HAL
open science

Diversité des écosystèmes terrestres de La Grande Comores et invasion par les plantes introduites : état des lieux, régénération sur coulées de lave et comparaison avec les îles du Sud-Ouest de l'océan Indien

Anziz Ahmed Abdou

To cite this version:

Anziz Ahmed Abdou. Diversité des écosystèmes terrestres de La Grande Comores et invasion par les plantes introduites : état des lieux, régénération sur coulées de lave et comparaison avec les îles du Sud-Ouest de l'océan Indien. Biologie végétale. Université de la Réunion, 2021. Français. NNT : 2021LARE0019 . tel-03374273

HAL Id: tel-03374273

https://theses.hal.science/tel-03374273v1

Submitted on 12 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION
Faculté des Sciences et Technologies
Ecole Doctorale Sciences Technologies et Santé (ED 542)

THÈSE POUR L'OBTENTION DU TITRE
Docteur en Biologie des populations et écologie
Présentée et soutenue publiquement
le 12 Juillet 2021 par

Anziz AHMED ABDOU

Diversité des écosystèmes terrestres de La Grande Comore et invasion par les plantes introduites : état des lieux, régénération sur coulées de lave et comparaison avec les îles du Sud-Ouest de l'océan Indien

Sous la direction de Mathieu ROUGET
Chercheur UMR – PVBMT / CIRAD
et de Dominique STRASBERG
Professeur UMR – PVBMT / Université de La Réunion

Membres du Jury
Mme. Pascale Chabanet, Présidente, Directrice de recherche IRD
Mr. Christophe Thébaud, Rapporteur, Professeur - Université de Toulouse
Mr. Steven M. Goodman, Rapporteur, Professeur - Field Museum of National History de Chicago
Mme. Anne Atlan, Examinatrice, Directrice de Recherche CNRS
Mr. Stéphane Baret, Examinateur, SPL Ecologie et Développement Durable des Espaces Naturels
Mr. Ibrahim Yahaya, Invité, Chargé de mission biodiversité, CNDRS

UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION
Faculté des Sciences et Technologies
Ecole Doctorale Sciences Technologies et Santé (ED 542)

THÈSE POUR L'OBTENTION DU TITRE
Docteur en Biologie des populations et écologie
Présentée et soutenue publiquement
le 12 Juillet 2021 par
Anziz AHMED ABDOU

Diversité des écosystèmes terrestres de l'archipel des Comores et invasion par les plantes introduites : état des lieux, régénération sur les coulées de lave et comparaison avec les îles du Sud-Ouest de l'océan Indien

Sous la direction de Mathieu ROUGET
Chercheur UMR – PVBMT / CIRAD
et de Dominique STRASBERG
Professeur UMR – PVBMT / Université de La Réunion

Membres du Jury
Mme. Pascale Chabanet, Présidente, Directrice de recherche IRD
Mr. Christophe Thébaud, Rapporteur, Professeur - Université de Toulouse
Mr. Steven M. Goodman, Rapporteur, Professeur - Field Museum of National History de Chicago
Mme. Anne Atlan, Examinatrice, Directrice de Recherche CNRS
Mr. Stéphane Baret, Examinateur, SPL Ecologie et Développement Durable des Espaces Naturels
Mr. Ibrahim Yahaya, Chargé de mission biodiversité, CNDRS

POLE RECHERCHE
Ecoles Doctorales

LETTRE D'ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Je, soussigné Anziz AHMED ABDOU, en ma qualité de doctorant de l'Université de La Réunion, déclare être conscient que le plagiat est un acte délictueux passible de sanctions disciplinaires. Aussi, dans le respect de la propriété intellectuelle et du droit d'auteur, je m'engage à systématiquement citer mes sources, quelle qu'en soit la forme (textes, images, audiovisuel, internet), dans le cadre de la rédaction de ma thèse et de toute autre production scientifique, sachant que l'établissement est susceptible de soumettre le texte de ma thèse à un logiciel anti-plagiat.

Fait à Saint-Pierre, le 03 Juin 2021

Extrait du Règlement intérieur de l'Université de La Réunion
(validé par le Conseil d'Administration en date du 11 décembre 2014)

Article 9. Protection de la propriété intellectuelle – Faux et usage de faux, contrefaçon, plagiat

L'utilisation des ressources informatiques de l'Université implique le respect de ses droits de propriété intellectuelle ainsi que ceux de ses partenaires et plus généralement, de tous tiers titulaires de tels droits.
En conséquence, chaque utilisateur doit :
utiliser les logiciels dans les conditions de licences souscrites ;
ne pas reproduire, copier, diffuser, modifier ou utiliser des logiciels, bases de données, pages Web, textes, images, photographies ou autres créations protégées par le droit d'auteur ou un droit privatif, sans avoir obtenu préalablement l'autorisation des titulaires de ces droits.

La contrefaçon et le faux
Conformément aux dispositions du code de la propriété intellectuelle, toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle d'une œuvre de l'esprit faite sans le consentement de son auteur est illicite et constitue un délit pénal.
L'article 444-1 du code pénal dispose : « Constitue un faux toute altération frauduleuse de la vérité, de nature à causer un préjudice et accomplie par quelque moyen que ce soit, dans un écrit ou tout autre support d'expression de la pensée qui a pour objet ou qui peut avoir pour effet d'établir la preuve d'un droit ou d'un fait ayant des conséquences juridiques ».
L'article L335_3 du code de la propriété intellectuelle précise que : « Est également un délit de contrefaçon toute reproduction, représentation ou diffusion, par quelque moyen que ce soit, d'une œuvre de l'esprit en violation des droits de l'auteur, tels qu'ils sont définis et réglementés par la loi. Est également un délit de contrefaçon la violation de l'un des droits de l'auteur d'un logiciel (…) ».

Le plagiat est constitué par la copie, totale ou partielle d'un travail réalisé par autrui, lorsque la source empruntée n'est pas citée, quel que soit le moyen utilisé. Le plagiat constitue une violation du droit d'auteur (au sens des articles L 335-2 et L 3353 du code de la propriété intellectuelle). Il peut être assimilé à un délit de contrefaçon. C'est aussi une faute disciplinaire, susceptible d'entraîner une sanction.
Les sources et les références utilisées dans le cadre des travaux (préparations, devoirs, mémoires, thèses, rapports de stage…) doivent être clairement citées. Des citations intégrales peuvent figurer dans les documents rendus, si elles sont assorties de leur référence (nom d'auteur, publication, date, éditeur…) et identifiées comme telles par des guillemets ou des italiques.
Les délits de contrefaçon, de plagiat et d'usage de faux peuvent donner lieu à une sanction disciplinaire indépendante de la mise en œuvre de poursuites pénales.

Résumé

L'archipel des Comores constitue un ensemble de quatre îles océaniques volcaniques émérgées il y a environ 10 millions d'années. Cet archipel est soumis à des perturbations naturelles telles que les cyclones et le volcanisme ainsi que des perturbations anthropiques associées à l'occupation humaine dans ces territoires. Comme dans la majorité des milieux insulaires, les Comores sont aussi exposées aux changements globaux en particulier la déforestation et l'invasion des écosystèmes par des espèces exotiques végétales. Au sein du *hotspot* de biodiversité des îles du Sud-Ouest de l'océan Indien, l'archipel des Mascareignes, les Seychelles et la grande île de Madagascar font régulièrement objet de programmes de recherche en biologie de la conservation. L'archipel des Comores n'a pas reçu le même investissement et le manque de connaissances dans cet archipel contraint souvent à la mise en place de programme opérationel de gestion de la biodiversité. Cette thèse a pour objectif d'améliorer la compréhension d'une des principales menaces de la biodiversité de l'archipel des Comores, les invasions par les plantes exotiques. Elle tente de repondre à trois questions : 1) quel est le niveau d'invasion par les plantes exotiques sur l'archipel des Comores par rapport aux autres îles de l'océan Indien ; 2) quel est l'état de conservation et d'invasion des reliques de végétation naturelle sur La Grande Comore ; et 3) quelle est l'influence des plantes exotiques sur la succession des coulées de lave du Karthala ?

Grâce à la compilation des données récentes issues des projets « Inva'ziles » et « EpiBio-OI », une base de données de 410 plantes envahissantes a pu être constituée pour la première fois sur les territoires du Sud-Ouest de l'oéan Indien. Parmi ces 410 espèces, 111 sont envahissantes aux Comores, 122 y sont présentes sans être envahissantes et 177 y sont absentes. Cette première analyse biogéographique a des conséquences importantes sur la biosécurité, notamment pour le contrôle aux frontières.

