bases indispensables à la conservation des *Liparis* réunionnais ? Les résultats attendus devraient permettre de transformer le paradigme actuel, passant d'une connaissance fragmentaire à une compréhension robuste, nécessaire à la sauvegarde de ce patrimoine unique.

Matériel et méthodes

Echantillonnage du matériel biologique

Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées dans trois territoires de l'océan Indien : La Réunion, Madagascar, Seychelles. La stratégie de collecte a été adaptée aux contraintes et objectifs de chaque site. À La Réunion, l'approche a été

exhaustive, visant toutes les espèces du groupe étudié présentes sur l'île. À Madagascar, une méthode opportuniste a permis d'inclure une quinzaine d'espèces. Tandis qu'aux Seychelles, l'effort s'est concentré sur l'espèce endémique *Malaxis seychellarum*.

Pour chaque individu, un protocole de terrain standardisé a été appliqué. Les coordonnées géographiques (GPS), la description de l'habitat et des mesures morphologiques préliminaires ont été systématiquement effectuées *in situ*. Trois types de prélèvements ont été réalisés pour les analyses en laboratoire : des fleurs ont été mises dans de l'éthanol 50% en vue d'une dissection morpho-anatomique fine, des fragments de feuilles ont été déshydratés dans du silica-gel pour assurer une conservation optimale de l'ADN en prévision des études génétiques. Enfin, un spécimen complet a été prélevé et déposé à l'herbier, afin de constituer une collection de référence matérielle pour les études taxonomiques futures.

Phylogénie moléculaire

L'ADN a été extrait à partir de 15-21 mg de feuille séchée au silica gel avec le kit DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN). Trois marqueurs ont été amplifiés par PCR : deux chloroplastiques (*matK* et *rbcl*) et un nucléaire (ITS). Les réactions PCR (25 µL final) ont été réalisées dans un thermocycleur Veriti™ avec un profil standard incluant 35 cycles. La qualité des amplicons a été contrôlée par électrophorèse capillaire (QIAxcel), et les produits spécifiques ont été séquencés par la méthode Sanger (Genoscreen). Les séquences alignées ont servi à reconstruire des phylogénies par maximum de vraisemblance (MEGA XII, RStudio, 1000 bootstrap) et par inférence bayésienne (Mr Bayes).

Morphologie

Des analyses morphométriques ont été menées sur l'appareil végétatif (10 variables quantitatives mesurées sur 213 individus *in situ*) et sur l'appareil reproducteur (15 variables quantitatives et 5 variables qualitatives relevées sur 74 spécimens floraux après dissection en laboratoire) (Figure 1). Toutes les mesures ont été effectuées au pied à coulisse électronique et sous loupe binoculaire. Des spécimens d'herbier (collections REU et CBNM) ont été consultés pour comparaison. Les structures florales ont été documentées par photographies et par réalisation de diagrammes floraux.

Mesure de l'appareil végétatif:



Mesure de l'appareil reproducteur:

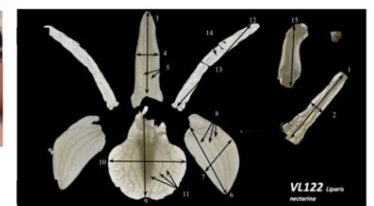


Figure 1 : Représentation synthétique des paramètres morphométriques mesurés chez les spécimens du genre *Liparis*. La partie A illustre les caractères végétatifs, mesurés *in natura* sur *Liparis*

foliosa (spécimen VL 173) : hauteur de la plante (1), nombre (2) et dimensions des feuilles (3, 4), nombre (5) et dimensions des bractées (6, 7), ainsi que la taille du pseudobulbe (8, 9). La partie B présente les caractères reproductifs, mesurés sur dissection florale en alcool chez *Liparis nectarina* (spécimen VL 122) : dimensions de l'ovaire et du pédicelle (1, 2), longueur, largeur et nombre de nervures des sépales dorsaux (3, 4, 5) et latéraux (6, 7, 8), dimensions et nervuration du labelle (9, 10, 11) et des pétales (12, 13, 14), et hauteur de la colonne (15). (Photographies : Véronique Lavergne, Wendy Buquet)

Résultats préliminaires

Phylogénie moléculaire (Analyse multimarqueurs ITS X *matK*)

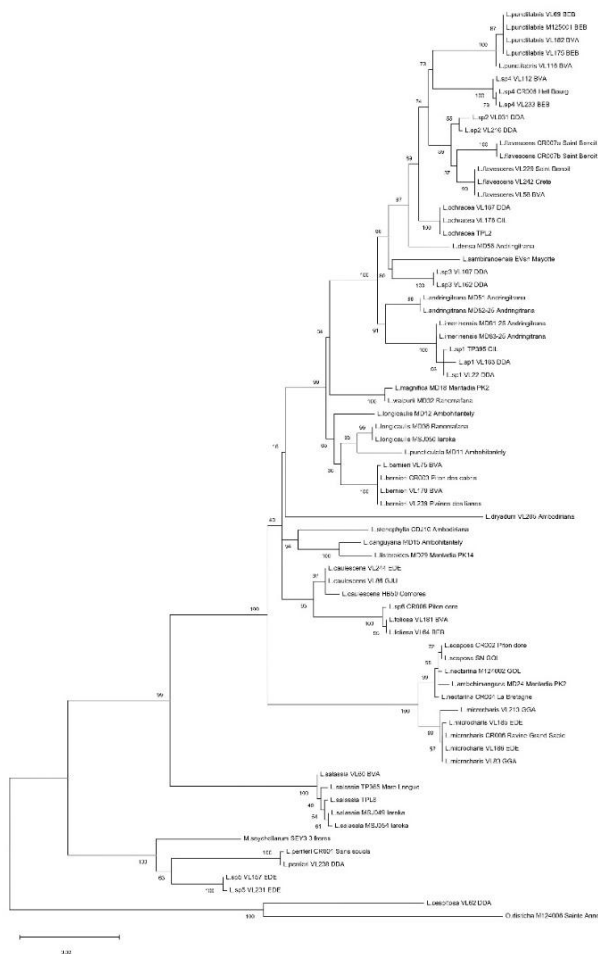


Figure 2 : Arbre phylogénétique des *Liparis* de l'Océan Indien (incluant Madagascar, les Mascareignes et les Comores) inféré par **maximum de vraisemblance (ML)** à partir de l'analyse combinée des marqueurs nucléaires *ITS* et chloroplastiques *matK*, avec **1 000 itérations de bootstrap**. Les valeurs de support bootstrap (en %) sont indiquées aux nœuds (seuls les supports $\geq 50\%$ sont affichés).

L'analyse phylogénétique multimarqueurs, fondée sur les régions nucléaires ITS et chloroplastiques *matK*, révèle une topologie robuste et finement résolue, avec des valeurs de support statistique élevées (bootstraps majoritairement > 90 , souvent à 100 pour les nœuds clés), attestant de la fiabilité des relations inférées (Figure 2). Cette reconstruction éclaire la structuration et la diversification cladistique récente au sein du complexe étudié, permettant d'affiner l'assignation taxonomique de plusieurs lignées non décrites. En particulier, *L. sp1* (bootstrap = 93-99) est étroitement affiliée à *L. imerinensis*, avec laquelle elle partage une proximité phylogénétique immédiate, suggérant, soit une variation infra-spécifique structurée, soit une espèce-sœur en cours de différenciation. *L. sp2* (bootstrap = 55-80) présente une affinité génétique marquée avec le complexe *L. flavescens*, ce qui indique une divergence évolutive récente, possiblement liée à des facteurs écologiques ou géographiques. *L. sp3* (bootstrap = 99-100) s'avère phylogénétiquement très proche de *L. sambiranoensis*, reflétant une histoire évolutive commune mais une différenciation génétique significative, probablement issue d'un isolement géographique. *L. sp4*, bien que proche du clade *L. punctilabris*, s'en distingue par une longue branche évolutive soutenue, plaçant cette lignée en position dérivée et distincte au sein de ce groupe. *L. sp5* (bootstrap = 100) forme un clade monophylétique isolé, indiquant une divergence ancienne et corroborant son statut d'espèce nouvelle, potentiellement affiliée au complexe *L. perrieri* sur la base de sa position phylogénétique. A l'inverse, *L. sp6* (bootstrap = 94-95) s'intègre pleinement au clade *L. foliosa*, sans autapomorphie moléculaire suffisante pour justifier un statut spécifique séparé, ce qui suggère une simple variante morphologique ou géographique (Figure 2). Parallèlement, le clade *nectarina-microcharis-scaposa* (bootstrap = 99-100) illustre une radiation adaptative rapide avec une faible homoplasie, témoignant d'une diversification écologique intense. Ces résultats phylogénétiques, bien que robustes, appellent à une validation complétée par une approche intégrative, combinant morphométrie détaillée ainsi qu'une caractérisation (niches, substrats, interactions biotiques).

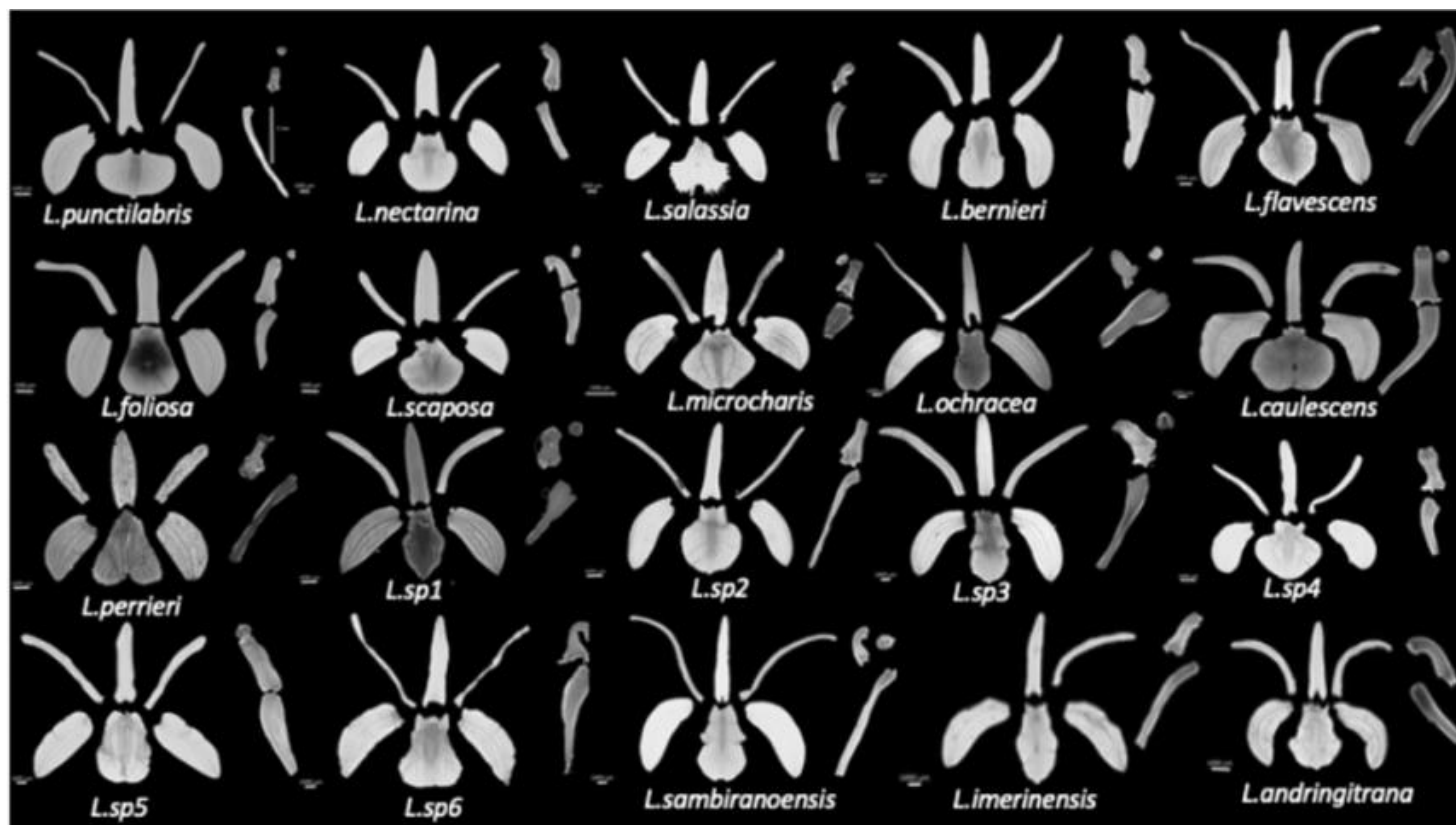


Figure 3: Planche de dissections florales représentant l'ensemble des espèces de *Liparis* collectées à La Réunion, complétée par des spécimens référents provenant d'autres régions de l'Océan Indien. Pour chaque taxon, les structures florales clés sont présentées en vue frontale et détaillée (labelle, colonne, sépales, ovaire), illustrant la diversité morphologique et les caractères diagnostiques au sein du genre. Les dissections ont été réalisées à partir de matériel fixé et conservé en alcool. Les échelles sont indiquées individuellement.

L'analyse morphologique comparative, centrée sur les dissections florales (Figure 3) et un examen minutieux du labelle, organe considéré comme une synapomorphie clé pour la différenciation clé au sein du genre *Liparis*, permet de confronter les hypothèses phylogénétiques aux données phénotypiques. Seules quatre espèces (*L. salassia*, *L. bernieri*, *L. ochracea* et *L. caulescens*) présentent une stabilité taxonomique robuste à la lumière des protologues historiques (Lindley 1830; Ridley 1886; Cordemoy 1895; Schlechter 1915). En revanche, la majorité des entités révélées par la phylogénie montrent une instabilité taxonomique marquée. La morphologie florale est cependant congruente avec les affiliations génétiques proposées : *L. sp1* partage avec *L. imerinensis* un labelle lancéolé à apex aigu, bien que transversalement plus large chez *L. sp1* ; *L. sp2* affiche une forte similarité avec *L. flavescens* (labelle ovale à apex acuminé), mais s'en distingue par des proportions plus réduites. *L. sp3*, proche à la fois de *L. ochracea* et de *L. sambiranoensis*, présente un labelle elliptique plus large et mucroné, différenciant par son apex échancré. En outre, *L. sp4* exhibe une morphologie distincte, avec un apex rhomboïde à apex obtus, le distinguant nettement de son proche parent génétique *L. punctilabris*. Tandis que *L. sp5* présente un labelle elliptique émarginé, divergent du labelle bilobé de *L. perrieri* et évoquant des affinités morphologiques avec le complexe cosmopolite *L. nervosa*. Ces résultats, bien que préliminaires, soulignent l'apport de la morphométrie florale quantitative et de l'étude de l'appareil végétatif pour affiner la délimitation des espèces cryptiques.

Poursuites et perspectives

Ces travaux ouvrent plusieurs perspectives de recherche intégrées, combinant méthodologies innovantes et problématiques de conservation. Sur le plan taxonomique, la mise en place d'un workflow de morphométrie automatisée (par traitement d'images et apprentissage profond), permettrait d'objectiver et de quantifier les variations phénotypiques subtiles, en particulier au niveau du labelle pour affiner la délimitation des espèces cryptiques et accélérer les révisions systématiques (MorphoJ). D'un point de vue évolutif, il est envisagé d'élargir la phylogénie à l'ensemble des Malaxideae en intégrant les séquences disponibles dans les bases de données mondiales (e.g. GenBank), afin de pouvoir reconstruire l'histoire biogéographique du groupe, d'identifier les événements de dispersion et de vicariance, et de tester les modèles de diversification à large échelle. Pour comprendre la distribution actuelle et future des espèces, une modélisation de niche écologique (e.g. MaxEnt) est envisagée, intégrant des variables climatiques, édaphiques et topographiques afin d'identifier les facteurs contrôlant la répartition et de projeter l'impact du changement climatique sur ces taxons. Enfin, dans une optique de préservation, une évaluation systématique des statuts de conservation (UICN) sera réalisée pour chacune des espèces, en s'appuyant sur des données de répartition, les menaces identifiées et les projections de perte d'habitat. Ces résultats serviront de base scientifique à l'élaboration de plans de gestion ciblés, incluant la désignation de zones prioritaires pour la conservation ainsi que la mise en place de programmes de renforcement ou de réintroduction. L'ensemble de ces approches vise à passer d'une description statique de la diversité à une compréhension dynamique et opérationnelle de l'évolution, de l'écologie et de la vulnérabilité de ce groupe emblématique.