A l'échelle de La Grande Comore, les dernières reliques de végétation à l'échelle de l'archipel subsistent sur les pentes du massif du Karthala, dans le Sud de l'île. Un premier bilan a permis d'identifier 55 espèces de plantes exotiques sur différents types de végétation, entre 24 et 1100 m d'altitude, plus présentes à basse altitude et déclinant fortement à partir de 700 m d'altitude. Les priorités de conservation doivent cibler les forêts natives de moyenne altitude à *Weinmannia*, *Nuxia*, *Ocotea*, *Tambourissa* qui maintiennent encore des canopées intactes avec des niveaux d'invasions relativement faibles en sous-bois.

L'étude comparative de la végétation pionnière des coulées de lave du Karthala à La Grande Comore et du Piton de La Fournaise à La Réunion montre que le substrat est colonisé de la même manière, à savoir une strate bryo-lychénique puis des espèces ligneuses indigènes avec certaines similarités structurelles et compositionnelles. Concernant les espèces exotiques, on note une forte hétérogénéité intra-site et intra-îles. Ces différences de composition en espèces exotiques entre les sites sont en partie expliquées par des facteurs géographiques et des caractéristiques propres à chaque site. L'établissement d'espèces exotiques envahissante pourrait modifier la succession de cette végétation à terme.

Mots-clés

Espèces exotiques envahissantes – *Hotspot* de biodiversité – Perturbations anthropiques – Priorités de gestion – Habitats naturels –îles Sud-Ouest de l'océan Indien et Madagascar

Summary

The Comoros is a volcanic oceanic system of four islands that formed about 10 million years ago. This archipelago is subject to natural disturbances such as tropical hurricanes and volcanism, and to anthropogenic disturbances through human settlement. As in most other insular systems, the Comoros is subject to global change, in particular deforestation and invasion of ecosystems by alien plant species. In the South-western Indian Ocean biodiversity hotspot, the Mascarene Archipelago, the Seychelles and Madagascar regularly feature in conservation biology research programs. The lack of knowledge of the Comoros archipelago often prevents the implementation of regional biodiversity management programs. This thesis aims to improve our understanding of one of the main biodiversity threats, invasive plant, in the Comoros Archipelago. It adresses three questions: 1) what is the invasion level of alien plants in the Comoros Archipelago compared to the other Indian Ocean islands; 2) what is the state of conservation and invasion of natural vegetation remnants on Grande Comore; and 3) how do alien plants influence primary vegetation succession on the Karthala massif lava flows?

Using recent data from the "Inva'ziles" and "EpiBio-OI" projects, a database of 410 invasive alien plants of the Indian Ocean Islands has been compiled for the first time in the South-western Indian Ocean. Among these 410 species, 111 are invasive in the Comoros, 122 are present without being invasive and 177 are absent. This first biogeographical analysis has important consequences for biosecurity, especial for the surveillance of regional borders.

At the scale of Grande Comore, native vegetation still remains on the slopes of Karthala and La Grille volcanoes, on the southern and northern slopes of the island, respectively. An initial assessment of inv asive alien plant resulted in the identification of 55 species, occurring between 24 and 1100 m.a.s.l in different vegetation types, with a greater occurrence in lowland habitats types and decreasing significantly above 700 m.a.s.l. Management priorities should be focused on native submountan habitats of *Weinmannia, Nuxia, Ocotea* and *Tambourissa*, which still maintain intact canopies.

The comparative study of the pioneer vegetation of recent lava flows of the Karthala on Grande Comore and the Piton de La Fournaise on Reunion show that the substrate has been similarly colonized and with structural and compositional similarities, first, a bryolichen stratum and then native woody species. Regarding alien species, there was pronounced intra-site and intra-islands heterogeneity. These differences in alien species could change the succession sequence of this vegetation in the future.

Keywords

Anthropogenic disturbances - Biodiversity hotspot - Invasive alien species - Madagascar and Indian Ocean islands - Management priorities - Native habitats.

Dédicace

A mes parents, Ahmed ABDOU et Fatima YOUSSOUF qui m'ont toujours soutenu !

A ma grand-mère, Anlaouia SOUFIANE qui a accompagné mes premiers pas et qui m'a fait profiter de ses connaissances en pharmacopée traditionnelle

A tous les acteurs de la biologie de conservation dans les îles

Avant-propos, Préface, Avertissement

Cette thèse constitue un travail pionnier sur les plantes exotiques aux Comores. Le manuscrit est construit au format d'une thèse sur articles (soumis et en cours de finalisation). Son contenu est constitué de cinq chapitres, à savoir, trois axes de recherches formatés sous forme de publications, une introduction générale et une discussion générale avec les perspectives de thèse pour les prochaines étapes de recherche. Il s'agit en effet d'un premier travail sur les invasions biologiques dans un archipel peu connu par la communauté internationale. Les articles sont conçus indépendament et les analyses portent sur trois échelles spatiales (les coulées de laves, les communautés végétales d'une île et l'archipel des Comores dans sa région biogéographique). Des études comparatives ont été abordées entre La Grande Comore et La Réunion pour l'étude de la végétation pionnière des coulées de lave et entre l'archipel des Comores et les autres îles du Sud-Ouest de l'océan Indien pour la composition en espèces exotiques.

Remerciements

Cette étude a été financée par La Région-Réunion dans le cadre du programme opérationnel européen INTERREG V, cofinancé par le fonds européen de développement régional (FEDER). La mobilité concernant les missions de terrain a été prise en charge par le l'UMR PVBMT à travers les fonds du projet de coopération régional EPIBIO-OI. Le CNDRS a mis à ma disposition un bureau, du matériel ainsi que du personnel pour l'accompagnement sur le terrain lors des travaux d'inventaires aux Comores. Toutes mes remerciements s'adressent à l'ensemble de ces institutions ainsi qu'au personnel dont j'ai eu la chance d'entrer en interraction durant toute la période de ma thèse.

Je tiens d'abord à remercier Dominique STRASBERG et Bernard REYNAUD qui m'ont confié la conduite de ce projet et qui l'ont défendu dans les instances académiques pour que ce sujet puisse enfin être abordé sur les Comores.

Une reconnaissance particulière à Mathieu ROUGET pour avoir accepté de diriger cette thèse sans pour autant me connaître auparavant. Quelle belle opportunité d'avoir été dans un encadrement à la fois rigoureux et assidu. Je n'ai même pas les mots pour qualifier la qualité de l'expérience que j'ai acquis dans le courant de ce travail de thèse.

Merci à Olivier FLORES qui m'a accompagné sur le terrain lors de la réalisation de l'état des lieux préliminaire et d'avoir donné un peu de son temps pour la lecture de mes travaux. Merci également à Vincent BOULLET et à Ibrahim YAHAYA pour avoir accepté de faire partie de mon comité de suivi de thèse, sans quoi j'aurais eu du mal à recadrer mes idées.

Un grand merci à Absoir AHMED, Ahlame ZAÏNOUDINE MOHAMED, Dhayaou YAHAYA et Indatou SAINDOU qui m'ont assisté lors de mes travaux de terrain et à Abassi DIMASSI, Andiliat MOHAMED, Ben Anthoy MOUSSA, Chamssia IBRAHIM, Raihati MAHAMOUD, Ramadhoini ALI ISLAM pour l'aide à identification taxonomique.

Merci à Eric RIVIERE, Sébastient ALBERT et Christophe LAVERGNE pour m'avoir donné un peu de votre temps sur le terrain et pour l'identification de certaines espèces de la flore réunionnaise que je n'avais pas pu déterminer, sans quoi je serai resté dans le déni total.

Je remerci également mes collègues du CIRAD (chercheurs, doctorants et techniciens) qui m'ont chaleureusement accuelli depuis mes premiers pas au Pôle de Protection des Plantes. Les moments de partage, de soutien collectif et de sorties en randonnées ont joué un grand rôle sur l'accomplissement de mes années détudes à La Réunion.

Je ne trouve pas l'expression pour adresser les éloges les plus méritoires à mes parents qui m'ont tout donné et qui par ailleurs ont fait confiance à mes choix d'orientation malgré ce dont ils rêvaient pour moi. Certes ça aurait été sympa de faire la continuité du métier de mes parents mais la médecine n'était pas ma voie. L'ambition de pouvoir confronter ma passion avec le métier est un projet de rêve et me voilà arrivé au bout, de quoi en être fier.

A toux ceux qui ont contribué de près ou de loin sur la réalisation de cette thèse, je vous adresse mes remerciements les plus distignués. Je pourrais oublier de citer certaines personnes parmi ceux qui ont permis la réalisation de ce travail et je m'en excuse.

J'adresse mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont soutenu et qui ont libéré une partie de leurs temps à ma faveur durant ces années de travail, que ce soit sur le terrain ou au laboratoire :

Fréderic CHIROLEU pour m'avoir intégré dans son équipe à travers les sessions de formations en biostatistiques et pour ses précieux conseils pour le traitement et l'analyse des données.