Remerciements

Ces travaux, qui s'intègrent dans le second axe de la thèse, ont été rendus possibles grâce au soutien financier de la Région Réunion et de l'Union Européenne, via le programme FEDER-FSE + Réunion 2021-2027, ainsi que les projets, FRAG'ILE financé par l'OFB et Plant Run DNA financé par l'UFR SHE (Université de La Réunion) et CASUD. Nous tenons également à remercier les naturalistes F. Vandeschrike, C. Robert et L. Catan pour leur précieuse contribution sur le terrain, ainsi que les partenaires institutionnels, MNHN, ADAFAM, MBG Madagascar, PBZT, Seychelles National Herbarium, SPGA, MECENER pour leur soutien logistique. Un remerciement particulier va à l'UMR PVBMT et au CBNM pour leur accompagnement technique et intellectuel tout au long de ce travail.

Références

Bègue J-F (2011) *Liparis microcharis* Schltr., espèce endémique de Madagascar, découverte sur l'île de La Réunion (Orchidales : Orchidaceae). Cah Sci Ocean Indien Occident

Besse P (2014) *Molecular Plant Taxonomy: Methods and Protocols*. Humana Press, Totowa, NJ

Cordemoy EJ de (1895) Flore de l'île de la Réunion: (phanérogames, cryptogames, vasculaires, muscinées) avec l'indication des propriétés économiques & industrielles des plantes. Klincksieck

Hermans J, Cribb P, Pailler T (2023) Flore des Mascareignes-La Réunion, Maurice, Rodrigues-170 Orchidées. Volume 2. Plantes surtout épiphytes Epidendroideae (tribus: Malaxideae, Cymbidieae et Vandeae).

Hermans J, Verlynde S, Cribb P, et al (2020) Malaxideae (Orchidaceae) in Madagascar, the Mascarenes, Seychelles and Comoro Islands. Kew Bull 75:1. <https://doi.org/10.1007/s12225-019-9851-0>

Lindley J (1830) The Genera and Species of Orchideous Plants: Malaxideae. Treuttel

Ridley HN (1886) A Monograph of the Genus *Liparis*. J Linn Soc Lond Bot 22:244–297. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1886.tb00468.x>

Schlechter R (1915) Kritische Aufzählung der bisher von Madagaskar, den Maskarenen, Komoren und Seychellen bekanntgewordenen Orchidaceen. Beih. Zum Bot. Cent. 411



Cynorkis, un genre d'orchidées au cœur d'enjeux contemporains

Marie-Stella JAGOU (1, 2), Véronique LAVERGNE (3), Wendy BUQUET (1), Florent MARTOS (2), Thierry PAILLER (1)

- (1) UMR Peuplements Végétaux et Bioagresseurs en Milieu Tropical, Université de La Réunion
(2) Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, Muséum National d'Histoire Naturelle
(3) Conservatoire Botanique National de Mascarin

Introduction

Cynorkis Thouars est un genre d'orchidées natives des îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien et d'Afrique continentale, présentant une grande diversité florale et d'habitats parmi les près de 200 espèces décrites. De nombreuses espèces de ce genre poussent notamment à l'île de La Réunion, qu'elles y soient endémiques ou non (Hermans et al. 2023). Avec 1°C d'augmentation de température en cinquante ans, La Réunion, qui appartient au hotspot de biodiversité du Sud-Ouest de l'Océan Indien, est un territoire particulièrement à risque en termes de dégradation d'habitats et de perte de biodiversité irréversible dans un contexte de changement climatique (Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc) 2023). Des prédictions des conditions climatiques mondiales futures ont été réalisées à partir de scénarios socioéconomiques partagés (Shared Socioeconomic Pathways, SSP), les plus connus étant le SSP1-2.6 (optimiste et centré sur le développement durable), le SSP3-7.0 (médian) et le SSP5-8.5 (pessimiste) (Meinshausen et al. 2019). Pour chacun de ces scénarios, les impacts sur la consommation d'énergie et l'utilisation des sols ont été évalués et couplés avec des modèles climatiques globaux, donnant les projections climatiques futures associées. Pour La Réunion, ces projections prédisent des sécheresses plus sévères et plus fréquentes, moins de précipitations mais par épisodes plus intenses, et plus de cyclones violents, représentant de nouvelles menaces pour la biodiversité réunionnaise, notamment les orchidées dont celles du genre *Cynorkis*.

Modéliser la répartition actuelle et future des espèces de *Cynorkis* à La Réunion permettra de mieux comprendre les facteurs climatiques responsables de leur répartition, ainsi que donner des pistes pour leur conservation future.

Matériel et méthodes

Occurrences des différentes espèces

Deux espèces ont été sélectionnées pour tester les modèles de distribution d'espèces : *Cynorkis calcarata* qui se retrouve surtout dans les milieux humides, et *Cynorkis purpurascens*, à large amplitude bioclimatique. Les données d'occurrences disponibles pour chacune de ces espèces ont été récupérées auprès de l'Herbier Universitaire de La Réunion (REU) et de l'Herbier de Paris (P), sur la base de données Mascarine Cadetiana (CBNM), sur des bases de données privées de naturalistes et sur des observations directes de terrain. En plus de ces données de présences d'espèces, dix lots de pseudo-absences ont été générées aléatoirement sur l'île, avec pour total trois fois plus de pseudo-absences que de présences, sur les recommandations des développeurs du package R *biomod2* v4.3-4 (Guéguen et al. 2025).

Variables bioclimatiques

Les couches raster des variables bioclimatiques ont été téléchargées à partir de *Worldclim* v2.1 (Fick et Hijmans 2017), pour les 19 variables disponibles, pour La Réunion. Les variables bioclimatiques conservées pour la modélisation des niches écologiques, soit les moins colinéaires entre elles, sont la température moyenne annuelle, la saisonnalité des températures, l'isothermalité, les précipitations moyennes annuelles et la saisonnalité des précipitations.

Modélisation des niches écologiques

Deux modèles ont été choisis pour étudier la distribution des espèces choisies : un modèle linéaire généralisé (GLM) et un modèle de maximum d'entropie *MaxEnt* (Phillips et al. 2017). Les analyses ont été réalisées deux fois par lot de pseudo-absence, et les données ont été séparées en deux lots, un lot de données de

calibration et un lot de validation, pour entraîner les modèles, avec une stratégie d'assignation aux lots aléatoires. Deux métriques d'évaluation ont été calculées, *TSS* et *AUC of ROC*, montrant que les deux modèles présentaient une spécificité et une sensibilité fortes (données non présentées).

Projection sur les scénarios futurs

Les couches raster des projections bioclimatiques futures ont été téléchargées depuis *Wordclim*, à partir des modèles produits par l'Institut Pierre Simon Laplace, pour des projections à 2061-2080, selon les scénarios SSP1-2.6, SSP3-7.0 et SSP5-8.5. Les résultats des modèles calculés précédemment ont ensuite été projetés sur les variables bioclimatiques non colinéaires futures, et les différences d'aires de répartition ont été calculées.

Résultats

Importance des variables bioclimatiques dans l'établissement de la niche écologique

Pour *Cynorkis calcarata*, la variable bioclimatique qui semble avoir le plus d'importance dans l'établissement de sa niche écologique est la saisonnalité des précipitations pour les deux modèles testés (Fig. 1A). Pour *Cynorkis purpurascens*, deux variables bioclimatiques semblent les plus importantes : la température annuelle et l'isothermalité (Fig. 1B).

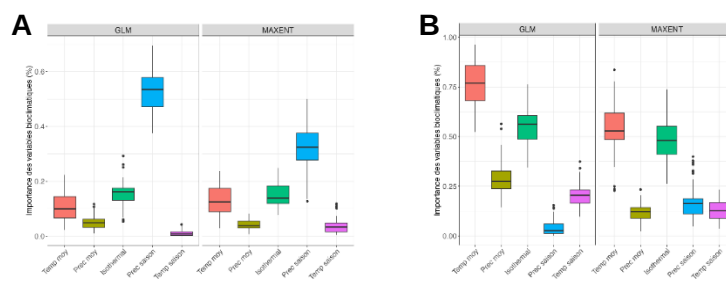


Figure 1 : Importance des variables bioclimatiques étudiées dans l'établissement des niches écologiques de (A) *Cynorkis calcarata* et (B) *Cynorkis purpurascens*, par rapport à leur répartition actuelle à La Réunion, selon les deux modèles testés.

Projection des résultats des modèles sur les données bioclimatiques actuelles et futures

La niche écologique de *Cynorkis calcarata*, aujourd'hui répartie dans les Hauts de l'île de La Réunion, semble restreinte à l'horizon 2061-2080, avec une plus forte probabilité de présence dans le Sud selon le scénario de hausse de température la plus importante, le SSP5-8.5 (Fig. 2). La projection des niches de *Cynorkis purpurascens* selon les scénarios futurs montre un décalage de la niche vers les Hauts de l'île, avec plus de probabilité de présence dans les Hauts plus la température augmente (Fig. 3).

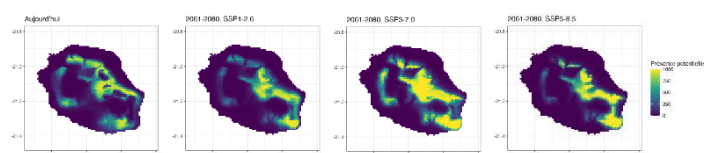


Figure 2 : Probabilités de présence de *Cynorkis calcarata* à La Réunion selon les variables bioclimatiques actuelles et prédites pour les scénarios SSP1-2.6, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, à l'horizon 2061-2080, selon *MaxEnt*.

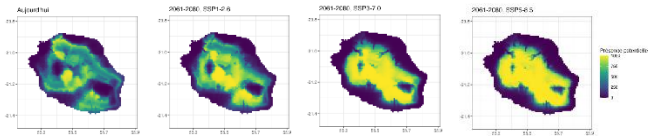


Figure 3 : Probabilités de présence de *Cynorkis purpurascens* à La Réunion selon les variables bioclimatiques actuelles et prédites pour les scénarios SSP1-2.6, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, à l'horizon 2061-2080, selon MaxEnt.

Évolution des surfaces de niches écologiques selon les scénarios futurs

Les surfaces totales de niches, obtenues par comparaison entre les aires de répartition futures et actuelles, changeront pour les deux espèces étudiées. Selon les scénarios, à l'horizon 2061-2080, *Cynorkis calcarata* verra un décalage de sa niche vers les Hauts, de même que pour *Cynorkis purpurascens* (Fig. 4).

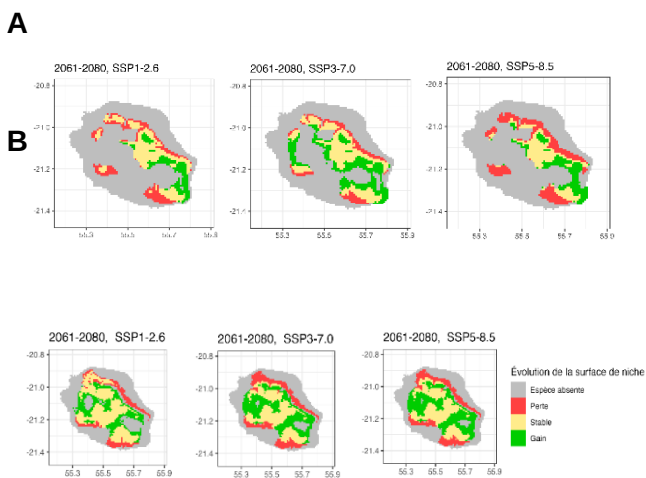


Figure 4 : Évolution des niches écologiques de (A) *Cynorkis calcarata* et (B) *Cynorkis purpurascens* à La Réunion par rapport à leur niche écologique actuelle, pour les scénarios SSP1-2.6, SSP3-7.0 et SSP5-8.5, à l'horizon 2061-2080, selon MaxEnt.

Discussion et perspectives

Les outils de modélisation de niches écologiques permettent d'émettre des hypothèses quant à la distribution future d'espèces végétales indigènes à La Réunion. Néanmoins, d'autres variables sont à considérer pour représenter au mieux leur répartition, comme l'occupation des sols (Dupuy et al. 2020), ou la présence d'événements climatiques violents spécifiques à La Réunion tels que les cyclones. D'autres modèles climatiques globaux pourraient aussi être testés, permettant de choisir ceux correspondants le plus au climat de La Réunion, et plus adaptés aux systèmes insulaires (Dubos et al. 2022). L'utilisation de modèles d'ensemble plutôt que des modèles simples pourrait aussi améliorer la sensibilité et la spécificité des résultats obtenus. Les mêmes analyses seront réalisées sur la majorité

des espèces de *Cynorkis* suffisamment communes pour que la publication de leurs niches écologiques actuelles ne porte pas préjudice à leurs populations, grâce à de nouvelles prospections donc des occurrences supplémentaires courant 2026. Les espèces seront classées selon leur type d'habitat principal, par exemple à large amplitude bioclimatique comme pour *Cynorkis purpurascens* ou *Cynorkis fastigiata*, ou de milieux humides comme pour *Cynorkis calcarata* ou *Cynorkis squamosa*, puis les variables climatiques responsables de leur niche écologique seront comparées selon leur milieu de prédilection.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat ayant reçu le soutien financier de la Région-Réunion et de l'Union Européenne - Programme FEDER-FSE+ Réunion 2021-2027, dont l'autorité de gestion est la Région-Réunion. Nous remercions les personnes à l'origine de contributions dans les bases de données publiques et privées, ainsi que l'herbier universitaire de La Réunion (REU) et l'herbier de Paris (P) pour les occurrences passées.

Bibliographie

- Dubos, N., S. Augros, G. Deso, J.-M. Probst, J.-C. Notter, et M.A. Roesch. 2022. « Here Be Dragons: Important Spatial Uncertainty Driven by Climate Data in Forecasted Distribution of an Endangered Insular Reptile ». *Animal Conservation* 25 (5): 704-17. <https://doi.org/10.1111/acv.12775>.
- Dupuy, Stéphane, Raffaele Gaetano, et Lionel Le Mézo. 2020. « Mapping Land Cover on Reunion Island in 2017 Using Satellite Imagery and Geospatial Ground Data ». *Data in Brief* 28 (février): 104934. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104934>.
- Fick, Stephen E., et Robert J. Hijmans. 2017. « WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas ». *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-15. <https://doi.org/10.1002/joc.50886>
- Guéguen, Maya, Hélène Blancheteau, et Wilfried Thuiller. 2025. biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling. R. Version 4.3-4. Released. <https://biomodhub.github.io/biomod2/>.
- Hermans, J., Phillip J. Cribb, et T. Pailler. 2023. *Orchidées*. Vol. 1. Flore des Mascareignes 170. IRD Éditions.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc). 2023. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1re ed. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.
- Meinshausen, Malte, Zebedee Nicholls, Jared Lewis, et al. 2019. « The SSP greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500 ». Prépublication, Climate and Earth system modeling, octobre 1. <https://doi.org/10.5194/gmd-2019-222>.
- Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire, et Mary E. Blair. 2017. « Opening the Black Box: An Open-source Release of Maxent ». *Ecography* 40 (7): 887-93. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>.

Innovation et biodiversité

Maëva GRONDIN & Maëlle SAM YIN YANG

1. Introduction : éléments de cadrage sur l'innovation

La compréhension de la **Stratégie de Spécialisation Intelligente Sociale et Soutenable (S5)** nécessite de revenir au préalable sur la notion d'innovation. Selon le Manuel d'Oslo 2018 de l'OCDE, l'**innovation** correspond à la mise en œuvre d'un produit, d'un service, d'un processus ou d'une méthode organisationnelle ou commerciale nouveau ou significativement amélioré. Cette définition englobe les innovations technologiques, mais également les innovations sociales, organisationnelles ou méthodologiques, dès lors qu'elles apportent une valeur ajoutée et répondent à un besoin identifié.

Le Manuel d'Oslo distingue quatre grandes catégories d'innovation :

- **Innovation de produit**, correspondant à la création ou à l'amélioration notable d'un bien ou service.
- **Innovation de processus**, portant sur les méthodes de production ou de distribution.
- **Innovation de marketing**, incluant les nouvelles stratégies de promotion, de tarification ou de présentation.
- **Innovation organisationnelle**, relative aux méthodes de gestion, de travail ou de relations externes.

L'innovation peut être **radicale**, lorsqu'elle transforme profondément les usages, ou **incrémentale**, lorsqu'elle procède par améliorations successives. Elle peut être **technologique** ou **non technologique**.