Nicolas JUILLET pour m'avoir accordé du temps lors des mises à jour des listes des plantes exotiques envahissantes des territoires de l'océan Indien et pour avoir toujours répondu à mes questions.

Daniel BARTHELEMY (UMR - AMAP, CIRAD Montpellier) pour m'avoir fourni des précieux supports bibliographiques et pour m'avoir toujours encouragé à aller jusqu'au bout de cette aventure.

Fakra DAMIEN (PIMENT, Université de La Réunion) qui m'a soutenu moralement et qui a fortement contributé dans la mise en place et la gestion de la logistique lors de ma soutenance de thèse.

Ma reconnaissance envers les collègues du laboratoire Physique du Bâtiment et de l'Environnement (Amarillis, Bamba, Miangaly, Subra, Youssouf) pour les moments de partage entre étudiants étrangers à La Réunion.

Je tiens également à remercier les collègues de la SEAS-OI (Artadji, Christophe et Vincent) pour le partage des cartes d'occupation du sol et pour le soutien durant les moments compliqués d'un doctorant.

Liste des abréviations

CNDRS : Centre National de Documentation et de Recherches Scientifiques

COI : Commission de l'Océan Indien

CORECOM : Coopération en matières de Recherches Environnementales aux Comores

COREXERUN : Conservation, Restauration et reconstitution des habitats semi-xérophiles du massif de la montagne sur l'île de La Réunion

DAF : Department of Agriculture and Fisheries
(Département de l'agriculture et de la pêche)

FED : Fonds Européens de Développement

FAO : Food and Agricultural Organisation
(Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agroculture)

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

GISD : Global Invasive Species Database
(Base de données mondial des espèces envahissantes)

ONF : Office National des Forêts

ONG : Organisation Non Gouvernementale

SAGC : Société Anonyme de La Grande Comore

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature et des Ressources

UNEP : United Nations Environment programme
(Programme des Nations Unies pour l'Environement)

UNO : United Nations Organisation
(Organisation des Nations Unies)

WIONIS : Western Indian Ocean Network on Invasive Species
(réseau de l'Océan indien occidental sur les espèces envahissantes)

ZCIT: Zone de Convergence Inter Tropicale

ZNEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

ZNEP : Zones Naturelles à Enjeu Patrimoniales

Sommaire

Résumé - 11 -

Mots-clés - 12 -

Summary - 13 -

Keywords - 14 -

DEDICACE - 16 -

AVANT-PROPOS, PREFACE, AVERTISSEMENT - 18 -

REMERCIEMENTS - 20 -

LISTE DES ABREVIATIONS - 23 -

SOMMAIRE - 25 -

1 CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE - 29 -

1.1 La problématique des invasions biologiques en milieu tropical insulaire - 31 -

1.2 La gestion des invasions biologiques au sein du *hotspot* de biodiversité - 33 -
1.2.1 Les petites îles du hotspot - 33 -
1.2.2 La grande île de Madagascar - 35 -
1.2.3 Les enjeux de conservation dans la région - 36 -

1.3 L'archipel des Comores dans sa région biogéographique - 37 -
1.3.1 La situation géographique - 38 -
1.3.2 Les caractéristiques géophysiques - 38 -
1.3.3 L'influence des facteurs climatiques sur les régimes pluviomètriques - 41 -
1.3.4 L'état de connaissances de la flore et des habitats - 42 -
1.3.5 L'historique du peuplement humain en relation avec l'occupation du sol - 44 -

1.4 Apercu des questions de recherches - 46 -

2 CHAPITRE II : BILAN DES INVASIONS PAR LES ESPECES DE PLANTES EXOTIQUES DANS LES ILES SUD-OUEST DE L'OCEAN INDIEN - 48 -

2.1 Introduction - 51 -

2.2 Methods - 52 -
2.2.1 Study area - 52 -
2.2.2 Identification of alien species - 54 -
2.2.3 Species list update of the Union of Comoros and Madagascar - 57 -
2.2.4 Statistical analysis - 57 -

2.3 Results - 58 -
2.3.1 Number of invasive alien plants and their families - 58 -

2.3.2 Status of alien plant species among territories - 59 -
2.3.3 Similarities and differences of status profiles among territories - 62 -
2.3.4 Global comparison of invasive alien plants in tropical oceanic islands - 64 -

2.4 Discussion - 66 -
2.4.1 The South West Indian Ocean region, one of the most invaded insular systems of the world - 66 -
2.4.2 A regional list of invasive plants to assist decision-making - 67 -

3 CHAPITRE III : ETAT DES LIEUX DES INVASIONS PAR LES PLANTES EXOTIQUES DANS DIFFERENTS TYPES DE VEGETATION A LA GRANDE COMORE - 69 -

3.1 Introduction - 72 -

3.2 Material and methods - 73 -
3.2.1 Study area - 73 -
3.2.2 Habitat types sampled - 75 -
3.2.3 Alien species survey along transects - 77 -
3.2.4 Land-use classification - 78 -
3.2.5 Statistical analyses - 78 -

3.3 Results - 79 -
3.3.1 Invasive alien species - 79 -
3.3.2 Patterns of invasion and transformation of habitat types - 80 -
3.3.3 Invasion level within habitat types - 82 -

3.4 Discussion - 85 -
3.4.1 Most invasive alien species - 85 -
3.4.2 Priority habitat types for conservation - 86 -
3.4.3 Drivers of habitat invasion and transformation - 86 -
3.4.4 Contribution on regional cooperation for IAS management - 87 -

4 CHAPITRE IV : VEGETATION PIONNIERE DES COULEES DE LAVE DE LA GRANDE COMORE ET DE LA REUNION : COMPOSITION FLORISTIQUE ET IMPORTANCE DES PLANTES EXOTIQUES ENVAHISSANTES - 88 -

4.1 Introduction - 90 -

4.2 Méthodologie - 92 -
4.2.1 Situation géographique des sites d'études - 92 -
4.2.2 Protocole d'échantillonnage - 94 -
4.2.3 Analyses statistiques - 96 -

4.3 Résultats - 97 -
4.3.1 Composition floristique des sites - 97 -
4.3.2 Fréquence et abundance des espèces exotiques 108
4.3.3 Recouvrement en espèces exotiques et influence des facteurs géographiques 114

4.4 Discussion - 116 -
4.4.1 Particularités floristiques entre les îles et les sites - 117 -
4.4.2 Dynamique d'invasion et particularités intra-sites - 117 -
4.4.3 Patrons de diversité et d'abondance en espèces exotiques - 119 -
4.4.4 Perspectives - 119 -

5 CHAPITRE V : DISCUSSION GENERALE - 120 -

5.1 Palier le manque de données dans un archipel riche en biodiversité - 122 -

5.2 Une meilleure compréhension de la dynamique d'invasion au sein de l'archipel des Comores - 123 -

5.3 Implications pour la conservation - 128 -
5.3.1 Liste des plantes introduites, naturalisées et invasives de l'Union des Comores - 128 -
5.3.2 Charte de bonnes conduites sur les plantes envahissantes dans les iles de l'océan Indien - 129 -
5.3.3 Priorités de conservation du massif de La Grille - 130 -

5.4 Perception et usage des plantes invasives aux Comores - 131 -

5.5 Conclusions et perspectives de recherches - 132 -

6 BIBLIOGRAPHIE - 136 -

7 ANNEXES - 170 -

Annexe 1.1 : ***Chronologie et types d'éruptions du volcan Karthala à La Grande Comore*** **- 171 -**

Annexe 2.2 : ***Liste des plantes cultivables introduites et non introduites aux Comores*** **- 172 -**

Annexe 2.1 : ***Liste des plantes introduites et envahissantes de l'archipel des Comores*** **- 176 -**

Annexe 3.1 : ***Recouvrement des plantes exotiques par habitat à La Grande Comore.*** **- 214 -**

Annexe 3.2: ***Analyse des Composantes Principales sur les types d'habitats et de l'occupation du sol avec le recouvrement en espèces exotiques.*** **- 216 -**

Annexe 3.3 : ***Corrélation entre le recouvrement en espèces exotiques et l'altitude.*** **- 217 -**

Annexe 4.1 : ***Echelle de notation d'abondance / dominance de Braun-Blanquet*** **- 218 -**

Annexe 4.2 : ***Indices de divérsité estimés à partir des données floristiques des sites*** **- 219 -**

Annexe 4.3 : ***Coordonnées GPS des relevés éffectués aux Radiers (Ile de La Réunion)*** **- 220 -**

Annexe 4.4 : ***Graphiques de corrélations entre les facteurs associés à l'invasion des coulées.*** **224**

Annexe 5.1 : ***Liste des plantes exotiques envahissantes de la région Sud-Ouest de l'océan Indien*** **- 225 -**

Annexe 5.2 : ***Charte de bonne conduite sur la gestion des plantes invasives dans la zone du Sud-Ouest de l'océan Indien*** **- 240 -**