Dans tous les cas, elle vise à améliorer la performance, la compétitivité ou la satisfaction des besoins. Le Manuel d'Oslo insiste également sur la nécessité de disposer de données fiables pour analyser les dynamiques d'innovation et identifier les facteurs qui influencent la capacité des organisations à innover.

Ce cadre conceptuel constitue la base sur laquelle s'appuie la S5 pour structurer les efforts de recherche et d'innovation à l'échelle du territoire.

2. Présentation de La Réunion Innovation

Créée en mars 2024, **La Réunion Innovation** a pour vocation de **fédérer l'ensemble des acteurs de l'innovation du territoire afin de garantir une mise en œuvre cohérente et efficace de la S5**. L'association s'appuie sur une gouvernance représentative, articulée autour de trois collèges : socio-économique, institutionnel, académique et scientifique.

Les missions stratégiques de La Réunion Innovation consistent à assurer le suivi et l'animation de la S5, à contribuer à la structuration du système régional de recherche et d'innovation, et à participer à l'élaboration des politiques publiques en matière d'innovation. Sur le plan opérationnel, l'association organise et anime les instances de gouvernance, développe des outils structurants tels que l'observatoire de l'innovation ou l'agenda de l'écosystème, et renforce l'ouverture européenne et internationale du territoire, notamment à travers les dispositifs Horizon Europe.

La Réunion Innovation joue également un rôle

d'accompagnement et de valorisation. Elle constitue un point d'entrée pour les porteurs de projets innovants, qu'elle oriente vers les ressources et structures adaptées. Elle contribue à la mise en réseau des acteurs, à la diffusion d'outils et à la valorisation des initiatives territoriales. Enfin, elle identifie les freins à l'innovation et travaille à leur levée en lien avec les acteurs concernés.

3. Présentation de l'Agence Régionale de la Biodiversité

L'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB) est un établissement public de coopération environnementale (EPCE) créée en 2023 par la Région Réunion, l'État, l'Office Français de la Biodiversité et le Département. Elle fédère aujourd'hui une trentaine de structures membres issues des collectivités, des associations, des établissements publics et du secteur socio-économique. Son ambition est de mettre en réseau les acteurs de la biodiversité et de favoriser les synergies territoriales afin d'impulser, d'accompagner et de valoriser les initiatives en faveur de la biodiversité.

Ses missions couvrent la mise en synergie des acteurs de la biodiversité, l'accompagnement des projets, la mobilisation de la société autour des enjeux environnementaux, l'appui aux stratégies et politiques publiques (dont la Stratégie de spécialisation S5 et la Stratégie Régionale pour la Biodiversité), la valorisation des connaissances et le développement de la coopération régionale et internationale.

Dans le cadre de la S5, l'ARB assure la coordination de la feuille de route Écosystèmes terrestres, en lien étroit avec La Réunion Innovation, qui en assure l'animation.

4. La S5 : un cadre stratégique pour la période 2021–2027

Adoptée en 2022, la S5 constitue la déclinaison réunionnaise de la **stratégie européenne de spécialisation intelligente (S3)**. Elle vise à concentrer **les efforts de recherche et d'innovation sur les domaines où La Réunion dispose d'atouts spécifiques et d'un potentiel de transformation**.

Elle a pour objectifs de cibler les priorités d'investissement, de coordonner les efforts des acteurs, de soutenir les entreprises dans leurs démarches d'innovation, d'orienter les financements vers des projets à fort impact et de renforcer les coopérations, notamment européennes.

La S5 se décline en **neuf feuilles de route thématiques** : la santé, l'économie verte, les écosystèmes terrestres, l'économie bleue, la société inclusive, l'aménagement et le bâti tropical, les systèmes énergétiques, le numérique et les risques naturels.

Ces thématiques structurent l'action collective et permettent d'aligner les priorités du territoire.

5. La feuille de route Écosystèmes terrestres

La feuille de route Écosystèmes terrestres vise à renforcer la préservation, la restauration et la valorisation de la biodiversité réunionnaise. Elle s'articule autour de trois enjeux majeurs : comprendre l'évolution du vivant, protéger et restaurer les milieux naturels, et reconnecter les citoyens à la nature. Elle entretient des liens étroits avec les feuilles de route Économie verte et Économie bleue, afin de favoriser une approche intégrée des ressources naturelles.

6. Leviers d'action

La mise en œuvre de la feuille de route s'appuie sur plusieurs

leviers structurants. Une **veille active est assurée sur les dispositifs de financement**, qu'il s'agisse d'Horizon Europe, du programme LIFE, du FEDER ou des appels à projets nationaux tels que ceux de l'Agence Nationale de la Recherche. Les porteurs de projets bénéficient d'un appui en matière de **conseil et d'orientation**, notamment via le réseau Europe Enterprise Network. Un accompagnement est également proposé pour **l'identification de partenaires et la constitution de consortiums**. Enfin, **l'animation de réseaux régionaux**, comme la cellule Horizon Europe ou le Comité des financeurs biodiversité, permet de partager les problématiques liées à l'ingénierie de projet et de renforcer la coordination de l'écosystème régional. Ces leviers ont pour objectif de transformer les idées en projets concrets, de renforcer l'innovation autour de la biodiversité et de favoriser l'émergence d'initiatives structurantes pour le territoire.

7. Calendrier prévisionnel de mise en œuvre (2026–2027)

La feuille de route Écosystèmes terrestres suit une progression en trois étapes.

En **2026**, la priorité est donnée à la structuration et à la mobilisation des acteurs. Cette première phase consiste à recenser les projets liés à la biodiversité, à partager et valider les livrables attendus, et à consolider un réseau d'acteurs capable de travailler collectivement.

À partir du **second semestre 2026**, la feuille de route entre dans une phase opérationnelle. Les priorités d'action sont définies et les premières initiatives collectives sont programmées puis mises en œuvre.

En **2027**, les actions engagées se poursuivent, tandis que s'ouvre en parallèle la préparation de la stratégie post-2027. Cette année permet d'assurer la continuité des travaux tout en co-construisant les orientations futures avec les acteurs concernés.

Cette progression graduelle vise à structurer durablement l'innovation autour de la biodiversité et à installer une dynamique collective



Conclusion

L'innovation constitue un levier essentiel pour répondre aux enjeux environnementaux, économiques et sociétaux de La Réunion. La S5 offre un cadre stratégique permettant de coordonner les efforts, d'orienter les financements et de renforcer les synergies territoriales. La Réunion Innovation et l'Agence Régionale de la Biodiversité jouent un rôle déterminant dans cette dynamique, en fédérant les acteurs, en accompagnant les porteurs de projets et en valorisant les initiatives.

La feuille de route Écosystèmes terrestres illustre cette ambition collective : préserver un patrimoine naturel exceptionnel tout en stimulant la recherche, l'innovation et l'implication citoyenne. Le calendrier de mise en œuvre et les leviers mobilisés témoignent d'une volonté partagée d'avancer de manière structurée, progressive et concertée.

Contacts

- **Maëlle SAM YIN YANG** – Responsable du pôle ingénierie de projets - **ARB**
 - o m.samyinyang@arb-reunion.re
- **Maëva GRONDIN** – Chargée d'animation S5 (feuilles de route : écosystèmes terrestres, économie verte, santé durable) - **LaRI**
 - o maeva.g@lareunioninnovation.re

Une perspective « One Health » sur l'interface homme-chauve-souris à La Réunion

Rachel LEONG, Anne ATLAN & Camille LEBARBENCHON

Introduction et contexte

Les chauves-souris jouent des rôles écologiques essentiels tels que la pollinisation, la dispersion des graines et le contrôle des populations insectes, et représentent des éléments importants du patrimoine naturel. Cependant, les chauves-souris sont également des réservoirs épidémiologiques de plusieurs virus, et le chevauchement croissant de leurs habitats avec ceux des humains accroît le risque de transmission zoonotique. En adoptant une approche One Health, cette recherche examine les dimensions humaines de l'interface homme-chauve-souris à La Réunion en intégrant des données sociales et écologiques.

Grâce à une combinaison de méthodologies de sociologie de l'environnement (méthode Q, analyse de réseaux sociaux et enquête en population générale), nous nous sommes focalisés sur les perceptions des services écosystémiques, des nuisances et des risques sanitaires, ainsi que sur les principaux discours portés par les professionnels ayant des activités en lien avec les chauves-souris.

Les résultats montrent que trois grands discours ressortent : l'un orienté vers l'humain, le second vers la nature, et le troisième vers la santé publique et la réglementation. Nous avons également mis en évidence que les acteurs forment un réseau semi-cohésif marqué par un flux d'information parfois restreint, et la nécessité d'une coordination impartiale afin de considérer la multitude des enjeux (conservation, sanitaires, etc.) associés aux chauves-souris, et de favoriser la coopération.

De façon plus générale, les perceptions des chauves-souris par les réunionnais semblent façonnées par le niveau d'éducation, le lien à la nature et les expériences personnelles. Une meilleure connaissance favoriserait la reconnaissance de leurs services écosystémiques tout en réduisant la perception des nuisances. Les perceptions du risque sont influencées par les interactions sociales et la confiance envers la science. Des expériences négatives et des discussions fréquentes sur les maladies transmises par les chauves-souris semblent augmenter les risques perçus, tandis qu'une plus grande confiance dans la science les réduirait.

Dans l'ensemble, les résultats soulignent qu'une approche interdisciplinaire « One Health » est essentielle pour concilier la conservation de la biodiversité et la santé publique, en particulier sur les îles tropicales où les enjeux de conservation et de préparation sanitaire sont étroitement liés.



Biodiversité cultivée, une ressource pour nos territoires menacés ?

Sébastien CLEMENT

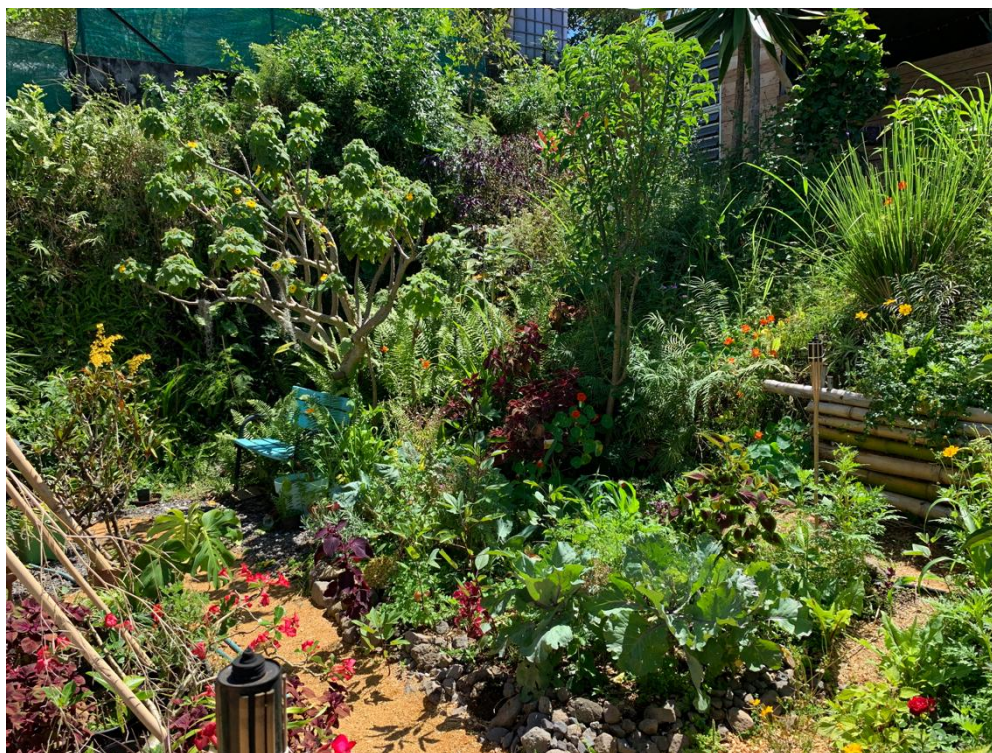
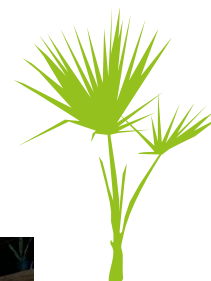


Figure 1 : Jardin créole à Saint-Joseph, 2020 © SC

Introduction

Cet article présente, sur la base d'une recherche doctorale menée à La Réunion de 2019 à 2023, l'approche d'un processus de recherche-action orienté vers les conditions de production d'une *biodiversité* « cultivée ». La thèse¹ référente a été soutenue en mars 2023 à l'École doctorale de l'Université de Bordeaux Montaigne². Le travail fut dirigé par Serge Briffaud (laboratoire PASSAGES³) et Michel Watin (Université de La Réunion). Cette recherche n'a pas été financée.

D'un point de vue contextuel, cette recherche est ancrée sur la spécificité territoriale de cette île tropicale. Même si cette représentation est discutable, La Réunion est considérée comme une « île jardin » par divers auteurs. Elle présente un métissage ethnique, culturel et biologique dérivant de ses caractéristiques historiques, physiques et bioclimatiques. Elle connaît, comme partout ailleurs sur la planète, une érosion en termes de biodiversité.

Biodiversité cultivée ?

L'expression « biodiversité cultivée » a souvent été associée dans les travaux de Bonneuil en 2011 aux services écosystémiques ou encore à celle de relations et d'interactions de la diversité inter- et intra-spécifique avec les connaissances traditionnelles évoquées par Machado à la même période. Évoquer la « biodiversité cultivée », c'est considérer la biodiversité non seulement du point de vue des perceptions plurielles dont elle est susceptible de faire

l'objet, mais aussi comme le produit de pratiques ancrées dans des aires culturelles (des savoirs et savoir-faire, des systèmes de valeurs...) particulières et différentes, voire comme le produit de la diversité culturelle elle-même.

Dans cette perspective, cela suppose que la biodiversité ne s'inscrit pas uniquement dans les champs du « naturel » et du « sauvage », mais également dans les sphères de la culture ; et qu'il s'agit d'observer la « biodiversité cultivée » comme une réalité « bioculturelle » pour reprendre l'expression de Bonneuil et Fenzi (2011).

Ce concept de « biodiversité cultivée » m'intéresse car il permet de prendre en considération les fondements sociaux et culturels de la diversité biologique. Cette notion interpelle car elle renvoie tout aussi bien au « cultural » qu'au « culturel ». Ce concept m'est ainsi apparu central dans la construction d'une démarche alternative pour aborder la biodiversité en général et à La Réunion en particulier, où il semble que l'accent soit souvent porté sur la protection et la gestion de milieux et de paysages peu anthropisés, ou supposés comme tels, au détriment sans doute d'une attention portée aux espaces « aménagés », des milieux habités

Hypothèses

Le déclin de la biodiversité est une réalité qui concerne tous les territoires comme l'évoque l'étude sur la Stratégie réunionnaise pour

¹Clément, S. (2023). *Jardin tropical et quête de la biodiversité : Transmission, évolution et renouvellement des pratiques et savoirs jardiniers à La Réunion*, Thèse de doctorat, Architecture et Paysage, Université Bordeaux Montaigne, Bordeaux.

²<https://www.u-bordeaux-montaigne.fr/fr/ecole-doctorale/ecole-doctorale-unique.html>

³ UMR CNRS 5319 Passages, <https://www.passages.cnrs.fr/>

la biodiversité 2013-2020. C'est pourquoi, je me suis intéressé à un espace stratégique : celui du jardin qui joue, en favorisant et/ou en maintenant une « biodiversité cultivée », un rôle majeur dans la protection de la biodiversité.

Dans ces circonstances, j'ai souhaité porter mon regard sur la biodiversité en direction d'un espace peu étudié : le jardin de kaz, dans une île où l'on habite au moins autant dehors que dans la maison elle-même. Je me suis donc intéressé aux jardiniers et aux jardins créoles ou jardin de kaz réunionnais.

Dans un contexte de mutation du jardin créole, l'hypothèse est que le jardin peut potentiellement devenir un espace stratégique pour nous reconnecter au vivant et renouer avec la nature et répondre à un problème d'ordre planétaire. Il s'agissait donc de questionner et d'étudier dans ce contexte de crises, l'hypothèse de la production d'une « biodiversité cultivée » par les jardiniers à l'échelle de la parcelle habitée.

L'île de La Réunion est reconnue pour être un point chaud⁴ de biodiversité mais elle l'est aussi pour ses jardins créoles et leur densité végétale, leur fouillis servant très souvent à une protection thermique des bâtiments. S'intéresser au jardin créole en milieu tropical, c'est prendre la mesure d'une complexité de milieux spécifiques, regorgeant de diversité biologique mais aussi culturelle, sociale et historique.