Annexe 5.3 : ***Identification des Zones Naturelles à Enjeux Patrimoniales*** **- 245 -**

Annexe 5.4 : ***Liste des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes identifiées lors des enquêtes ethnobotaniques et sociologiques auprès des populations riveraines des villages avoisinant le mont Karthala à La Grande Comore.*** **- 246 -**

Annexe 5.5 : ***Patrons de dispersion des espèces de la végétation pionnière des coulées de lave de La Grande Comore et de La Réunion*** **- 249 -**

1 Chapitre I : Introduction générale

1.1 La problématique des invasions biologiques en milieu tropical insulaire

Les milieux insulaires constituent des écosystèmes sensibles aux invasions par les espèces exotiques du fait de leur isolement géographique par rapport aux masses continentales et la superficie réduite de ces espaces naturelles (Caujapé-Castells et al. 2010 ; Denslow 2001 ; 2003 ; Dulloo et al. 2002 ; Simberloff 1995 ; Warren et al. 2015). En plus de ces facteurs, le caractère dysharmonique des flores indigènes des îles favoriserait l'établissement des plantes exotiques en raison d'une grande disponibilité de niches écologiques vacantes (Brockie et al. 1988 ; Callaway & Walker 1997 ; Kitayama & Mueller-Dombois 1995 ; Lambdon et al. 2008 ; Shea & Chesson 2002 ; Whittaker et al. 2008). La proportion d'espèces exotiques par rapport à la flore indigène et les superficies occuppées par les espèces exotiques envahissantes sont beaucoup plus élevées dans les îles montagneuses (Daehler 2005 ; Gillespie et al. 2008 ; Kitayama & Mueller-Dumbois 1995 ; König et al. 2020 ; Sugden 1986) où la diversité des habitats est plus importante que dans les îles de faible altitude (Panistsa et al. 2006 ; Schrader et al. 2020 ; Trimanto & Hapsari 2016).

Les îles océaniques hébergent un grand nombre d'espèces exotiques (Dawson et al. 2017 ; Florens et al. 2016 ; Frenot et al. 2001 ; Kueffer et al. 2010 ; Meyer 2004). Ce nombre d'espèces exotiques est proportionnel à la superficie de l'île et à la taille de la population humaine qui s'y installe (Gaston et al. 2003 ; Ibanez et al. 2019 ; McKinney 2006). Les îles océaniques ont tendance à être massivement et fréquemment colonisées par l'Homme qui transforme les milieux naturels, introduisant de facto des espèces exotiques dont certaines deviennent envahissantes (Blache 1936 ; Blackburn et al. 2004, 2008, 2016 ; Paulay 1994). Cette mobilité anthropique est une étape cruciale de l'invasion dans ces territoires éloignés (Hess et al. 2019 ; Simberloff 1995).

Plusieurs facteurs peuvent expliquer le grand nombre d'espèces exotiques introduites en milieu insulaire. La forte dépendance avec le commerce international constitue une source de propagation d'espèces exotiques, susceptible d'accroitre les invasions biologiques dans les pays concernés (Lenzner et al. 2020 ; Seebens et al. 2015 ; Westphal et al. 2008). L'agriculture et l'urbanisation demeurent les principales activités qui favorisent l'introduction et la diffusion de plantes exotiques dans les îles (Baret et al. 2006 ; Lagabrielle et al. 2009 ; Watson et al. 2010). Le développement du tourisme dans les milieux insulaires favorise l'introduction d'espèces exotiques (Anderson et al. 2015 ; Duvat 2006 ; Russell et al. 2017 ; Shultis & Way 2009), car il génère de multiples voies d'introduction (Gaston et al. 2003 ;

Hulme 2009 ; Hulme et al. 2008 ; Mejia & Brandt 2015 ; Pergl et al. 2017 ; Toral-Granda et al. 2017). En milieu tropical et particulièrement dans les îles, les espèces exotiques sont culturellement valorisées pour diverses utilisations dont on peut noter la pharmacopée au centre de ces pratiques (Gurib-Fakim & Brendler 2004 ; Matthew et al. 2020 ; Sandilyan & Klooster 2016).

Les espèces invasives constituent de nos jours, la première cause de perte de diversité dans les îles (Elton et al. 2020 ; Sax et al. 2002 ; Sax & Gaines 2008), un phénomène qui risque de s'aggraver avec l'intensification des trafics maritimes et aériens qui sont les vecteurs d'introductions d'espèces potentiellement envahissantes dans les îles (Lezner et al. 2020). Les invasions biologiques se positionnent au centre du débat qui anime les questions de recherches en biologie de conservation. Des avancées significatives ont été publiées en termes de bilan (Chytrý et al. 2010 ; Essl et al. 2015 ; Latombe et al. 2017 ; Selge et al. 2011 ; Williamson 1999 ; Wilson et al. 2018) mais les rôles que peuvent avoir les programmes de gestion de la biodiversité sur la limitation des invasions biologiques demeurent encore peu explorés (Mačić 2018).

En matière de gestion, bien que des programmes se mettent en place pour le contrôle des espèces exotiques localement, les risques d'introduction de nouvelles espèces sont importants pour les régions insulaires les plus proches, étant donné le contexte biogéographique et socio-culturel. Ce contexte est typique de celui des îles du Sud-Ouest de l'océan Indien, lesquelles répondent à la fois aux critères de proximité géographique, de grande diversité d'habitats et de forte densité de population. Des programmes de gestion sont régulièrement lancés dans les pays de la zone océan Indien mais ne répondent pas efficacement à la demande de partage des connaissances et de mise en œuvre des actions. Il est de ce fait important de renforcer les actions entreprises en améliorant la coordination des projets relatives à la gestion des espèces exotiques à l'échelle régionale (Mauremootoo 2015 ; Russell et al. 2017).

Dans ce contexte, les lacunes dans la coordination des actions à l'échelle locale et régionale ne permettent pas de développer des projets de recherches ou de suivi sur le moyen et long termes concernant les invasions biologiques, leur prevention et leur contrôle (Bellard et al. 2016 ; Nuñez & Pauchard 2010 ; Selge et al. 2011). Cette problématique est encore plus accentuée concernant la gestion de la diversité biologique dans les petites ou grandes îles ou

les états en voie de développement (Greimler et al. 2002 ; Reaser et al. 2007 ; Russell et al. 2017).

1.2 La gestion des invasions biologiques au sein du *hotspot* de biodiversité

Dans la région occidentale de l'océan Indien (Myers et al. 2000), les invasions biologiques ont déjà fait l'objet des programmes de recherches en biologie de la conservation avec des fortes disparités entre les îles d'un même archipel et entre les archipels. Dans les îles antarctiques océaniques, des réels progrès ont été faits sur la gestion des espèces invasives en termes de contrôle et peuvent servir de modèle d'études pour l'extension des protocoles dans d'autres îles (Shaw 2013). Les programmes d'éradication de certains mammifères introduits ont été menés avec succès à Maurice dans les îlots de petite superficie (Bell 2000) et aux Seychelles (Merton et al. 2002 ; Parr et al. 2000) ; les exemples nénamoins de contrôle réussi sur les plantes invasives sont beacoup plus rares à l'échelle de la région.

1.2.1 Les petites îles du hotspot

Dans les îles de l'archipel des Mascareignes (La Réunion, Maurice et Rodrigues), il y a une forte mobilisation sur les questions relevant de la problématique des plantes exotiques envahissantes. A La Réunion, des travaux de recherches sur les plantes invasives et les niveaux d'invasions ont été engagés depuis plusieurs années et ont permis de définir les espèces préoccupantes et d'identifier les priorités de gestion à moyen et long termes (Baret et al. 2006 ; Fenouillas et al. 2021 ; Lagabrielle et al. 2009 ; Lavergne et al. 1999 ; MacDonald et al. 1991 ; Strasberg et al. 2005). Des programmes de restauration ont été mis en place sur différents sites d'intérêt écologique et fortement envahis à l'échelle de l'île. C'est le cas, par exemple, de la dernière relique de forêt semi-sèche de basse altitude où 48ha de surface totale envahie par *Hiptage benghalensis* (Malpighiaceae) ont été cartographiées (Ahmed-Abdou et al. 2017).