Pour tester les hypothèses soulevées⁵, j'ai fait le choix de recourir à plusieurs démarches relevant à la fois de la recherche fondamentale et de la recherche-action. La thèse s'articule autour de trois chemins correspondant à des entrées différentes.

Le premier est un recueil d'entretiens auprès de 23 jardiniers installés aux quatre coins de l'île destiné à évaluer leur pratique et rapport à la biodiversité.

Le second est une enquête auprès des participants des ateliers de l'École du Jardin planétaire⁶, pilotée depuis 10 ans par l'enseignant afin d'étudier les potentielles évolutions comportementales des jardiniers dans leur rapport au vivant.

Le troisième chemin développé ci-après est la co-conception d'un jardin expérimental avec des jardiniers venus de tout horizon. Il se situe à Saint-Gilles-Les-Hauts dans l'ouest de l'île, à 350 mètres d'altitude dans un secteur agricole aux abords du Centhor. Les objectifs sont d'observer directement ce que produit la rencontre d'un ensemble de jardiniers, en faisant « émerger l'inattendu ». Il s'agit aussi d'analyser la circulation des représentations sur le jardin, la biodiversité, d'étudier la transmission des savoirs et savoir-faire au sein du groupe. L'étude comparative de deux espaces (jardin et zone témoin) permet de comparer l'évolution du niveau de biodiversité spécifique des milieux.



Figure 2 : Schéma méthodologie recherche, 2021 © SC

Résultats

Trois groupes de jardiniers ont ainsi été sollicités et approchés de manière différente⁷. Au carrefour des trois chemins, émergent trois grandes conclusions. Ces démarches ont permis de montrer l'émergence à La Réunion d'une représentation du jardin et de la pratique du jardinage intégrant les enjeux écologiques planétaires. Ce changement de paradigme entraîne une évolution des pratiques jardinières et, surtout, bouleverse le sens qu'on leur donne. Il conduit de nombreux jardiniers à revendiquer une posture d'accompagnement et de conduite du vivant, intégrant une « écoute » de ce que la nature leur propose.

Dans cette posture, l'observation, l'attention et la contemplation sont notamment mises en valeur, en même temps que l'adaptation au rythme biologique et à la reconquête d'une forme de lenteur qu'il requiert.

À travers l'analyse des trois chemins, on a pu démontrer que se mettaient en place les conditions d'une production de nouveaux savoirs par des processus transculturels de rencontres et d'échanges qui génèrent des expériences et de nouvelles postures.

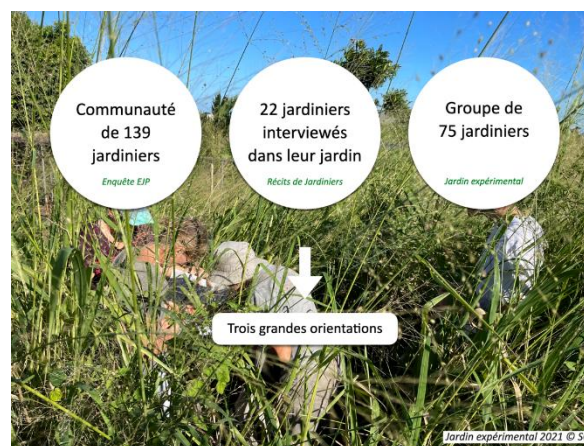


Figure 3 : Schéma résultats recherche, 2021 © SC

On a pu mettre en valeur cette possibilité qu'offre le jardin « d'agir » sur le vivant, sur la biodiversité pour permettre la conduite dans le temps d'une qualité écologique des espaces « habités ». Cette question du « pouvoir d'agir » apparaît centrale dans les représentations contemporaines des jardins créoles.

La transmission de savoirs qui se joue dans les jardins, dépasse souvent leur enclos. Les savoirs se diffusent au-delà provoquant un renouvellement des connaissances à l'échelle de l'île et parfois au-delà. On a également montré que se construisaient, autour de la conscience qu'ont ces nouveaux jardiniers de proposer et de défendre une même alternative en faveur du vivant, un groupe fédéré autour du « commun ».

Dans cette perspective, le jardinage apparaît comme un processus de recomposition des rapports de solidarité autour des enjeux écologiques tel qu'évoqué par Latour. On assiste ainsi à une « transition culturelle » des jardiniers qui marque une nouvelle étape dans le contexte de mutation du jardin créole.

⁴ Myers N., (1988). Biotas menacés : Les "points chauds" des forêts tropicales. *The Environmentalist*. 187-208.

⁵ Pour plus de détails, se reporter à la présentation des hypothèses de la thèse : <https://hal.science/tel-04082322v2>

⁶ Association Loi 1901 fondée en 2013 ayant pour objet la transmission des savoirs sur la biodiversité et le paysage. www.ecoledujardinplanetaire.re

⁷ Pour plus de détails, se reporter aux résultats de la thèse : <https://hal.science/tel-04082322v2>

Conclusion

Cette recherche n'avait pas pour objectif de donner une vue globale du devenir actuel des jardins et du jardinage à La Réunion. Ce que j'ai tenté de mettre en avant est l'un des aspects des évolutions en cours, qui n'est pas le plus visible, ni le plus massif, mais qui m'a intéressé en tant que processus émergent. Ce mouvement est également, à mon sens, porteur d'espoir, sur un triple plan écologique, culturel et social. Comme je l'ai rappelé, le phénomène majeur concernant l'évolution du jardin créole est celui qui se traduit par une simplification du jardin et un appauvrissement de la biodiversité.

Ce processus mériterait une exploration approfondie pour tirer des conclusions sur l'évolution générale des jardins sur cette île. Une autre limite de cette recherche réside dans la durée impartie à la démarche. En effet, tenter de montrer comment les processus culturels influent sur l'évolution du vivant demande un temps long d'observation. De ce point de vue, les résultats ne sont qu'une première esquisse limitée que je poursuis actuellement dans la durée à travers un nouveau projet de recherche ancré sur des projets d'aménagements paysagers.

À travers, cette recherche, j'espère avoir contribué à ouvrir des chemins.

Le premier est politique dans la mesure où la question du jardin et du jardinage demeure paradoxalement aujourd'hui invisibilisée, dans une île pourtant qualifiée d'« île jardin ». Le jardin est l'espace de cette écologie du quotidien, un lieu « ressource » pour une part de la connaissance du vivant où se concrétisent des changements à la fois biologiques, culturels et sociaux.

Le deuxième chemin que j'espère avoir ouvert est celui de cette prise de conscience, de cette « capacité à agir » qu'offre le jardin dans le contexte de nos crises planétaires. Le jardin procure ce pouvoir d'action aux individus, néanmoins peu reconnu dans cette fonction, à travers la possibilité de concevoir, de produire et d'entretenir un rapport au vivant et à la planète.

Le troisième chemin est celui de la recherche, avec notamment les perspectives que la « biodiversité cultivée » suscite comme pistes réflexives. Je travaille à présent sur un nouveau projet depuis 2024 sur deux sites. C'est un observatoire du vivant. Cette nouvelle recherche a pour objet, dans un premier temps, d'analyser l'évolution des pratiques jardinières et leurs impacts dans le temps sur le niveau d'une biodiversité « ciblée » (faune, flore et sol du jardin) à l'échelle de deux sites ciblés (UFR Santé⁸ et le jardin du FRAC⁹). En parallèle, l'idée est d'étudier l'évolution des représentations sociales et culturelles relatives au vivant à travers l'usage des espaces. En complément, il s'agit d'évaluer comment les représentations sociales et culturelles relatives au vivant peuvent potentiellement changer à travers l'usage des espaces. Il est envisagé, en ce sens, d'interviewer les usagers de façon régulière sur leur sensibilité, sur l'évolution possible de leur rapport au vivant et de vérifier aussi s'ils se transmettent des connaissances.

La biodiversité cultivée dans sa complexité révèle une part de l'expression et des représentations des rapports que nous entretenons avec le vivant dans notre manière d'habiter et de vivre le territoire. Elle ouvre des pistes de recherche et d'application pour le ménagement de nos territoires. Dans cette perspective, le jardin devient un espace stratégique permettant d'agir ensemble « avec » et « pour » la biodiversité, et la biodiversité, un levier pour agir et tenter de la préserver.



⁸Unité de Formation et Recherche de Santé à Saint-Pierre.

⁹Fond Régional d'Art Contemporain à Saint-Leu.

Traits d'histoire de vie et efficacité d'une coccinelle prédatrice et d'un hyménoptère parasitoïde pour la lutte biologique



Corey BOUCHARD ¹, Marine BAUJEU ¹, Laura MOQUET ², Bernard REYNAUD ¹

¹: University of La Réunion, UMR PVBMT, 7 Chemin de l'Irat, Ligne Paradis, 97410, St Pierre, La Réunion, France

²: CIRAD, UMR PVBMT, 7 Chemin de l'Irat, Ligne Paradis, 97410, St Pierre, La Réunion, France

1. Introduction

L'étude s'inscrit dans un contexte de **lutte biologique par acclimatation** contre le Psylle du mimosa (*Acizzia uncatoides*), attaquant le Tamarin des Hauts (*Acacia heterophylla*). Cet arbre endémique de La Réunion, a une importante valeur écologique, patrimoniale et économique pour ce territoire, et la forte défoliation causée par la présence du psylle contribue à la mortalité des populations naturelles et cultivées de *A. heterophylla*. Des études ont préalablement montré l'absence d'ennemis naturels suffisamment efficaces pour réguler les populations de psylle, ou pour envisager une lutte biologique augmentative (Baujeu et al., 2025). La lutte biologique par acclimatation est donc la méthode de lutte sélectionnée contre ce ravageur. Cette méthode consiste à introduire des agents de lutte biologique originaires de la zone d'origine du psylle invasif afin de rétablir un équilibre biologique en régulant les populations du psylle invasif. Ce type d'approche repose sur la compréhension des **traits d'histoire de vie** des agents envisagés : durée du cycle de vie, fécondité, fertilité, efficacité et longévité.

Deux ennemis naturels ont été étudiés :

- **Un parasitoïde spécialiste** : *Psyllaephagus sp. nov.*, strictement dépendant de son hôte et associé à *A. uncatoides* dans sa zone d'origine.
- **Un prédateur généraliste** : *Harmonia conformis*, coccinelle généraliste prédatrice de pucerons et de psylles, dont *A. uncatoides* dans sa zone d'origine.

Ces deux stratégies – spécialisation vs généralisation – impliquent des compromis écologiques et évolutifs majeurs, influençant leurs performances et leur potentiel de régulation dans un programme de lutte biologique.

Les questions centrales sont donc formulées ainsi :

- Quels traits biologiques caractérisent, d'une part, un prédateur généraliste et, d'autre part, un parasitoïde spécialiste ?
- En quoi ces traits biologiques renseignent-ils sur leur potentiel de régulation d'un ravageur ?

2. Matériel et méthodes

Dans cette étude, plusieurs traits biologiques ont été caractérisés et comparés, pour chacun des deux ennemis naturels et potentiels agents de lutte biologique. Les traits d'histoire de vie étudiés étaient la durée du **cycle de vie**, la **longévité** des adultes, la **fécondité** et **fertilité**, ainsi que l'**efficacité** individuelle correspondant à la voracité pour la coccinelle et au taux de parasitisme pour le parasitoïde. Les expérimentations ont porté sur des individus maintenus en

conditions contrôlées, nourris et suivis quotidiennement pour mesurer précisément les performances reproductives et les taux de prédation. Les organismes étant absents du territoire, toutes les expérimentations ont été menées dans un laboratoire de quarantaine de Niveau de Sécurité 3 (NS3).

2.1. *Harmonia conformis*

2.1.1. Durée du cycle de vie

Des larves nouvellement écloses ont été prélevées de la cage d'élevage et placées individuellement dans des boîtes de Petri. Des larves de psylles ont été fournies quotidiennement et en excès comme source de nourriture *ad libitum* jusqu'à la fin de l'expérience. La présence d'exuvies, indiquant la mue vers le stade larvaire suivant, était vérifiée quotidiennement, et la durée de chaque stade de développement (œuf, 1er, 2e, 3e et 4e stade larvaire, et nymphose) était enregistrée jusqu'à l'émergence des adultes.

2.1.2. Fécondité / fertilité

À l'émergence des adultes issus de l'étude du cycle de vie (cf. § 2.1.1. Durée du cycle de vie), les individus ont été sexés et des couples reproducteurs ont été constitués. En plus de l'entretien quotidien requis pour l'étude du cycle de vie, un substrat d'oviposition, constitué de carton plié en accordéon était fourni quotidiennement. Les œufs étaient comptés, datés, et conservés dans des boîtes de Petri jusqu'à l'éclosion. À l'éclosion, les larves, les œufs éclos et les œufs non éclos étaient comptés.

2.1.3. Voracité

Les coccinelles adultes ont été isolées dans des boîtes de Petri et affamées pendant 24 heures avant le début de l'expérience. L'essai débutait par l'introduction de 75 larves de psylle au quatrième stade dans la boîte de Petri. Après deux heures, la coccinelle était retirée et les larves de psylle restantes étaient comptées. La voracité était calculée en soustrayant le nombre de larves de psylle restantes au nombre initialement fourni.

2.2. *Psyllaephagus sp. Nov.*

2.2.1. Durée du cycle de vie, Fécondité/Fertilité et Efficacité

Des cohortes décalées de parasitoïde adultes (< 24h) sont réalisées dans des cages, et les adultes utilisés pour la manipulation sont ensuite replacés dans la cage où ils ont été prélevés (tirage avec remise). Au jour J0 et tous les 3 à 4 jours, des femelles ont été prélevées de la cohorte et placées dans une boîte de pétri contenant une trentaine de larves de psylles au stade L3. Les parasitoïdes ont été laissés au contact des larves de psylles pendant 1 journée (du matin au soir), avant d'être retirés. Les larves de psylles ayant été exposés aux parasitoïdes ont été placées sur un plant de Tamarin

sous cage. Les plants étaient observés tous les deux jours et le nombre de psylles et de parasitoïdes adultes émergents ont été enregistrés. La date de l'émergence et le sexe des parasitoïdes adultes ont également été relevés.

2.2.2. Longévité

Des parasitoïdes adultes depuis moins de 24h ont été prélevés, sexés et placés dans une boîte de Pétri, où ils ont été observés quotidiennement, jusqu'à leur mort. Un bloc de gelée d'eau miellée, concentrée à 20%, y a été ajouté comme nourriture artificielle.

3. Résultats

Les résultats mettent en évidence des différences très marquées :

Trait	H. conformis (prédateur)	Psyllaephagus sp. (parasitoïde) *
Durée totale du cycle (jour)	31,1	20,5
Longévité (jour)	50 à 130	Femelles : 30,1 Mâles : 13
Fécondité/Fertilité (descendants/jours/femelle)	21	0-2
Efficacité (Psylles/heure/adulte)	17	0-2

*Les expérimentations concernant le parasitoïde sont encore en cours, les résultats sont donc préliminaires

4. Discussion

Les résultats indiquent une capacité de suppression plus importante des prédateurs généralistes. Malgré un cycle plus lent, le nombre de descendants et le potentiel individuel de suppression du psylle invasif sont plus importants pour le prédateur généraliste que chez le parasitoïde spécialiste. Ces résultats de laboratoire sont à mettre en relation avec les différences fonctionnelles entre les prédateurs généralistes et les parasitoïdes spécialistes identifiées dans la littérature (Colfer and Rosenheim, 2001; Snyder and Ives, 2003, 2001; Symondson et al., 2002)

- Le régime plus large des **prédateurs généralistes** divise leur action entre les différentes proies disponibles, réduisant leur effet sur le ravageur cible. D'un autre côté, le fait que les prédateurs consomment également d'autres proies, permet le maintien de leurs populations, même en l'absence du ravageur cible, et d'apporter une pression **immédiate** au début des pullulations.
- Les **parasitoïdes spécialistes** agissent plus lentement, leurs populations sont généralement faibles en l'absence de leur hôte, et ont besoin de se reconstituer avant d'apporter un contrôle biologique notable. Ce phénomène explique la **latence** entre le début des pullulations, et le début de l'efficacité des parasitoïdes spécialistes. Contrairement aux généralistes, leur potentiel de suppression n'est pas divisé en plusieurs proies, mais concentré sur l'espèce cible.