Les projets LIFE+ COREXERUN (2009-2015, http://www.lifecorexerun.fr/) et forêt sèche (2017-2020, https://www.foretseche.re/) ont permis de mettre en place des chantiers de lutte d'espèces exotiques envahissantes sur le site de La Grande chaloupe à La Réunion, ce qui a permis de restaurer 30 ha de milieu naturel considéré comme envahi et de reconstituer 9 ha de milieu secondarisé, afin de complèter le corridor de végétation. Les actions se poursuivent sur le site afin de proposer des choix méthodologiques simples et répétables pour le suivi des parcelles (Ahmed-Abdou et al. 2015 ; Flores et al. 2014) et d'évaluer la

dynamique de restauration tout en mettant en évidence la variabilité observée dans la mortalité et la croissance des individus plantés en fonction du choix des sites (Cuenin 2020). Il est toutefois important de noter que les actions entreprises sur l'île sont confrontées à des conflits d'intérêt entre les chercheurs, gestionnaires et producteurs locaux (agriculteurs et apiculteurs). L'exemple le plus récent et sans doute le plus marquant de l'histoire des invasions biologiques à La Réunion concerne la lutte biologique engagée contre la Vigne marrone (*Rubus alceifolius*) (Lebourgois & Baret 2003). Bien que la population de *R. alceifolius* ait été relativement bien régulée, surtout dans les habitats de basse altitude ; l'introduction et la prollifération de son agent de lutte (*Cibdela janthiana*) a suscité des problémes sociologiques à l'échelle de l'île (Cybèle 2018).

Sur l'île Maurice, un bilan portant sur les plantes exotiques envahissantes a été réalisé. Il a permis d'identifier 17 espèces de plantes ligneuses envahissantes reparties en 15 genres et 13 familles, avec *Psidium cattleyanum* comme étant l'espèce la plus problèmatique pour la conservation de la flore et des habitats natifs (Baider & Florens 2011 ; Florens et al. 2016) et des actions de lutte ont été engagées afin de restaurer les dernières reliques de la forêt tropicale humide de basse altitude (Florens et al. 2013, 2016 ; Monty et al. 2013). Des programmes similaires ont été conduits à Rodrigues, à Maurice et aux Seychelles (Florens 2013 ; Mauremootoo & Towner-Mauremootoo 2002 ; Shah 2001).

Aux Seychelles, d'importants progrès ont été faits en termes de restauration et de sensibilisation des populations dans les petites îles privatisées (Cousine, Fregate, Darros, Bird et Denis). Pour un bilan de 25 espèces de plantes exotiques éradiquées et 2500 arbres indigènes plantées, formant des peuplements forestiers de nos jours, l'ile Cousine constitue un modèle de restoration réussi à l'échelle de la région océan Indien occidentale (Samways et al. 2010 ; Shah 2001). Dans cette île, des protocoles stricts ont été adaptés pour le contrôle des espèces envahissantes et potentiellement ; les plantes cultivées sont confinées sur une partie de l'île (Samways et al. 2010). Dans le même archipel, un programme de restauration d'une cocoteraie (*Cocos nucifera*) a donné des résultats encourageants avec des plantations d'espèces indigènes tout en regulant la population de *C. nucifera* sur l'iîe d'Arros (Brandis 2012).

A l'échelle de l'archipel des Comores, très peu de travaux ont été menés en terme de conservation. Mohamed (2007) avait listé sept espèces de plantes envahissantes de la forêt du Karthala parmi celles qui sont connues comme problématiques ailleurs (*Psidium cattleyanum*,

Clidemia hirta, Tristemma mauritianum, Syzygium jambos, Heydichum flavescens et *Lantana camara*). Un chantier de lutte mécanique a été engagé sur l'ancien site d'exploitation du bois à l'époque coloniale (domaine forestier de Léon HUMBLOT sur le flanc Ouest du Karthala) suivi d'un volet restauration avec plantations d'espèces indigènes ; nous avons participé à ce projet mais par manque de suivi des actions entrepris sur le terrain, très peu d'individus ont survécus. Avant de démarrer la thèse, nous avons réalisé un état des lieux préliminaire à travers des enquêtes auprès des populations sur la perception et l'usage des plantes envahissantes (Ahmed-Abdou et al. 2016-*a*), complété par la mise en place d'un réseau de placettes permanentes autour de la forêt du Karthala (Ahmed-Abdou et al. 2016-*b*). La méthodologie etant basée sur des protocoles standards en écologie forestière et des communautés, utilisés par ailleurs dans les suivis de végétation réalisés dans d'autres îles de la région Sud-Ouest de l'océan Indien (La Réunion et Maurice). Ce travail a permis de prendre connaissance des enjeux et défis à faire face sur le terrain et de mobiliser des données en stade initial (indices de diversité, composition floristique, géolocalisation, description des sites, structure forestière, liste d'espèces par strate) pour le suivi de la végétation dans les zones pré-identifiées pour la mise en place des aires protégées terrestres à La Grande Comore (Ahmed-Abdou et al. 2016-*c*).

1.2.2 La grande île de Madagascar

A Madagascar où la déforestation se poursuit à large échelle, les espèces exotiques envahissantes figurent rarement parmi les principaux enjeux en matière de conservation (Messerli 2006). Sur la grande île, les études disponibles à ce sujet mettent surtout l'accent sur les bénéfices obtenus des plantes exotiques au plan socio-économique (Carrière & Randriambanona 2017 ; Carrière et al. 2008 ; Gérard et al. 2015), essentiellement dans la pharmacopée (Lefèvre 2009 ; Pernet & Meyer 1957). L'utilisation des plantes exotiques à Madagascar est à considerer dans l'évaluation des impacts potentiels qu'elles peuvent représenter au sein des écosystèmes (Middleton 2009). Pierre de la Bâthie (1928) avait listé sept espèces de plantes qui étaient déjà problématiques pour la gestion de la biodiversité sur le territoire malgache (*Opuntia vulgaris, Lantana camara, Mimosa pudica, Acanthospermum hispidum, Clidemia hirta, Erigeron albidus* et *Eichornia natans*). De nos jours, ce chiffre s'élève à près d'une dizaine de plantes ligneuses envahissantes à Madagascar (Binggeli 2003). Une évaluation globale des impacts environnementaux et socio-économiques des plantes invasives à Madagascar s'avère nécessaire. Les récentes publications assument

que les plantes exotiques peuvent avoir une variété d'impacts selon la perception à différents niveaux des populations et qu'aucune plante introduite n'a encore été liée à l'extinction d'une plante indigène à Madagascar (Kull et al. 2014 , 2012).

1.2.3 Les enjeux de conservation dans la région

L'océan Indien occidental peut être assimilé à un point d'ancrage des flores continentales éloignées, lesquelles présentent une très forte abondance et diversité de propagules arrivant sur ces territoires isolés. Le contexte d'insularité et la particularité de ces îles à abriter des espèces et habitats d'enjeux patrimoniales font de l'océan Indien une priorité internationale en terme de conservation de la biodiversité. Compte tenu des enjeux écologiques et socio-économiques qui relient les pays de la zone, il est donc nécessaire de mettre en place une plateforme régionale dédiée au partage des connaissances sur les outils d'aide à la décision pour le contrôle des introductions et de la propagation des plantes exotiques envahissantes à l'échelle de la région, notamment en ce qui concerne les petites îles.

Ces dernières années, un programme de coopération a vu le jour au sein du réseau régional de protection des végétaux afin d'améliorer le partage des connaissances sur la biosécurité dans l'océan Indien (EPI-BIO-OI), notamment sur les plantes invasives à travers son axe 1 ; « *Politique, cadre légaux et institutionnels appliqués aux espèces invasives* ». Le manque de connaissances sur la distribution des espèces exotiques au sein de l'archipel des Comores constitue un obstacle pour l'efficacités des actions de collaboration entre les pays de l'océan Indien. Contrairement aux autres pays de la région, il n'existe pas encore de stratégie nationale lutte des espèces exotiques et malgré la promulgation de la loi N°06010/AU portant protection des végétaux en Union des Comores, la réglementation phytosanitaire relative aux importations et aux exportations d'espèces ne sont pas appliquées.

On se propose donc à travers cette thèse, d'apporter pour les Comores, des éléments de connaissances relatives aux invasions des habitats par les plantes exotiques et de produire des listes d'espèces prioritaires pour la gestion. Nous proposons donc une analyse à plusieurs niveaux :

Dans le Chapitre I, après avoir introduit le sujet de recherche par une brève contextualisation de la problématique des invasions biologiques en milieu tropical insulaire, nous abordons l'état des lieux sur les enjeux et les préoccupations concernant les invasions biologiques dans la région Sud-Ouest de l'océan Indien. Nous passons en revue l'état des

connaissances sur les Comores en mettant en exergue le besoin urgent d'intervenir dans cet archipel peu connu par la communauté internationale.

Dans le Chapitre II nous étudions les similarités floristiques par rapport à la composition en espèces exotiques dans les îles Sud-Ouest de l'océan Indien tout en apportant une mise à jour de la base de données régionale par la liste des plantes exotiques de l'archipel des Comores. En apportant la liste des Comores, nous réalisons par la suite un bilan sur les plantes exotiques envahissantes à l'échelle de sa région biogéographique. Cette analyse permet de produire une liste d'espèces prioritaires pour les contrôles aux frontières.