Ces résultats apportent des indices précieux quant au potentiel individuel des agents de lutte pour contrôler les populations du psylle invasif. La coexistence des deux agents de lutte est encore hypothétique à La Réunion et différents scénarii sont envisageable :

Alors que les niches spatiales et temporelles sont difficilement prévisibles, les Species Distribution Models (SDM) fournissent des indices sur la niche climatique qu'occuperont les agents. La distribution des agents a ainsi été modélisée sur La Réunion à partir de modèles de type Random forest (RF). Ce travail a permis de prédire la présence des deux agents dans des zones

similaires, justifiant la nécessité d'étudier les interactions entre les agents.

1. Différenciation des niches temporelles ou spatiales

Les deux agents de lutte pourront exploiter des niches climatiques différentes (à l'échelle de l'île), des niches spatiales différentes (à l'échelle de l'arbre) ou encore des échelles temporelles différentes (à l'échelle des pullulations ou du cycle de l'hôte). Dans ce cas, aucune ou peu d'interactions entre les agents seront observées. Le contrôle combiné des deux agents sera alors égal à la somme des contrôles individuels, ou **effet additif** (Acevedo-Alcalá et al., 2025).

2. Partage ou chevauchement de niche

Si les deux agents de lutte occupent les mêmes niches écologiques, les interactions entre eux deviennent **possibles**, avec une implication pour le contrôle du psylle invasif.

Les interactions peuvent générer des interférences, par exemple, la Prédation Intra-Gilde (PIG), qui est la consommation par le prédateur des larves de psylles parasitées par le parasitoïde, entraînant la mort de ce dernier. Ou encore la « constant intimidation », quand la présence d'un prédateur intragilde, perturbe le comportement de la proie intragilde (le parasitoïde), réduisant les performances (taux d'attaque, temps de manipulation) de ce dernier.

Ces interactions peuvent générer des **effets non-additifs**, quand la performance des deux agents de lutte est inférieure à la somme des deux, ou des **effets négatifs** quand la performance combinée est inférieure aux performances individuelles (Martinou et al., 2010; Rosenheim et al., 1993; Snyder and Ives, 2001).

Les interactions entre les agents peuvent également provoquer un **basculement de niche** pour un des agents, restituant des situations à **effets additifs**. En effet, certains parasitoïdes sont capables de détecter la présence des prédateurs intragilde et de les éviter, favorisant l'exploitation de nouvelles niches (Nakashima et al., 2006, 2004).

Les publications scientifiques montrent que l'utilisation de plusieurs agents de lutte biologique améliore le contrôle biologique (effets additifs) dans 70% des cas. Ces effets additifs sont principalement associés à la différenciation des niches écologiques et à la diversité fonctionnelle des agents de lutte, favorisée, dans notre cas, par l'utilisation d'un prédateur et d'un parasitoïde. Au contraire, les effets négatifs sont attribués principalement à la PIG et à la redondance écologique (Letourneau et al., 2009).

Les travaux en cours devraient permettre d'éclairer la décision publique sur la stratégie de lutte biologique à adopter dans le cadre du Psylle du mimosa afin de rétablir la santé des tamarinaies naturelles et cultivées de La Réunion.

5. Bibliographie

Acevedo-Alcalá, A., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J.R., Guzmán-Franco, A.W., Velázquez-González, J.C., 2025. Combining a predator and a parasitoid for biological control of Phenacoccus madeirensis (Hemiptera: Pseudococcidae). BioControl 70, 57–68. <https://doi.org/10.1007/s10526-024-10288-9>

Colfer, R.G., Rosenheim, J.A., 2001. Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. Oecologia 126, 292–304. <https://doi.org/10.1007/s004420000510>

Letourneau, D.K., Jedlicka, J.A., Bothwell, S.G., Moreno, C.R., 2009. Effects of Natural Enemy Biodiversity on the Suppression of Arthropod Herbivores in Terrestrial Ecosystems.

Martinou, A.F., Raymond, B., Milonas, P.G., Wright, D.J., 2010. Impact of intraguild predation on parasitoid foraging behaviour. Ecol. Entomol. 35, 183–189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2009.01171.x>

Nakashima, Y., Birkett, M.A., Pye, B.J., Pickett, J.A., Powell, W., 2004. The Role of Semiochemicals in the Avoidance of the Seven-Spot Ladybird, *Coccinella septempunctata*, by the Aphid Parasitoid, *Aphidius ervi*. *J. Chem. Ecol.* 30, 1103–1116. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000030266.81665.19>

Nakashima, Y., Birkett, M.A., Pye, B.J., Powell, W., 2006. Chemically Mediated Intraguild Predator Avoidance by Aphid Parasitoids: Interspecific Variability in Sensitivity to Semiochemical Trails of Ladybird Predators. *J. Chem. Ecol.* 32, 1989–1998. <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9123-y>

Rosenheim, J.A., Wilhoit, L.R., Armer, C.A., 1993. Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population. *Oecologia* 96, 439–449.

Snyder, W.E., Ives, A.R., 2003. Interaction between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators and pea aphid biocontrol. *Ecology* 84, 91–107. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084%255B0091:IBSAGN%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084%255B0091:IBSAGN%255D2.0.CO;2)

Snyder, W.E., Ives, A.R., 2001. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology* 82, 705–716. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082%255B0705:GPDBCB%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082%255B0705:GPDBCB%255D2.0.CO;2)

Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H., 2002. Can Generalist Predators be Effective Biocontrol Agents? *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561–594. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240>



Lutte contre les EEE aquatiques dans les eaux courantes en système tropical insulaire par choc salin : étapes tests préparatoires à la lutte contre le poisson laveur de vitre *Ancistrus* à La Réunion (projet ANCIRED)

Pierre VALADE, Directeur Général d'OCEA Consult, pierre.valade@oceare

Fanny GIMIE, Vétérinaire, gimiefanny@gmail.com

Le projet ANCIRED (01/03/2024 – 28/02/2027) s'articule en trois étapes : (1) tests en milieu contrôlé et état initial des cours d'eau ciblés pour alimenter les dossiers administratifs nécessaires, (2) obtention des autorisations pour réaliser les chocs salins, (3) mise en œuvre du choc salin et suivi de son efficacité sur les espèces cibles et des impacts sur les milieux et les espèces indigènes. La présentation porte sur les phases 1 et 2 du projet.

Rappel des objectifs du projet (diapo 4 à 6)

Ce projet a pour objectif de tester la possibilité d'éradiquer une ou plusieurs espèces exotiques d'une portion de cours d'eau par la réalisation d'un choc salin de courte durée. L'impact positif de l'éradication des espèces exotiques doit également avoir un impact faible sur les espèces indigènes ou, à minima, permettre leur retour dans le milieu à l'issue du choc. Les principales finalités du projet sont : (i) identifier le choc minimal (concentration et durée) induisant un effet léthal sur toutes les classes de tailles d'*Ancistrus temminckii* et de la crevette *Neocaridina davidi* (durée / concentration) ainsi que (ii) mesurer les effets de ce même choc sur les principales espèces de poissons et de crustacés indigènes observées dans les milieux colonisés par les espèces exotiques ciblées et (iii) observer la réponse d'une population de *A. temminckii* et de *N. davidi* à ce choc salin sur un cours d'eau où les espèces sont acclimatées. Les utilisateurs visés par ce projet sont les gestionnaires de cours d'eau ou d'espaces naturels en milieu tropical insulaire devant mettre en place des actions de lutte précoce ou ciblée (linéaire localisé et nombre d'individus réduit) face à des signalements d'espèces exotiques aquatiques.

Cadre réglementaire et étapes des expérimentations en laboratoire (diapo 8 et 9)

Les tests en milieu contrôlé ont été autorisés au titre des expérimentations utilisant des animaux à des fins scientifiques (APAFIS #48848-2024041015367114 v2 du 28/08/2024). Cette autorisation porte sur les expérimentations menées sur *A. temminckii* et les espèces indigènes de poissons sympatriques : le bouche-ronde *Sicyopterus lagocephalus* et l'anguille *Anguilla marmorata*. Cette autorisation porte sur 3 procédures :

- Procédure 1 : Evaluer l'effet d'un choc salin standard sur les 3 espèces (*A. temminckii*, *S. lagocephalus* et *A. marmorata*) à partir d'un très faible nombre d'individus ;
- Procédure 2 : Détermination d'un choc salin minimal (concentration et durée) à produire pour avoir un effet léthal sur *A. temminckii* ;
- Procédure 3 : Evaluation des effets létaux du choc salin minimal (déterminé en procédure 2) sur les deux espèces indigènes : le cabot bouche-ronde *S. lagocephalus* et l'anguille marbrée *A. marmorata*.

Pour rappel, il n'est pas nécessaire de faire de demande de DAP

pour la Red Cherry (*N. davidi*) ni pour la chevaquine (*Atyoida serrata*) car les invertébrés ne sont pas concernés par la réglementation relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques. Pour ces taxons, les tests ont suivi une logique équivalente à celle de l'APAFIS. Enfin, la capture et l'utilisation à des fins scientifiques de *N. davidi* en tant qu'Espèce Exotique Envahissante a été autorisée par arrêté préfectoral (n°SALIMPSPAE-2025-506-D du 12 août 2025).

Résultats des expérimentations en laboratoire

Remarque préalable sur les expérimentations : lors de chaque opération, un lot témoin de poissons ou de crustacés de l'espèce ciblée a été transféré dans l'aquarium d'expérimentation pendant la même durée que le choc salin testé, mais dans l'eau douce. Ces lots ont également été observés pendant 4 heures après retour dans l'aquarium de stabulation. Aucun signe particulier ni mortalité n'a été observé chez ces individus.

Bilan de la procédure 1 (diapo 13)

Réactions et comportements des espèces testées

L'objectif de cette procédure était d'évaluer l'effet d'un choc salin standard sur les espèces d'intérêts (exotiques et indigènes) sur un très faible nombre d'individus. Pour cela, un choc salin de 20 minutes à 30 g/L a été réalisé en conditions expérimentales, suivi d'une phase de récupération de 4h.

Chez les poissons, les expérimentations ont permis d'établir une chronologie d'apparition de divers symptômes, en fonction du temps. Ainsi, chez *A. temminckii* on observe trois phases :

- **Phase initiale** (0 à 5 minutes) : les individus présentent les premiers changements posturaux avec un décolllement des bouches ventrales qui engendre une perte de posture jusqu'à un décubitus dorsal. Un changement dans les déplacements est également observé avec une nage verticale jusqu'à la surface à une fréquence qui augmente surtout dans la phase suivante ;
- **Phase intermédiaire** (5 à 15 minutes) : la perte de posture est de plus en plus marquée avec observation d'une raideur générale et d'un décubitus dorsal sur tous les individus. Les déplacements verticaux se font plus fréquents, même si certains individus peuvent rester calmes ;
- **Phase tardive** (15 à 20 minutes) : les individus sont en décubitus dorsal et présentent des troubles de ventilation avec des spasmes au niveau de la bouche (gasping). Un nouveau signe apparaît avec le tressaillement des nageoires, probablement lié à des contractions musculaires asynchrones.

Chez les cabots bouche-ronde, nous observons des signes seulement en phase tardive : raideur et perte de posture. Une cyanose peut également se voir sur les flancs et les têtes de certains individus. Aucun signe particulier n'a été observé chez les anguilles. Chez les crustacés, Nous n'avons pas observé de signes cliniques

ou comportementaux particuliers chez les crevettes, que ce soit pour *N. davidii* ou la chevaquine *A. serrata*. Nous avons, cependant, constaté une baisse des déplacements après 15 minutes de choc, avec des individus qui restaient sur le fond du contenant ou sur le galet.

Effets secondaires et indésirables observés

Aucun signe particulier n'a été observé chez les anguilles. Chez les autres poissons, certains signes semblent traduire des troubles musculosquelettiques : perte de posture, décubitus dorsal et raideur générale, tressaillements de nageoires. Ces troubles peuvent engendrer des douleurs ressenties. Des études ont montré que la salinité est responsable de modifications ioniques et de perturbations de l'équilibre électrolytique (Arenzon et al., 2003; Po and Wood, 2021). Ce déséquilibre électrolytique peut affecter la fonction musculaire, avec l'observation de crampes, des spasmes ou une faiblesse musculaire en raison de la perturbation de l'homéostasie des ions calcium, potassium et sodium qui sont essentiels pour la contraction musculaire et la transmission nerveuse. D'autres signes traduisent un défaut d'oxygénation : comportement de déplacement vertical vers la surface pour l'oxygénation (phénomène Aquatic Surface Respiration). La cyanose observée chez les cabots bouche ronde est également un symptôme d'hypoxie. D'un point de vue éthique, ces troubles n'engendrent pas de douleurs, mais peuvent engendrer une détresse chez l'animal qui est en hypoxie aiguë.

Capacité de récupération

Chez *A. temminckii*, nous avons observé une forte résistance des individus : 78% des poissons ont récupéré leurs fonctions vitales sur une durée de 4 heures, alors que tous présentaient des signes cliniques et comportementaux de détresse. Cette récupération peut s'observer avec 3 signes cliniques :

- Hyperventilation : les individus ont présenté une augmentation de la fréquence respiratoire, par des mouvements très rapides de l'opercule branchial et des nageoires pectorales ;
- Redressement : les poissons qui étaient en décubitus dorsal se sont retournés et ont recouvré leurs postures en décubitus ventral ;
- Fixation sur support : les individus ont retrouvé un comportement physiologique normal, qui est de se fixer sur un support grâce à leur bouche ventouse, dans notre cas sur la vitre ou sur le galet.

Il sera alors important de considérer ce paramètre pour les futures expérimentations, surtout que l'objectif final du projet est de proposer une lutte en milieu naturel sans possibilité d'observation individuelle. Chez les cabots bouche ronde, nous avons observé une forte capacité de récupération avec les mêmes signes décrits précédemment. Il n'y a eu aucune mortalité observée.

Bilan de la procédure 2

Bilan pour *A. temminckii* (diapo 14)

Les résultats de mortalités des expérimentations menées sur des lots de 11 individus sont résumés dans le tableau de la diapo 14. Les tests sur les lots juvéniles et intermédiaires ont été stoppés à l'issue de l'expérience n°2 (35g/l pendant 20min) compte tenu de la mortalité totale des individus et que les expériences suivantes portaient sur des durées ou des concentrations plus élevées : pour les expériences n°3 à n°8, on suppose une mortalité totale des classes de taille inférieures à 50 mm.

Les résultats mettent en évidence un effet de la taille (et du poids) sur la sensibilité de *A. temminckii* à l'immersion dans une solution saline. A 35 g/l, on observe une mortalité totale des individus de moins de 50 mm pour un temps d'immersion de 20 min (et sûrement avant pour les individus de moins de 30 mm, compte tenu des résultats observés à 30 g/l), alors que la mortalité complète des individus de plus de 50 mm n'est observée qu'à partir de 40 min d'immersion. A une concentration de 40 g/l, un seul individu a survécu à l'immersion de 30 min (expérience 8). Il avait une taille relativement importante par rapport aux autres individus testés. Malgré cet effet individuel et possiblement lié à la taille, une mortalité totale à une concentration de 40 g/l nécessiterait un temps

d'immersion supérieur ou égal à 30 min.

A 35 g/l, on observe une forte augmentation de la mortalité des poissons entre 25 et 30 min d'immersion. A 30 et 35 min d'immersion, on observe une résistance d'*A. temminckii* de tailles intermédiaires (entre 65 et 80 mm), mettant en évidence une variabilité inter-individuelle, possiblement dépendante de multiples facteurs : taille, sexe, âge, condition sanitaire, ... que l'on ne pourra pas tester ici. Lors d'une immersion à 35 g/l pendant 40 min, on observe une mortalité de tous les *A. temminckii* (jusqu'à 100 mm).

Bilan pour la Red Cherry *N. davidii* (diapo 12)

Des crevettes Red Cherry ont été capturées sur trois sites où elle est acclimatée à La Réunion pour mener les tests : Ravine Citronniers sur la rivière du Mât, Ravine Mare à Poule d'eau et Bras Sec sur la rivière Saint Jean. Les cinq expérimentations menées à partir des lots d'individus issus des trois sites, entre 30 et 60 g/l pendant 20 minutes n'ont pas permis d'induire de mortalité significative (entre 0 et 8% de mortalité) sur *N. davidii*.

Bilan de la procédure 3

La procédure 3 a été menée sur les espèces indigènes uniquement (bouche-rondes *S. lagocephalus*, anguille *A. marmorata* et crevette bouledogue *A. serrata*) pour une concentration de 35 g/l pendant 40 min. Le tableau de la diapo 15 présente les résultats des mortalités observées.