Dans le Chapitre III nous établissons un bilan sur l'invasion des habitats par les espèces exotiques à La Grande Comore en relation avec l'occupation du sol et l'altitude. En effet, les dernières reliques de végétation les mieux conservées à l'échelle de l'archipel subsistent sur les pentes des massifs du Karthala et de La Grille, raison pour laquelle nous avons ciblé La Grande Comore pour réaliser cette étude. C'est seulement dans cette île où nous disposons des placettes permanentes qui pourront servir à termes aux prochaines étapes de suivi des invasions biologiques aux Comores (Ahmed-Abdou et al. 20016-*b*).

Dans le Chapitre IV nous étudions la végétation pionnières des coulées de lave de La Réunion et La Grande Comore des points de vue structure et composition floristique. Nous essayons de comprendre par la suite, les facteurs qui influencent la dynamique d'invasion sur ces jeunes coulées. Enfin nous adoptons une analyse comparative afin de détecter les particularités des points de vue structure et composition floristique entre les sites et entre les îles.

Dans le Chapitre V, nous discutons des résultats en exploitant les données produites dans le cadre de cette thèse et proposons des perspectives de recherches et d'actions pour la conservation des habitats dans l'archipel des Comores.

1.3 L'archipel des Comores dans sa région biogéographique

Les Comores constituent un archipel d'âge géologique ancien mais dont la genèse se poursuit puisqu'on assiste de nos jours à l'émergence d'une nouvelle île sous l'édifice d'un volcan sous-marin à proximité de Mayotte. De ce fait, l'archipel des Comores peut être vu comme un laboratoire model pour l'étude des grandes théories de la biogéographie insulaire en plus de sa

grande diversité en microclimats. Les travaux historiques sur la géographie et sur la géomorphologie des Comores affirment que l'archipel, à l'abri de Madagascar, est baigné dans les vents du Nord-Nord-Est à Nord-Nord-Ouest à l'origine des fortes précipitations qui varient selon l'orientation et de l'altitude des régions de chaque ile (Battistini 1967 ; Battistini & Vérin 1984). Les Comores constituent une micronésie aux micro-régions et sont aussi le royaume des microclimats (De Maximy 1968).

1.3.1 La situation géographique

L'archipel des Comores est un ensemble de quatre îles situées à 350 kilomètres de Madagascar et à 430 kilomètres de l'Afrique et à l'entrée Nord du Canal du Mozambique (Figure 1). Cet archipel comprend également une soixantaine d'îlots repartis pour moitié entre le Nord de La Grande Comore et le Sud de Mohéli et pour l'autre moitié dans le lagon de Mayotte (De Maximy 1968). Dans sa zone géographique, l'archipel des Comores se distingue à la fois par la discontinuité de ses masses émergées et sa proximité avec les masses continentales que constituent Madagascar et l'Afique continentale, constituant ainsi une micro-région originale dans le bassin de l'océan Indien. D'un point de vue géodynamique, les Comores se localisent à l'endroit où se trouve la lithosphère océanique la plus ancienne de l'océan Indien (Guennoc et al. 2011), offrant l'opportunité de soulever des questions de biogéographie, d'origine de faune et de flore à l'échelle régionale en relation avec les données géologiques récentes.

1.3.2 Les caractéristiques géophysiques

Les Comores sont des îles volcaniques océaniques émergées il y a environ 10 millions d'années (Emerick & Duncan 1982 ; Hajash & Armstrong 1972 ; Michon 2016). Au sein de l'archipel, Mayotte étant la plus ancienne [10 Ma] suivie de Mohéli [3,4 Ma], d'Anjouan [1,5Ma] et enfin de La Grande Comore [130 000 ans]. Avec 223 618 ha de surfaces totales émergées (Grande Comore : 114 782 ha ; Anjouan : 42 432 ha, Mayotte : 37 423 ha et Mohéli : 29 044 ha), l'archipel des Comores couvre une superficie légèrement inférieure à celle de l'île de La Réunion (251 200ha) par comparaison aux autres territoires de l'océan Indien (Isnard 1953). De par les édifices émergés dans le Nord-Est du Canal de Mozambique (Glorieuses, Geyser, Zélée, Leven, Cordelière), les Comores peuvent être vues comme un front de séparation entre le bassin des Comores et le bassin de Somalie. Ces édifices pourraient néanmoins servir de relais pour la dispersion des groupes taxonomiques à partir des

régions biogéographiques plus éloignées ; un patron de dispersion typique des chaînes d'iles issues de volcanisme de point a été proposé (Borregaard et al. 2017 ; Warren et al. 2010).

En ce qui concerne l'identité du volcanisme à l'origine de l'archipel des Comores, l'hypothèse du point chaud classique Seychelles/Madagascar/Mayotte/Grande Comore est largement répandue mais souvent contestée en raison du manque de connaissances approfondies à ce sujet (Nougier et al. 1986). Des travaux récents tendent vers le rejet de cette dernière pour émettre l'hypothèse d'une diffusion de magma de direction Est-Ouest depuis la frontière Nord des plaques Somalie et Lwandle, résultant d'un mouvement tectonique (Famin et al. 2020). Ces émissions de lave, de direction Est-Ouest auraient conduit à l'édification progressive des îles Comores par le biais des mouvement tectoniques lors de la dérive de Madagascar par rapport au continent africain (Maugé et al. 1982 ; Nougier et al. 1986). On peut donc résumer que le volcanisme des Comores se caractérise par une combinaison de mouvements tectoniques, entre les plaques africaine et somalienne (Nassor 2001).

Dans le contexte local, le Karthala à La Grande Comore est le seul volcan encore actif et à la fois le point le plus culminant de l'archipel (2361 m). Au niveau régional, La Grande Comore et La Réunion sont les seules à disposer des volcans en activité, bien que des particularités géologiques et géomorphologiques démarquent l'identité de chaque île. Les investigations réalisées à titre comparatif dans la région ont montré que le Karthala et la Fournaise sont deux volcans boucliers de type hawaïen, se distinguant par l'origine des mouvements tectoniques et la fréquence des éruptions (Bachelery et al. 2015 ; Nassor 2001).

Il existe peu de données remontant dans le temps les événements éruptifs du Karthala (Bachelery & Coudray 1993) mais ces dernières années, des activités phréato-magmatiques ont été enregistrées sans remontée de lave en surface (lac de lave apparu au fond du cratère en 2005 et propulsion de cendres recouvrant la végétation sur toute l'île en 2007) (Bachèlery et al. 2016). La dernière éruption magmatique enregistrée date de 1977 (Annexe 1.1) alors que la Fournaise entre en activité tous les 18 mois en moyenne avec un cycle d'éruptions pouvant s'étendre entre 3 à 10 mois (Peltier et al. 2009). Dans les deux systèmes, ces édifices volcaniques en activité permettent de retenir encore des reliques de végétation relativement préservées sur les pentes des massifs forestiers.

Figure 1.1 : Localisation du hotspot de biodiversité de Madagascar et des îles de l'océan Indien

L'archipel des Comores constitue un carrefour de trajectoires des mouvements météorologiques de la zone, impliquant l'anticyclone des Mascareignes d'une part et l'air équatorial du continent d'autre part. Ce contexte est à l'origine d'une saisonnalité particulière sur les Comores, impliquant la cristallisation des Moussons et des Alizées, ce qui engendre l'établissement d'une diversité de micro-climats dans les micro-régions de l'archipel des Comores (De Maximy 1968). En plus de l'opposition des versants *au vent* et *sous le vent* à l'échelle inter-îles, l'effet du gradient altitudinal et de l'escarpement du relief conditionnent des régimes climatiques, ce qui influence la diversification des habitats au sein de l'archipel.

1.3.3 L'influence des facteurs climatiques sur les régimes pluviomètriques

La position géographique de l'archipel des Comores confère à ses îles des conditions climatiques très contrastées en raison de la discontinuité de son relief et de sa situation par rapport à la zone de convergence intertropicale (ZCIT), entre l'équateur et le tropique du capricorne. Cette situation permet aux Comores de bénéficier d'importantes précipitations lors du passage des vents humides dans l'hémisphère sud de la zone de convergence intertropicale et dans l'Ouest de Madagascar (Legris 1969). Au sein de l'archipel, les précipitations moyennes varient entre 1500 et 6000 mm par an, avec des légers décalages selon les profils géomorphologiques et l'exposition des côtes par rapport aux vents (De Maximy 1968).