Le choc salin a induit une très forte mortalité sur les bouche-rondes *S. lagocephalus* (plus de 70 %), toutes classes de taille confondues (entre 45 et 120 mm). La survie ne semble pas taille dépendante, mais résulte bien d'un effet individuel.

D'un autre côté, le choc salin n'a induit aucune mortalité pour les anguilles *A. marmorata* et les crevettes bouledogue *A. serrata*.

Suites données pour la mise en œuvre de tests de lutte en milieu naturel

Espèce cible et site expérimental

Compte tenu de la résistance de la Red Cherry *N. davidii*, la lutte contre cette espèce par choc salin n'est pas retenue.

D'un autre côté, *A. temminckii* est présent en milieu naturel, à La Réunion, uniquement sur le site de Bras Long (Entre Deux). Les inventaires menés sur le site mettent en évidence un peuplement de poisson dominé par les espèces exotiques (diapo 16) : une seule anguille *A. marmorata* a été capturée alors que plus de 19 000 poissons d'espèces exotiques piscicoles ont été capturées. De plus, les anguilles testées en laboratoire (procédure 3) ont montré une très faible sensibilité au choc salin (sans mortalité). La chevaquine *A. serrata* est la principale espèce de crustacé indigène observée sur le site de Bras Long. Cette espèce n'a pas montré de sensibilité à la concentration et à la durée du choc salin testé. La résistance au sel du camaron *M. lar* n'a pas été testée car cette espèce est rare à La Réunion, rendant difficile sa capture et la réalisation de tels tests. D'un autre côté, la population présente sur le Bras Long ne représente que quelques individus. Une attention particulière leur sera apportée lors des expérimentations : capture et remise à l'eau rapides des individus étourdis.

Compte tenu de ces éléments, le site du Bras Long a été confirmé pour mener des expérimentations tests d'éradication d'*Ancistrus temminckii* par choc salin.

Conditions expérimentales (diapos 18 à 19)

Le débit d'étiage du Bras Long est compris entre 5 et 10 l/s. Il est alimenté par des sources situées sur son affluent issu du lieu-dit « Bras Long ». Les injections de solutions salines tests (non présenté) ont mis en évidence la difficulté d'obtenir, en une seule

reprise, un choc salin efficace pour lutter sur la totalité du linéaire du Bras Long colonisé par l'espèce (environ 1 200 m). Il a donc été proposé de procéder à plusieurs injections de solution saline. Les tests seront mis en œuvre pour avoir une efficacité sur des tronçons de 100 m de cours d'eau à minima sur chaque injection. Pour obtenir une concentration minimale en sel de 35 g/l, pendant 40 mn à 100 m en aval du point d'injection, et avec dilution de 37% (données non présentées), il paraît nécessaire de retenir une durée d'injection de 60 mn à 49 g/l.

Mesure de la mortalité directe induite par le choc salin (diapo 20)

Lors de chaque opération, une portion de 5 m de cours d'eau sera préalablement isolée à 25, 50 et 100 m du point d'injection par deux filets barrières. Sur ces 3 points, seuls les individus des espèces indigènes seront retirés immédiatement s'ils présentent des signes d'étourdissement. Ensuite, 4 heures après le passage du choc salin, au sein de chaque tronçon isolé par les filets barrières, il sera procédé : (i) à la capture à l'épuisette, des animaux morts ou moribonds. Les animaux moribonds seront euthanasiés. L'ensemble des individus sera isolé (lot M), (ii) à une première pêche électrique entre les deux filets barrières. Les individus des espèces indigènes seront identifiés, comptabilisés et relâchés en amont (les effets du choc salin ayant disparus). Onze individus d'*A. temminckii* seront isolés dans un bac d'eau claire pour être transférés à OCEA pour observer des effets secondaires. Les autres individus des espèces exotiques seront euthanasiés et isolés (lot V1), (iii) à une seconde pêche électrique entre les deux filets barrières. Les individus des espèces indigènes seront identifiés, comptabilisés et relâchés en amont (les effets du choc salin ayant disparus). Les individus des espèces exotiques seront euthanasiés et isolés (lot V2). Les animaux des lots M, V1 et V2 seront maintenus au frais et ramenés au laboratoire d'OCEA où ils seront identifiés, mesurés, pesés ou comptabilisés par lots homogènes (taille/poids/sexe) le lendemain de l'opération.

Par la suite, l'efficacité du choc salin sera établie pour chaque espèce, par le ratio entre le nombre d'individus morts (lot M) et le nombre d'individus vivants 4 heures après le passage du choc salin (V) estimé selon la formule suivante : $V = V1^2 / (V1 - V2)$.

Effets sur les individus vivants à l'issue du choc salin (diapo 20)

À l'issue du choc salin et après 4 heures de maintien, certains poissons *A. temminckii* encore vivants seront conservés en captivité afin d'évaluer l'impact du choc salin sur leur état général et leurs paramètres vitaux. L'objectif de cette étape est de caractériser la toxicité du sel à moyen terme et de déterminer si les poissons survivants présentent des séquelles observables.

Pour cela, nous maintiendrons les individus dans des aquariums expérimentaux au laboratoire OCEA pour un hébergement temporaire. Pour chaque point d'injection (1, 2 et 3), un lot de 11 *A. temminckii* vivants au maximum sera sélectionné. Sur la base de nos précédentes expériences en laboratoire, nous savons que les individus de grande taille ont une meilleure résistance au choc salin. Nous nous attendons donc à retrouver principalement ces spécimens parmi les survivants.

Tous les poissons seront hébergés dans des aquariums expérimentaux pendant 7 jours, avec une observation biquotidienne. Une grille d'observation systématique permettra d'enregistrer les paramètres de l'état général, les signes cliniques et les comportements. En cas d'atteinte d'un seuil éthique (ex. : décubitus dorsal prolongé pendant plus de 3 heures), l'individu sera euthanasié afin d'éviter toute souffrance inutile.

Au terme de la période d'observation, tous les poissons des lots seront euthanasiés et feront l'objet d'une nécropsie. Une attention particulière sera portée aux branchies, à la bouche ventouse et aux organes internes afin d'identifier d'éventuelles altérations.

Mesure des impacts du choc salin sur la faune et la flore aquatiques non ciblées

Le choc salin, bien que de courte durée, pourrait avoir un impact direct sur la macrofaune benthique, la végétation aquatique ainsi que la végétation rivulaire. Compte tenu de la dispersion attendue du signal salin en aval de chaque injection, on propose de concentrer les observations sur la zone de 0 à 50 m en aval du point d'injection. Les suivis seront réalisés sur les macro-invertébrés benthiques et les algues diatomées (algues microscopiques fixées sur le substrat). Les peuplements de macro-invertébrés seront inventoriés selon la méthode RCS (contrôle DCE) adaptée aux petits cours d'eau des hauts (cf. projet INVERDO - 6 points de prélèvements). La composition des peuplements de diatomées sera inventoriée selon la méthode mise en œuvre dans le cadre du RCS (contrôle DCE).

Pour chaque suivi, il s'agira de procéder à : (i) un état des lieux la veille de l'injection, (ii) un suivi à pas de temps réguliers pendant les 2 mois succédant à l'injection. Ce pas de temps pourra être adapté selon la communauté (macro invertébrés ou algues diatomées).

Au même rythme que les macro-invertébrés benthiques et les diatomées, la flore aquatique supérieure et la flore rivulaire seront observées à chaque étape (avant, 1 mois après et 1 an après injection). Les observations porteront sur l'état (vitalité, dessèchement) sur la première centaine de mètres en aval du point d'injection. Une attention particulière sera apportée aux plantes aquatiques (songes par exemple).

Procédures réglementaires

Code de l'Environnement (diapo 21)

En application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement, l'article R. 214-1 définit les différentes nomenclatures des installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration. Compte tenu des quantités de sel qui seront injectées dans le Bras Long (1 à 2 Tonnes, selon le débit du Bras long), le présent projet a été déclaré au titre de la rubrique « 2.2.3.0. Rejet dans les eaux de surface, à l'exclusion des rejets réglementés au titre des autres rubriques de la présente nomenclature (systèmes d'assainissement, rejets pluviaux) ou de la nomenclature des installations classées annexée à l'article R. 511-9, le flux total de pollution, le cas échéant avant traitement, étant supérieur ou égal au niveau de référence R1 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent (D). »

Le présent projet vise à tester une méthode de lutte contre une espèce de poisson récemment introduite dans les cours d'eau de La Réunion : le laveur de vitre *A. temminckii*, et permettra également de capturer et de détruire des individus de trois autres espèces de poissons introduites à La Réunion : le guppy *Poecilia reticulata*, le porte-épée *Xiphophorus hellerii* et le nigro *Amatitlania nigrofasciata*. Cependant, la technique de destruction employée (choc salin) n'est pas régulièrement autorisée et a nécessité une dérogation par arrêté préfectoral au titre du R411-47 : AP n°2025-1731 du 15/09/2025.

Code rural et de la pêche maritime (diapo 22)

La première étape du projet a été autorisée en application des dispositions du code rural et de la pêche maritime (cf. ci-avant) et a fait l'objet d'une appréciation rétrospective. Compte tenu des expérimentations prévues, une seconde demande d'autorisation a été déposée et obtenue (APAFIS #55257 – 2025043009281199 du 30/10/2025) auprès du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour les deux procédures suivantes :

- Procédure 1 : gestion des poissons indigènes et exotiques lors d'un choc salin en milieu naturel, sur des secteurs délimités ;
- Procédure 2 : évaluation de la mortalité et de la morbidité induites par un choc salin chez *A. temminckii* en milieu naturel, sur des portions semi-isolées expérimentales.

La demande comprend deux dérogations :

- Animaux d'espèces non domestiques non tenues en captivité (article R 214-92) ;
- Conditions de mise à mort (article R 214-98)

L'élevage conservatoire permet-il la sauvegarde du Gecko vert de Manapany ?

Jérémie SOUCHET ¹, Arthur CHŒUR ², Florèn HUGON ³, Dorian KÖSE ^{3,4}, Audrey TROCHET ⁵, Markus A. ROESCH ^{1,6}

¹ Association Nature Océan Indien, 46 rue des mascarins 97429 Petite-Île, La Réunion, France

² UMR ENTROPIE, Université de La Réunion, 15 Avenue René Cassin, 97400 Saint-Denis, La Réunion, France

³ Biodiv'Act, 2 allée Gisu Labea, 64990, Saint Pierre d'Irube, France

⁴ Université de Rennes, Campus de Beaulieu - CS 74205, 263 avenue Général Leclerc, 35042 Rennes, France

⁵ La société Herpétologique de France MnHn – CP41, 57 Rue Cuvier, 75005 Paris, France

⁶ CIBIO Research Centre in Biodiversity and Genetic Resources, InBIO Associate Laboratory, Université de Porto, Rua Padre Armando Quintas 7, 4485-661 Vairão, Portugal

Le Gecko vert de Manapany (*Phelsuma inexpectata* Mertens 1966), avec le Gecko vert de Bourbon (*Phelsuma borbonica* Mertens 1966), est l'une des deux dernières espèces de reptiles terrestres indigènes (même endémiques dans leur cas) de La Réunion sur les sept espèces présentes autrefois (Austin et al., 2004; Rocha et al., 2010; Probst et al., 2022). Considérée en danger critique d'extinction par l'IUCN (Sanchez, 2021), son aire de répartition est fragmentée et réduite à seulement 0.25 km² (Sanchez et al., 2025), au sud de l'île entre Saint-Pierre et Saint-Joseph avec seulement 11% de cette surface en milieu naturel contre 75% en milieu urbain et 14% en semi-urbain. A noter que son altitude maximale est de 200 m (Bour et al., 1995; Sanchez and Probst, 2011). Cependant, il existe quelques populations hors de cette aire, dues à des introductions volontaires ou non comme au Tampon à 600 m d'altitude (Deso, 2001). En 1995, une première estimation des effectifs de l'espèce a été menée, le nombre d'individus était alors estimé entre 3.000 et 10.000 (Bour et al., 1995). En 2010, ce chiffre était déjà divisé par deux avec 3.000 à 5.000 individus estimés (Sanchez and Probst, 2011). Depuis cette date aucun nouveau recensement complet des effectifs n'a été réalisé.

Compte tenu de la faible présence de l'espèce en milieu naturel, Nature Océan Indien a lancé en 2015 un programme de suivi de l'espèce en utilisant un protocole de Capture–Marquage–Recapture (CMR) par photo identification sur deux populations de milieu non anthropisé, celles dites de Cap Sel et Cap Devot, se trouvant dans les falaises littorales de Manapany sur la commune de Petite-Île. Dans ces populations, en seulement 5 ans (entre 2015 et 2020), les effectifs de ces populations ont chuté de 66% (Choeur, 2021; Köse, 2025), en raison de l'absence de recrutement adulte (proche de 0% ; Choeur, 2021). En effet, malgré une reproduction efficiente, les jeunes geckos n'atteignent pas l'âge adulte. Cela entraîne un déclin rapide des populations, un phénomène connu dans les populations isolées du genre *Phelsuma* (Cole et al., 2009; Buckland et al., 2014).

Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées quant à l'origine de ce déclin : la dégradation de l'habitat (abiotique et biotique) ; la sur-prédation, notamment par les espèces exotiques ou encore des problèmes d'ordres génétiques dans ces populations. Cependant, en 2023, l'étude génétique d'un ensemble de populations présentes dans les différents habitats a montré que 3 groupes nucléaires distincts et 9 haplotypes mitochondriaux étaient spatialement répartis dans les populations. Cela a permis de définir que, malgré la faible diversité génétique de l'espèce, il n'y avait pas de consanguinité dans les populations et que celles des milieux naturels comptaient parmi les plus diversifiées (Gomard et al., 2023). De plus, depuis 2012, des actions de restauration de l'habitat ont lieu dans ces falaises littorales de Manapany, avec notamment le retrait des plantes exotiques et des replantations d'espèces végétales indigènes ou endémiques, dont certaines

protégées, qui sont favorable au Gecko vert de Manapany, notamment le Vacoa (Guilloux and Gebus, 2022; Choeur et al., 2023). Ces zones ont d'ailleurs largement été colonisées par le Gecko vert de Manapany (Bernet and Roesch, 2023). Enfin, depuis 2018, diverses luttas contre des espèces exotiques prédatrices, comme le rat, le chat, les fourmis, les oiseaux ou d'autres reptiles ont été mises en place (Bernet, 2023; Souchet, 2023, 2024a; Souchet and Coquis, 2025).

Malgré ces actions de conservation, les populations ont continué de décliner ; c'est pourquoi en 2020, Nature Océan Indien a mis en place un élevage transitoire pour le Gecko vert de Manapany (Roesch et al., 2025). A travers la capture des jeunes à l'éclosion, leur mise en captivité et leur relâcher sur le site d'origine une fois adulte, cet élevage transitoire avait pour but d'augmenter artificiellement le recrutement adulte dans les populations et de permettre, avec la répétition sur 5 ans consécutifs, l'inversion de la démographie de ces deux populations (Roesch, 2022). Pour cela, 40 juvéniles de Gecko vert de Manapany ont été capturés en 2020-2021 dans les populations de Cap Sel et Cap Devot puis placés en captivité. 39 de ces individus ont été relâchés en 2021 et 2022, soit 97,5% de survie en captivité (Roesch, 2022). Les résultats de ces premiers relâchés ont permis de constater (pour la population de Cap Devot) que les taux de survie annuels des individus relâchés dans le milieu naturel après un an étaient les mêmes que ceux des individus non passés par l'élevage (66% pour les mâles et 27% pour les femelles ; Köse, 2025). Néanmoins, leur taux de détectabilité étaient réduit (48% pour les individus non passés par l'élevage, contre 27% pour les individus de l'élevage ; Köse, 2025). D'un point de vue de l'évolution des effectifs de la population, cet unique relâché dans la population de Cap Devot en 2022, de 21 individus (13 femelles et 8 mâles) n'a pas permis de stabiliser les effectifs, mais cela a ralenti le déclin de la population (Köse, 2025). Ces résultats sont en accord avec les modèles prédictifs de l'évolution des populations (Choeur, 2021; Roesch, 2022).