L'archipel des Comores est sous l'influence de deux principales saisons : Les moussons pendant **l'été austral** et les alizées pendant **l'hiver austral**. Les moussons sont les vents soufflant du Nord-Ouest vers le sud appelées « *kashkazi* », marquant la saison chaude et humide. Cette période s'étend entre décembre et mars et se caractérise par d'importantes dépressions météorologiques qui s'accompagnent souvent par des fortes précipitations et des orages. Des événements cycloniques peuvent se produire en conséquence mais la plus récente et probablement la plus dévastatrice à l'échelle de l'archipel a lieu dans la nuit du 23 au 24 avril 2019. Après plusieurs dizaines d'années sans fortes perturbations météorologiques contrairement aux autres îles de l'océan Indien, les Comores semblaient être épargnées par les dépressions cycloniques. Le passage du cyclone Kenneth hors saison est une forme d'expression de décalage des saisons et probablement un futur changement dans les trajectoires des vents.

Les alizées de direction Sud-Est, proviennent des régions tempérées de l'hémisphère sud et peuvent se caractériser par des épisodes de sécheresse notamment sur la **côte au vent**. Cette période s'étend entre juin et septembre et se démarque par un climat relativement frais, localement appelé « *kussi* ». En conséquence de cette saisonnalité, la **côte au vent** qui est directement exposée aux moussons se caractérise par l'extension des dernières reliques de végétation relativement plus denses à l'échelle des Comores.

L'influence de la ZCIT est non seulement visible à l'échelle de la région mais aussi au sein de l'archipel des Comores. Entre avril et mai, l'archipel connaît les dernières phases du mauvais temps du fait du déplacement de la ZCIT vers le Nord de l'océan Indien. Les Comores sont sous l'effet d'une brève saison relativement plus chaude et humide appelée « *matulay* ». Entre octobre et novembre, le climat se caractérise par des faibles variations de

températures annuelles par l'effet de l'apparition de la ZCIT dans la région au sud de l'équateur. Cette phase s'interpose entre octobre et novembre et marque une courte saison relativement plus fraîche appelée « *myombeni* ». Cette variabilité d'inter-saisonnalité au sein des Comores est conditionnée par le passage de la ZCIT dans la région. Ces oscillations météorologiques agissent en conséquence sur la diversification des paysages naturelles aux Comores.

Les Comores occupent une position géographique particulière dans l'océan Indien, leurs permettant de bénéficier d'apports d'humidité provenant de trois courants saisonniers principaux : la mousson de décembre à mai, la pseudo-mousson de mai à août et l'alizée pendant le reste de l'année (Legris 1969). Cet archipel d'îles orientales d'Afrique présente une structure topographique à relief escarpé, imposant des régimes pluviométriques à distribution irrégulière et reparties sur toute l'année. A l'instar d'autres pays d'Afrique (Kouassi et al. 2010), cette variabilité spatio-temporelle des précipitations sous l'influence de la température de l'air et de l'humidité relative, contribue à la diversification des paysages au sein de l'archipel des Comores (De Maximy 1968). Ces deux facteurs sont très imposants à La Grande Comore en raison du gradient d'élévation de l'île, se traduisant par l'extension de la plaque dorsale (le plateau de *dibwani*) qui relie les massifs du Karthala et de La Grille. A l'instar de La Réunion (Cadet 1977), l'absence d'une véritable saison sèche à La Grande Comore procure des avantages écologiques pour la diversification de la flore et des habitats.

1.3.4 L'état de connaissances de la flore et des habitats

Les premiers travaux sur la flore des Comores ont été conduits par Voeltskow (1917) qui publia une liste de 935 espèces de plantes vasculaires dont 416 indigènes, 136 endémiques et 383 exotiques. Adjanohun et al. (1982) estima la flore des Comores à près de 2000 espèces mais seulement 500 taxons ont pu être identifiés lors de sa mission, repartis en 106 familles et 350 genres. Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) de Paris qui dispose de la plus grande base de données, compte aujourd'hui près de 1086 espèces indigènes de plantes décrites dont les Rubiacées constituent la famille la plus diversifiée parmi les 106 familles identifiées (Keith et al. 2006). La question relevant de la problématique des espèces exotiques envahissantes n'a pas encore été abordée sur le territoire de l'Union des Comores. Bien que ce soit la première cause de perte de diversité dans les îles à l'échelle mondiale, les travaux ultérieurs ont plutôt été orientés vers les inventaires floristiques traditionnels et une liste des

plantes ligneuses à dire d'experts a été publiée, restant la seule référence disponible (Vos 2004).

La végétation des Comores telle qu'on la connait de nos jours est en partie le résultat de plus d'une dizaine de siècles de déforestation, ayant conduit à la disparition de plusieurs milliers d'hectares des forêts naturelles. Sur l'ensemble des quatre îles, on déplore une perte spectaculaire des dernières reliques de végétation de basse et moyenne altitudes. A basse altitude, la quasi-totalité des habitats a été transformée et remplacée par des plantations d'espèces exotiques, notamment de cocoteraies et d'arbres fruitiers. La déforestation aurait pris une ampleur considérable au 18e siècle sous l'époque coloniale mais il est évident que les pratiques paysannes ont laissé un peu partout une part de l'empreinte d'activité de déboisement pour l'agriculture vivrière (Battistini & Vérin 1984).

Dans sa région biogéographique, l'archipel des Comores fait face à une pression démographique qui augmente au rythme de 2,4% de cette superficie par an, un taux largement plus important comparé à celui de La Réunion (0,23%) (UNO 2020). Pour une population majoritairement rurale malgré le taux d'alphabétisation (78%), l'exploitation incontrôlable des ressources forestières se poursuit au rythme de la croissance démographique sur l'ensemble des Comores. Alors que les îles Comores devraient être couvertes par la végétation sur l'ensemble du territoire, Gevrey (1870) avait constaté que la forêt native occupait seulement un sixième de son extension originelle à l'échelle de l'archipel.

Néanmoins, il convient de noter les particularités inter-îles par rapport à la dynamique d'occupation du sol et l'exploitation des ressources forestières (Boussougou et al. 2015). Sur l'île d'Anjouan, toutes les forêts ont été complètement anthropisées jusqu'aux sommets des montagnes (UNEP 2002). Pour près de 1070 ha de forêt naturelle et 92 ha de reboisement, Mohéli reste l'île la plus arborée de l'archipel des Comores (UNEP 2002) et est désormais classée en réserve biosphère mondiale (https://fr.unesco.org/news/25-sites-rejoignent-reseau-mondial-reserves-biosphere-lunesco). En raison du gradient d'altitude de La Grande Comore comparé aux autres îles sœurs, le Karthala et La Grille conservent les dernières reliques de végétation plus ou moins intactes, en moyenne et haute altitude à l'échelle de l'archipel des Comores. Ces deux blocs volcaniques retiennent de nos jours près de 8658 ha de forêt naturelle et 350 ha de reboisement (UNEP 2002) mais nous soulignons que ces estimations doivent être prises avec modération compte tenu des modes d'occupation du sol qui s'observent au niveau de ces massifs forestiers.

Des programmes de plantations ont été mis en place dans les années 1840 afin de résoudre aux problèmes agro-alimentaires au sein de l'archipel des Comores (Fontaine 1995). Coordonnées par la société coloniale française, les premières plantations de canne à sucre (*Saccharum officinarum*, Poaceae) ont été réalisées à Mayotte et à Mohéli en 1843 (Shephred 1980). En 1887, l'implantation de la SAGC reprend le contrôle du programme pour redynamiser les plantations des cocotiers (*Cocos nucifera*, Arecaceae) et d'autres cultures de rente telles que les cacaoyers (*Theobroma cacao*, Malvaceae) et girofliers (*Syzygium aromaticum*, Myrtaceae) (Cocoual 2016 ; Kral 2014).

1.3.5 L'historique du peuplement humain en relation avec l'occupation du sol

L'archipel des Comores a connu une occupation humaine très ancienne, promue par sa position géostratégique dans l'océan Indien (Said-Ahmed 2015). Les premières traces de migrations humaines remontent entre le 6 et 7e siècle (Ibouroi 2014) certainement en compagnie d'une diversité d'espèces d'animaux et de plantes à domestiquer pour les besoins de commodité. Peu d'informations sont disponibles sur la chronologie de l'occupation humaine mais il est évident que les arabes ont été les découvreurs de ces îles et y ont donné comme nom « *Djbeb El-Comor* » (Gevrey 1870).

En ce qui concerne l'introduction d'espèces, tout commence entre le 12e et la fin du 13e siècle, lorsque des navigateurs arabes en direction de Madagascar traversent les côtes de l'archipel des Comores, en provenance de la Perse, de l'Arabie Saoudite et de la Mer rouge (Sellström 2015). Les arabes de la zone méridionale, pratiquant la marchandise des plantes entre la Mésopotamie, l'Europe et l'Afrique ont pu conquérir l'océan Indien et maintenir le monopole de ce commerce dans la zone (Fuller & Boivin 2009 ; Hourani & Carswell 1995 ; Ottino 1974). Les arabes avaient déjà l'habitude de se rendre sur la grande île de Madagascar en apportant des marchandises diversifiées, notamment des plantes exotiques d'intérêt socio-économique (Aubaile-Sellenave 2014 ; Lewis 1976). Parmi ces variétés exotiques, s'y trouvaient des essences à parfums, composées essentiellement de l'encens (*Boswellia sacra*, Burseraceae), du bois de santal (*Santalum album*, Santalaceae), de la myrrhe (*Commiphora myrrha*, Burseraceae), originaires du Yémen, de l'Egypte, de l'Oman, des Émirats-Arabes-Unis et du Golfe Persique (Lewis 1976 ; Ottino 1974). Ces plantes semblent avoir été transportées à l'état transformé afin de supporter de si longs trajets sans perdre les propriétés

organoleptiques d'où l'absence de ces groupes taxonomiques dans les îles Sud-Ouest de l'océan Indien.