Malgré ces bons résultats la première année, les années suivantes, de 2023 à 2025, seulement 7 jeunes adultes ont pu être relâchés rendant impossible d'assurer le renforcement des populations (Souchet, 2024b). Pourtant, la reproduction a lieu dans les populations, toutes les femelles observées sont gravides (Souchet, 2024b). Ce taux de recrutement juvénile quasi nul dans les populations de Cap Sel et Cap Devot, entraînant la chute démographique importante ces dernières années, pourrait être dû aux faibles densités d'individus à l'hectare dans les populations. Choeur (2021) avait estimé une densité de 127 individus à l'hectare pour la population de Cap Devot et de 339 individus à l'hectare pour la population de Cap Sel. En 2024, ces densités ont chuté, respectivement, à 30 et 117 individus à l'hectare (Souchet, 2024b). Ces densités sont bien inférieures à celles connues chez l'espèce « sœur » mauricienne, le *Phelsuma ornata*, (774 individus à l'hectare ; Cole et al., 2018). En outre, il a été démontré, sur

l'espèce *Lacerta vivipara*, que la densité d'individus dans des petites populations peut avoir des impacts directs sur la démographie (Massot et al., 1992; Mugabo et al., 2013). En effet, quand la densité d'individus à l'hectare diminue, les taux de reproduction des adultes sont maximisés (*i.e.* tous les individus peuvent se reproduire car peu de compétition sexuelle) mais, à l'inverse, cette diminution de la densité d'individus à l'hectare a un effet négatif sur la survie des juvéniles (*i.e.* non dilution de la prédation individuelle par le nombre), qui impactera, par la suite, les taux de croissance démographique de la population (Massot et al., 1992; Mugabo et al., 2013). C'est pourquoi, ces faibles densités d'individus, potentiellement initiées par la perte d'habitats et la surprédation par des espèces exotiques dans ces populations, pourraient être la cause première du non-recrutement actuel des juvéniles.

Pour tester cette théorie et tenter de sauver ces deux populations de Gecko vert de Manapany en milieu naturel et proposer une solution pérenne à la sauvegarde de l'espèce, Nature Océan Indien se propose de passer d'un élevage transitoire à un élevage conservatoire. Pour cela, nous avons été autorisés à capturer, en 2026, un lot de 20 femelles adultes et 10 mâles adultes, dans différentes populations, avec pour objectif de produire 40 à 80 juvéniles par an, sur une période de 5 ans. Cela permettra un renforcement massif des deux populations cibles et, par effet de densité dépendance, d'augmenter la survie des juvéniles.

En finalité, l'élevage conservatoire est une solution potentiellement efficace pour la sauvegarde du Gecko vert de Manapany, notamment en introduisant de nouveaux individus adultes dans les populations. Néanmoins, cette action devra s'accompagner d'autres mesures de conservation, comme la continuité de la restauration des habitats et la lutte contre les prédateurs exotiques. Il serait aussi important de mettre en place des protections foncières sur certaines zones où l'espèce se trouve, car à l'heure actuelle aucune des populations ne profite de cela.



Suivi de l'efficacité d'une passe à poissons multi-espèces à La Réunion par méthode de capture détection

Cyril ABOULKER, Jean-Baptiste TORTEROTOT & Bernard ANAMPARELA

Résumé

Suite à des travaux de réhabilitation et de sécurisation du captage d'eau potable de Bellepierre sur la Rivière Saint-Denis (Île de La Réunion), une passe à poissons « multi-espèces » a été construite. Il s'agit de la première passe à poissons de ce type à La Réunion. Un suivi de l'efficacité de la passe à poissons a été réalisé sur une durée de 3 ans et sur 4 espèces cibles de poissons indigènes de La Réunion :

- La Loche des sables *Awaous commersoni* (Schneider, 1801), espèce benthique ;
- Le Cabot noir *Eleotris fusca* (Bloch & Schneider, 1801), espèce benthique ;
- Le Poisson plat *Kuhlia rupestris* (Lacepède, 1802), espèce pélagique ;
- Le Chitte *Agonostomus telfairii* (Bennett, 1832), espèce pélagique.

Un protocole spécifique de marquage-détection à l'aide de PIT tags (Passive Integer Transponder) et utilisant la technologie RFID (Radio Frequency Identification), sur ces 4 espèces cibles de poissons a été déployé.

Les trois campagnes de marquage ont eu lieu en juin 2019, mai 2021 et mai 2022, sur un effectif minimal de 30 individus par espèce, avec un objectif de 50 individus par espèce.

Le premier résultat de cette étude est la réussite de l'opération chirurgicale de marquage. Les données de détection montrent une très bonne attractivité de la passe à poissons de Bellepierre, évaluée à plus de 90 % pour les quatre espèces cibles durant la saison sèche. Les taux de franchissement élevés pour les deux espèces pélagiques (supérieurs à 75%) confirment la fonctionnalité de la passe à poissons de Bellepierre. Aucune sélectivité de l'ouvrage sur des classes de taille particulières n'est relevée pour ces deux espèces pélagiques.

Concernant les espèces benthiques *Awaous commersoni* et *Eleotris fusca*, aucune conclusion fiable quant à l'efficacité de la passe à poissons ne peut être établie en raison du très faible nombre d'individus détectés au sein de l'ouvrage.

À la lumière de l'ensemble de ces enseignements, aucune modification de l'ouvrage ne semble justifiée. Cette étude ouvre également de nouvelles perspectives pour le suivi de l'efficacité des dispositifs de franchissement à la montaison à La Réunion grâce à la technique du RFID.

Mots clés :

Réunion, Passe à poisson, Marquage détection, Attractivité, Fonctionnalité

Contexte

Depuis 2016, un arrêté ministériel fixe la liste des tronçons de cours d'eau de La Réunion classés au titre de l'article L.214-17 (2°) du Code de l'Environnement. Selon ce texte, « *tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé pour assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs dans un délai de cinq ans après la publication de la liste* ».

La Rivière Saint-Denis, et ses affluents de la source jusqu'à la mer font partie des tronçons de cours d'eau concernés par cet arrêté.

Suite à des travaux de réhabilitation et de sécurisation du **captage d'eau potable de Bellepierre sur la Rivière Saint-Denis**, une passe à poissons a été construite en rive droite de l'ouvrage. Il s'agit de la première passe à poisson « multi-espèces » construite à La Réunion. Elle a pour objectif d'entamer un processus de restauration de la continuité écologique pour toutes les espèces aquatiques susceptibles de coloniser le corridor constitué par la rivière Saint-Denis.

L'arrêté préfectoral n°11-1943/SG/DRCTCV du 30 novembre 2011 et n°2016-734/SG/DRCTCV du 3 mai 2016, portant modification du premier arrêté prescrivait qu'un suivi de l'efficacité de la passe à poissons au niveau du captage d'eau de Bellepierre soit mis en œuvre pour une durée de 3 ans minimum, sur 4 espèces cibles de poissons indigènes de La Réunion :

- La Loche des sables *Awaous commersoni* (Schneider, 1801) ;
- Le Cabot noir *Eleotris fusca* (Bloch & Schneider, 1801) ;
- Le Poisson plat *Kuhlia rupestris* (Lacepède, 1802) ;
- Le Chitte *Agonostomus telfairii* (Bennett, 1832).

Parmi les quatre espèces cibles, deux espèces sont benthiques (*A. commersoni* et *E. fusca*) et migratrices amphidromes : la reproduction a lieu en eau douce. Après l'éclosion, les larves dévalent en mer où leur durée de séjour est variable. Puis, les alevins remontent les rivières pour y poursuivre leur croissance et s'y reproduire (Keith et al., 2006). Les deux autres espèces (*A. telfairii* et *K. rupestris*) sont des pélagiques et des espèces migratrices catadromes : leur croissance a lieu en eau douce, tandis que la reproduction se déroule en mer ; les adultes effectuent donc une migration vers l'aval tandis que les juvéniles remontent les rivières pour effectuer leur croissance (Keith et al., 2006).

Le maître d'ouvrage de cette mission était initialement la mairie de Saint-Denis avant un transfert de compétence vers l'intercommunalité CINOR (Communauté Intercommunale du Nord de La Réunion). Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Office Français de la Biodiversité et du Fond Européen de Développement Régional (FEDER).

Matériels et méthodes

Le suivi par la technologie RFID (Radio Frequency Identification) s'avère, pour les poissons, la solution présentant le meilleur rapport coût/bénéfice pour répondre à cette question d'efficacité des ouvrages en matière de migration de montaison. Cette technologie permet de récupérer des données à distance en communiquant par des ondes radio basse fréquence, par le biais de transpondeurs passifs ou PIT-tags (Passive Integrated Transponder).

Afin de mener à bien cette étude, BIOTOPE a été accompagné par SCIMABIO Interface, bureau d'étude disposant d'un important retour d'expériences dans l'utilisation des PIT-tags et dans la mise en œuvre de la technologie RFID appliquée aux poissons. Le bureau d'études ICTHYOSPHERE a apporté un appui terrain pour la capture des poissons par pêche électrique.

Chaque transpondeur implanté dans la cavité générale des poissons est caractérisé par un code numérique unique. L'identification des transpondeurs se fait lors du passage de l'organisme marqué à proximité d'une antenne de détection. Le dispositif RFID était composé de **6 antennes** afin d'assurer le suivi piscicole de l'ouvrage piscicole :

- 2 antennes « aval » en rivière ;
- 2 antennes « entrée » de passe à poissons ;
- 2 antennes « sortie » de passe à poissons.

Des séries de deux antennes ont été aménagées, afin de maximiser les détections pour les plus petits transpondeurs de 12 mm dont le retour d'expérience montre que les portées n'excèdent généralement pas 20 cm.

Mise en œuvre pour la première fois à La Réunion dans le cadre de cette mission, et sur ces 4 espèces cibles à l'échelle mondiale, cette mission a également permis d'apporter les premiers retours d'expérience pour ces 4 espèces, notamment sur leur capacité à supporter une chirurgie d'implantation des PIT-tags.

La rivière Saint Denis est une des 13 rivières pérennes de l'île de La Réunion. Elle est située au Nord de La Réunion. La problématique de la rupture de la continuité écologique compte parmi les facteurs limitants les plus prégnants vis-à-vis des poissons et crustacés migrateurs. La carte suivante permet de localiser la zone d'étude et les principaux obstacles.

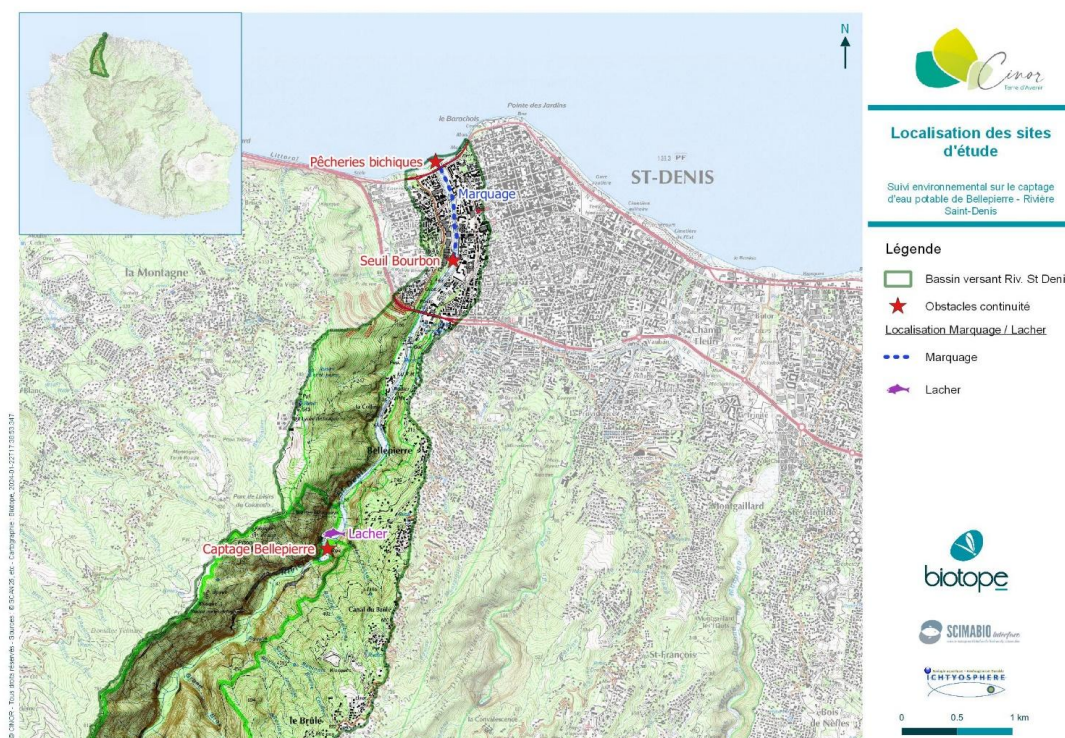


Figure 1 : Localisation de la Rivière Saint-Denis et des sites d'étude

Au vu des dimensions du lit mouillé, et du fait des risques élevés que des crues arrachent l'antenne, un dispositif d'antennes fusibles à plat a été retenu (« pass-over ») pour l'antenne aval en rivière. Ces antennes ont été démontées dès l'arrivée de la période cyclonique en décembre et remontées à l'occasion de l'opération de marquage suivante (entre mai et juin, selon les années). Un second rideau d'antennes a été positionné en forme de cadre en entrée de passe à poissons et un troisième rideau d'antennes cadre en sortie de passe à poissons.

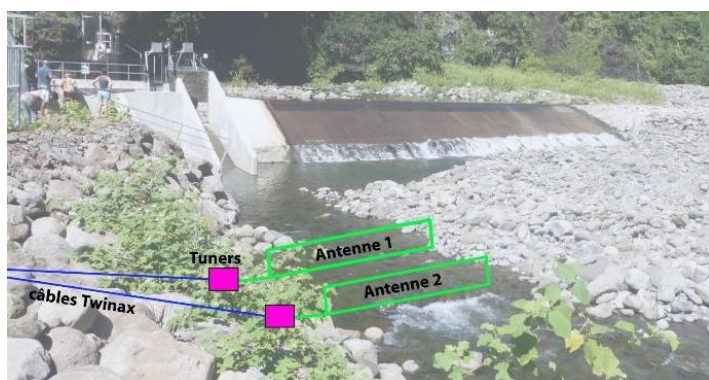


Figure 2 : Localisation des implantations des antennes à l'aval et au sein de la passe à poissons



Le suivi environnemental a été mené sur 3 ans, avec certaines évolutions du protocole en fonction des premiers résultats obtenus.

Il prévoyait un **effectif minimal de 30 individus par espèce à marquer**.

En raison de la pandémie de COVID19, la campagne de marquage 2020 a été reportée d'un an. **Les 3 campagnes de marquage ont donc eu lieu en juin 2019, mai 2021 et mai 2022.**

Afin d'optimiser la détection des individus benthiques (très peu détectés suite à la première campagne de marquage), une modification du protocole de relâche a été adoptée lors de la seconde campagne de marquage de juin 2021. Elle implique la relâche d'une partie des individus benthiques marqués (53% des individus benthiques marqués) directement au pied de la passe à poissons, en amont du rideau d'antennes aval placé dans le lit de la Rivière Saint-Denis.

Compte tenu de la très faible mobilité des espèces benthiques (*Awaous commersoni* et *Eleotris fusca*) révélée par les résultats obtenus à la suite des campagnes de marquage de 2019 et 2021, en accord avec les services de l'Etat (DEAL - OFB), les opérations de marquage réalisées en 2022 ont visé uniquement les deux espèces pélagiques *Kuhlia rupestris* (Poisson plat) et *Agonostomus telfairii* (Chitte) avec un objectif de 200 individus marqués (100 individus par espèce).

Ces opérations ont été mises en œuvre sous couvert des

autorisations administratives nécessaires :

- Un arrêté annuel d'autorisation pour la réalisation d'inventaires piscicoles à des fins scientifiques délivré à BIOTOPE par la DEAL-Réunion ;
- Une Notification du Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'innovation relative à l'autorisation de projet utilisant des animaux à des fins scientifiques délivrée à SCIMABIO Interface le 9 avril 2019, pour toute la durée de l'expérimentation (Numéro agrément APAFIS # 20028-2019031500396799 v3).

Les captures ont été réalisées par pêche électrique en aval du seuil de Bourbon afin de garantir une plus forte probabilité d'occurrence des espèces cibles. Une fois capturés, les poissons ont été anesthésiés dans un bain d'eugénol, mesurés puis marqués avec un transpondeur de 12 mm, 13 mm ou 23 mm en fonction de leurs tailles et caractéristiques morphologiques respectives. Chaque transpondeur a été inséré dans la cavité générale des poissons. Une attention a été portée à marquer un maximum de classes de tailles, afin d'intégrer l'éventuelle variabilité des capacités de franchissement selon la taille. Après marquage, les individus ont été stabilisés dans un bac de réveil puis transportés jusqu'au point de relâche, dans la rivière Saint-Denis, environ 110 m en aval du captage de Bellepierre, dans le Bassin des Hirondelles.



Figure 1 : Exemples de transpondeurs passifs utilisés pour le marquage des poissons, marquage d'un Poisson plat sur la rivière Saint-Denis et relâche des individus marqués dans le Bassin des Hirondelles

Résultats

Au total **520 individus toutes espèces confondues ont été marqués au cours des 3 campagnes de marquage** et relâchés afin d'évaluer la fonctionnalité de la passe à poissons de Bellepierre (Tableau 1). Aucune des deux espèces benthiques n'a été marquée en 2022, conformément aux demandes du comité technique. 9 individus (majoritairement des Chittes (*A. telfairii*) de taille inférieure à 70 mm) sont morts après implantation du PIT tag.

Tableau 1: Effectifs marqués-relâchés, par espèce et par année de marquage

	2019	2021	2022	Total
Poisson plat	105	41	126	272
Chitte	60	14	10	84
Loche des sables	31	22	-	53
Cabot noir	26	85	-	111
Total	222	162	136	520

Afin de pallier les faibles captures de certaines espèces et d'optimiser la robustesse des analyses statistiques, l'effort de marquage a été reporté sur *Kuhlia rupestris* (poisson plat), espèce la plus représentée dans le milieu.

Détection des poissons marqués

Au total, 206 individus ont été détectés sur la durée du suivi, correspondant à un taux de détection global de 40 %. La majorité des détections (67 %) correspond à des individus appartenant aux

espèces pélagiques *Kuhlia rupestris* (Poisson plat) et *Agonostomus telfairii* (Chitte). Les espèces benthiques *Awaous commersoni* (Loche des sables) et *Eleotris fusca* (Cabot noir) sont plus faiblement représentées, avec un effectif de 66 individus détectés (33%). Ces résultats correspondent aux proportions d'individus marqués pour les espèces pélagiques (68 % des marquages) et benthiques (32 % des marquages).

Néanmoins, la majorité des détections enregistrées pour les espèces benthiques (93%) correspond à des individus issus de la campagne de marquage 2021 relâchés en pied d'ouvrage, à proximité directe des antennes RFID (modification du protocole de relâche). Le taux de redétection est donc élevé chez les pélagiques mais très faible chez les benthiques présentant une faible mobilité. Les hypothèses de biais méthodologique ou bien de mouvement exploratoire ou de tentative non réussie de franchissement ne pouvant être écartées, il a été décidé d'abandonner le suivi pour ces espèces benthiques en 2022.

Attractivité de la passe à poissons

L'attractivité de la passe est appréciée au regard du nombre de poissons détectés au sein de la passe à poissons ramené au nombre d'individus ayant franchi les antennes déployées en aval de

la passe. Elle est donc **basée uniquement sur les individus relâchés au niveau du Bassin aux Hirondelles** (située à environ 110 m en aval de la passe à poissons).

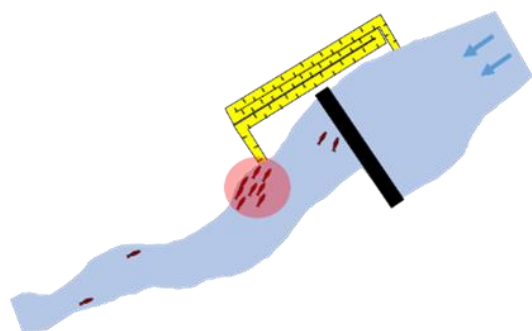


Figure 2: Illustration du mode de calcul de l'attractivité de la passe à poissons (ici 8/10) (Source : Scimabio)

Sur les périodes où les antennes aval étaient en fonctionnement (hors saison cyclonique), **102 individus** ont été détectés par le complexe RFID « aval » dont **97 ont été détectés au sein de la passe**. Ces résultats confirment la **très bonne attractivité** de la passe à poissons de Bellepierre, dans les conditions hydrologiques rencontrées.

Les résultats sont **comparables pour les deux espèces pélagiques cibles avec 95 % et 94 % d'attractivité évaluée sur la durée globale de l'étude (Tableau 2)**. Pour les **espèces benthiques**, les tendances ne sont pas significatives vu les faibles effectifs détectés au niveau du complexe aval (6 individus).

Tableau 2: Attractivité par espèce sur la période juin 2019-décembre 2022

	Détectés aval	Détectés aval et PaP	Attractivité
Poisson plat	64	61	95%
Chitte	32	30	94%
Loche des sables	5	5	100%
Cabot noir	1	1	100%

Les résultats suggèrent que l'entrée piscicole de l'ouvrage serait facilement accessible pour ces espèces puisque l'intégralité des individus détectés sur le rideau d'antenne aval a été détectée ultérieurement en entrée de passe.

En raison du retrait annuel des antennes aval durant la période cyclonique (décembre à mai de l'année suivante), il n'est pas possible d'évaluer l'attractivité de la passe à poissons de Bellepierre durant les périodes de hautes eaux.

Franchissabilité de la passe à poissons

La franchissabilité est évaluée au regard du nombre d'individus franchissant la passe à poissons (détectés au niveau des antennes amont) ramené au nombre d'individus détectés à l'entrée de l'ouvrage.

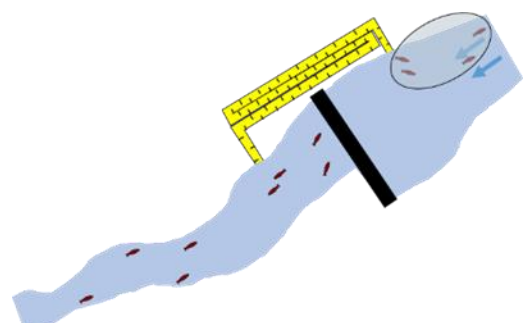


Figure 3: Illustration du mode de calcul de la franchissabilité de la passe (Source : Scimabio)

Entre juin 2019 et décembre 2022, 115 individus ont franchi la passe à poissons, sur un total de 182 individus détectés en entrée de passe, soit un taux de 63% en moyenne. Une **majorité des franchissements correspond aux espèces pélagiques *Kuhlia rupestris* (Poisson plat) et *Agonostomus telfairii* (Chitte)** avec, respectivement, 75 et 34 individus détectés en sortie de passe à poissons. Ces observations témoignent d'une **très bonne franchissabilité** de la passe de Bellepierre pour ces espèces avec des **taux de franchissement respectifs évalués à 78 % et 92 %**, sur la durée globale du suivi. Les espèces **benthiques** sont plus **faiblement représentées** avec seulement six franchissements observés pour l'espèce *Awaous commersoni* (Loche des sables) sur la durée globale du suivi. **Aucun franchissement n'a été observé pour l'espèce *Eleotris fusca* (Cabot noir)**. Un biais peut exister dans l'évaluation de la franchissabilité pour les benthiques, en lien avec la modification du protocole de relâche en 2021 et l'abandon de ces espèces en 2022.

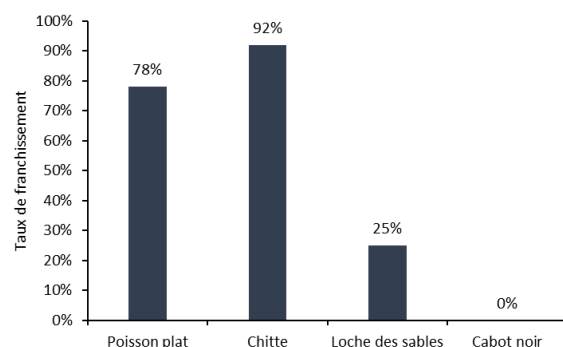


Figure 4 : Taux de franchissement de la passe à poissons pour chaque espèce cible

Sélectivité de la passe à poissons

L'analyse des classes de taille par espèce des individus détectés permet de vérifier que la passe à poissons est franchissable pour les différents stades de croissance dès lors que le marquage était possible (taille minimale).

La majorité des classes de tailles détectées en aval de l'ouvrage ont été détectées dans des proportions relatives comparables en sortie d'ouvrage (Figure 5). Les résultats de cette étude ne révèlent **aucune sélectivité de la passe à poissons de Bellepierre sur les espèces pélagiques étudiées**. Au regard des faibles effectifs détectés au niveau de l'ouvrage pour les espèces benthiques cibles, **il n'est pas possible de statuer sur la sélectivité de la passe pour ces espèces**.

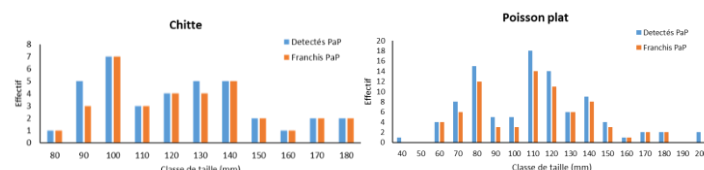


Figure 5: Distribution par classes de taille des effectifs détectés de Chitte et Poisson plat, en entrée et sortie de passe de 2019 à 2022

Conclusion

Les données de détection montrent une **très bonne attractivité de la passe à poissons de Bellepierre**, évaluée à plus de 90 % pour les quatre espèces cibles et principalement les deux espèces pélagiques durant la saison sèche. L'attractivité de l'ouvrage n'a pu être appréciée qu'en période de basses eaux (entre juin et décembre).

La franchissabilité de la passe à poissons est également très bonne pour les espèces pélagiques (78% pour *K. rupestris* et 92% pour *A. telfairii*)

Les analyses n'ont par ailleurs révélé **aucune sélectivité de l'ouvrage** sur des classes de taille particulières pour ces deux espèces pélagiques.

Plus largement, cette étude montre qu'une passe à poissons multi-espèces rustique en enrochements est efficace pour assurer la montaison de ces 2 espèces pélagiques, dès lors qu'elle est correctement dimensionnée et malgré une pente moyenne de la rampe supérieure aux valeurs généralement préconisées pour les petites espèces en Métropole.

Aucune conclusion fiable quant à l'efficacité de la passe à poissons de Bellepierre ne peut être établie concernant les espèces benthiques *Awaous commersoni* (Loche des sables) et *Eleotris fusca* (Cabot noir) en raison du très faible nombre d'individus détectés au sein de l'ouvrage. Une très faible mobilité vers l'amont des individus marqués est apparue dès la première année de suivi. Ces observations ont conduit à une modification du protocole de relâche pour la campagne de marquage de 2021. Les résultats observés à la suite de cette modification n'ayant pas été pleinement concluants, le marquage de ces espèces a été abandonné lors de la dernière campagne de marquage. Les résultats disponibles confirment toutefois que les individus de *Awaous commersoni* (Loche des sables), de taille comprise entre 84 et 152 mm, disposent de capacités natatoires permettant de franchir l'ouvrage de Bellepierre. Aucun individu d'*Eleotris fusca* (Cabot noir) n'a été observé en franchissement. Par conséquent nous ne pouvons pas confirmer la capacité physique de cette espèce à franchir le dispositif. Dans la mesure où ces deux espèces demeurent des espèces migratrices amphidromes, il est possible que les stades « migrants » de ces espèces ne concernent que les phases juvéniles (Keith et al., 2006), pour lesquelles les petites tailles ne permettent pas de marquage RFID.

A la lumière de l'ensemble de ces enseignements, **aucune modification de l'ouvrage ne semble justifiée.**

Bibliographie

Gelineau Y., Saget M., Brault V., Ananparela B., Aboulker C., Martinet J., Maeda K., Feutry P., 2020. - Biology of jungle perch, *Kuhlia rupestris*, identification of threats and knowledge gaps to improve local and global management. *Cybio* 2020, 44(1) : 45-55. <https://doi.org/10.26028/cybio/2020-441-006>

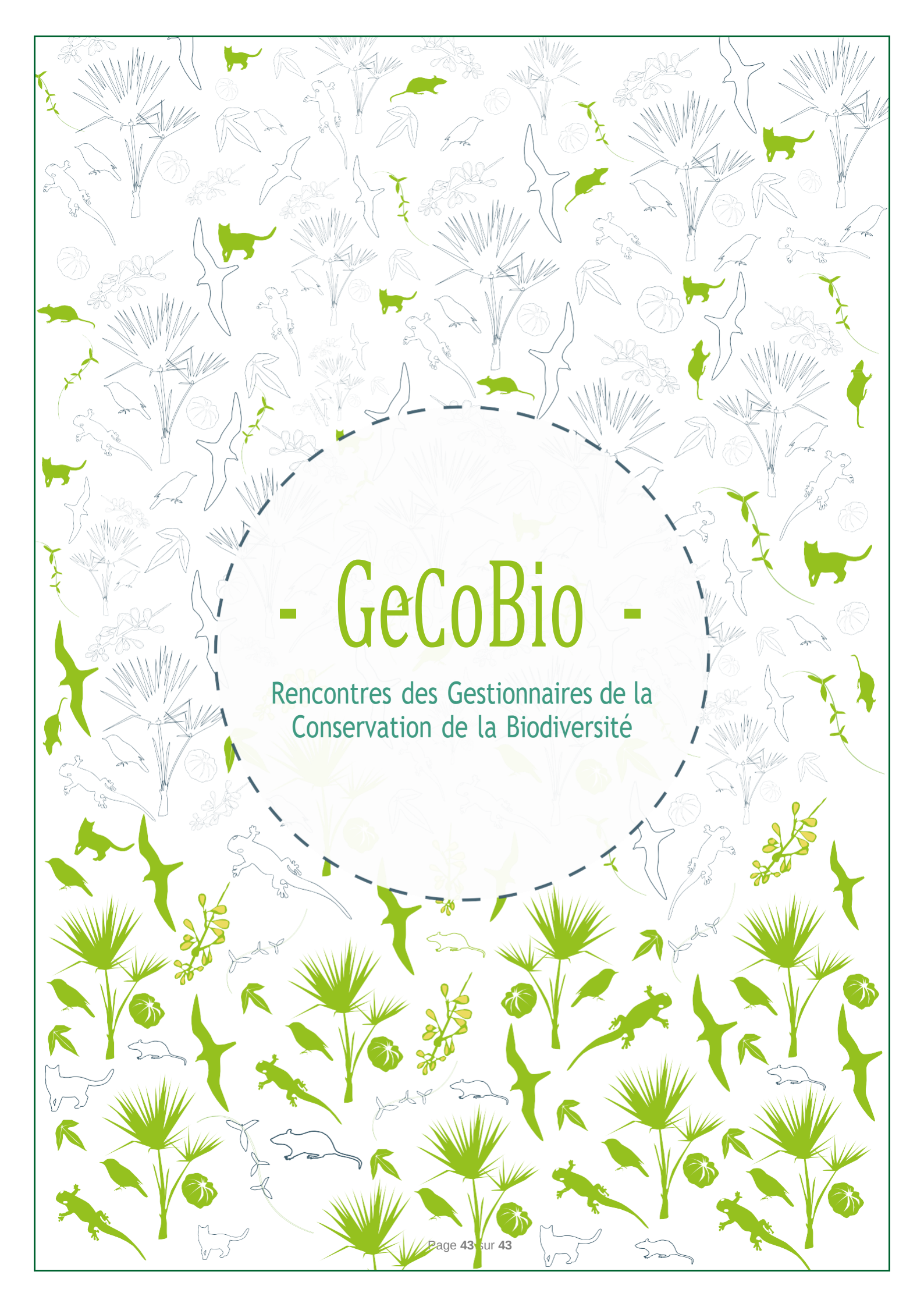
Keith P., Marquet G., Valade P., Bosc P., Vigneux E., 2006. - Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce Comores, Mascareignes et Seychelles. Museum National d'Histoires Naturelles, Paris, 250p., (Patrimoines naturels ; 65), ISBN : 978-2-85653-597-4

SCP, SAFEGE, CYATHEA, 2015. - Réhabilitation et équipement du captage d'eau de la Rivière Saint-Denis en vue de sa régularisation. Mission de maîtrise d'œuvre – PRO. Maître d'ouvrage Mairie de Saint-Denis - Juin 2015. 213p. + annexes

UICN France, MNHN, SEOR, ARDA, Insectarium de La Réunion, GLOBICE & Kélonia, 2013. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitres Faune de La Réunion. Paris, France. 26p.



Responsable de la publication : Joanne GARDAUD
Coordination : Marc SALAMOLARD, Isabelle PAUSÉ
Rédaction : Les auteurs ont rédigé les résumés de leur présentation
Novembre 2025



- GeCoBio -

Rencontres des Gestionnaires de la
Conservation de la Biodiversité