Une autre vague d'introduction étant constituée d'espèces de plantes à épices ou à parfum telles que le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), la muscade (*Myristica fragrans*, Myristicaceae), le poivre (*Piper nigrum*, Piperaceae), la cardamone (*Elettaria cardamomum*, Zingibéraceae) et le gingembre (*Zingiber officinale*, Zingibéraceae), la cannelle (*Cinnamomum verum*) et le camphre (*C. camphora*, Lauraceae), tous présents aux Comores et dans d'autres îles de l'océan Indien. Ces plantes à épices sont plutôt originaires de l'Inde, de l'Indonésie et de l'Asie du Sud (Lewis 1976). Il y a des fortes chances que ces épices aient été livrées à partir de la matière première et des graines. Leur habitat ou leur région de culture sont clairement tropicales, tropicales humides d'où leur fréquence parmi la flore exotique des Comores et d'autres îles de la région. Par ailleurs, les pratiques paysannes qui s'observent au sein de l'archipel des Comores permettent de valider cette hypothèse d'introduction d'espèces à partir du trio Indonésie-Inde-Malaisie à travers Madagascar. En effet, la culture vivrière principalement constituée de bananier (*Musa* x *paradisiaca*, Musaceae), cocotier (*Cocos nucifera*), taro (*Colocasia esculenta*, Araceae), igname (*Discorea alata*, Discoreaceae) et riz (*Oryza sativa*, Poaceae), étant la base de production primaire à Madagascar et aux Comores est une preuve irréfutable d'une occupation austronésienne dans ces îles (Beaujard 2012 ; Ottino 1974 ; Said-Ahmed 2015).

Les migrations européennes au sein de l'archipel des Comores ne remontent pas de très loin. Les navigateurs portugais ont été les premiers peuples en provenance de l'Europe à séjourner aux Comores entre le 16e et le 17e siècle mais ils ne sont pas restés longtemps dans les îles (Allibert 2015 ; Gevrey 1870 ; Ottino 1974 ; Sellström 2015). Il n'y a cependant aucune information disponible par rapport à la nature de leurs expéditions en lien avec la biogéographie des plantes exotiques.

L'occupation française fut marquée par l'introduction des cultures de rente à partir du 19e siècle via Madagascar comme centre administratif de la colonie (Bory 1904 ; Sanchez 2009). Cette période va marquer le début du développement de la monoculture aux Comores à travers des accords de concession des terres avec des planteurs réunionnais (Allibert 2015 ; Barbey 2009 ; Delorme 1973). Léon HUMBLOT, initialement envoyé comme botaniste par le MNHN, a permis à la France de prendre le contrôle des îles Comores et de développer par la suite la culture des plantes exotiques (Kral 2014). Les premiers essais concernent les plantes ornementales telles que l'ylang-ylang (*Cananga odorata*, Annonaceae), la vanille (*Vanilla*

planifolia, Orchidaceae), le girofle (*Syzygium aromaticum*) et la cannelle (*Cinnamomum verum*) (Cocoual 2016).

Pour attirer les colons, l'administration française aurait diffusé des articles invitant les sociétés possédant du capital de venir investir à Madagascar et aux Comores, ce qui a permis de renforcer les introductions d'autres espèces notamment le café (*Coffea liberica*, Rubiaceae), le cacao (*Theobroma cacao*), le ricin (*Ricinus communis*, Euphorbiaceae), le pignon d'Inde (*Jatropha curcas*, Euphorbiaceae), le caoutchouc (*Ficus elastica*, Moraceae), l'indigo (*Indigofera tinctoria*, Fabaceae), le tabac (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae) et l'aloès (*Aloe vera*, Asphodelaceae) (Bory 1904).

Les affinités de la flore des Comores avec l'Afrique de l'Est ne se limitent pas aux taxons indigènes arrivants naturellement dans les îles sans l'intermédiaire de l'Homme. Le trafic de marchandises de produits d'approvisionnement en grains, fruits et légumes impliquait non seulement la mer Rouge et le Golfe Persique mais aussi la côte est-africaine à travers Pemba et Zanzibar (Lewis 1976 ; Pollard & Kinyera 2017 ; Wright 1984).

Un premier bilan d'espèces introduites aux Comores fut réalisé par Gevrey (1870), mentionnant près d'une soixantaine de plantes exotiques cultivées au sein de l'archipel et plusieurs espèces cultivées d'introductions douteuses (Annexe 1.2). L'auteur souligne néanmoins un problème de détermination pour certains groupes taxonomiques dont il a dû exclure de ses relevés. Cette liste non exhaustive contient la plupart des espèces envahissantes de nos jours et permet toutefois de comprendre l'origine de certains taxons la flore non native de l'archipel des Comores.

On ne peut en aucun cas séparer l'historique de l'occupation humaine des Comores avec celles des autres îles de la zone. Ces pays partagent beaucoup de similarités, notamment par rapport à la flore introduite. Compte tenu de l'identité culturelle des Comores et de Madagascar avec les autres pays de l'océan Indien, l'efficacité des programmes communs de gestion de la biodiversité nécessitent une réelle collaboration, vu le schéma chronologique appuyant leurs affinités floristiques (Ottino 1974), génétiques (Msaidie et al. 2011) et socio-culturelles (Beaujard 2007).

1.4 Apercu des questions de recherches

Les îles océaniques volcaniques constituent des laboratoires naturels pour l'étude de la biogéographie insulaire. Ces territoires représentent une priorité de conservation à l'échelle mondiale du fait des grands enjeux écologiques qui s'y trouvent, en termes de diversité de la

flore, de la faune et des habitats. En milieu tropical, les îles ont la particularité d'être confrontées à des situations climatiques et océaniques contrastées du fait des mouvements liés à la circulation des moussons dans la ZCIT, contribuant à la diversification des micro-climats à l'échelle des habitats. Ces micro-climats favorisent l'établissement des propagules de divers groupes taxonomiques dans les îles que ce soit naturellement ou par médiation humaine (Hoffmann & Courchamp 2016). Il est toutefois incontestable que dans la plupart des cas, la conquête de ces milieux insulaires par l'Homme a contribué à l'augmentation en nombre et en diversité d'espèces de plantes exotiques dont nombreux sont devenues envahissantes (Kowarik 2003 ; Ööpik et al. 2008 ; Rotherham & Lambert 2011).

Un bilan général dans les iles océaniques a été adressé sur les plantes invasives, mettant en avant l'influence des facteurs propres à l'insularité (surface, isolation, diversité de la flore et des habitats), la pression des propagules ainsi que l'implication humaine comme facteurs externes (Kueffer et al. 2010). Ce bilan a permis de disposer d'un état des lieux mais surtout d'une comparaison en termes d'invasions par les plantes introduites. Dans le cadre de cette thèse, nous passons en revue de l'état des connaissances sur les invasions biologiques dans l'océan Indien pour mettre en avant le manque de données au sein de l'archipel des Comores.

Dans sa région biogéographique, l'archipel des Comores constitue le parent pauvre en termes de connaissances sur la biodiversité en générale et plus particulièrement sur les problématiques liées aux espèces exotiques et les niveaux d'invasion des habitats. Cet archipel a la particularité de maintenir des activités volcaniques en plein cœur du Canal de Mozambique, constituant de ce fait un laboratoire modèle pour l'innovation des processus écologiques par l'expérimentation des nouvelles théories de la biogéographie insulaire. D'un côté, l'archipel est une sorte de micro-région où la genèse des édifices volcaniques se poursuit, avec probablement l'apparition d'une 5ème île à côté de Mayotte et de l'autre côté, il s'agit d'une zone très peu documentée dans le « Trapèze des Mascareignes » comparé aux autres îles de l'océan Indien. Nous avons fait le choix d'utiliser une approche comparative afin de mettre en exergue les particularités inter-îles et inter-archipels à travers les Comores et les Mascareignes. Les similarités qui s'observent entre les genres et les espèces de ces territoires permettent de retracer les affinités des patrons de diversité pouvant se traduire par l'histoire coloniale des îles du Sud-Ouest de l'océan Indien.

2 Chapitre II : Bilan des invasions par les espèces de plantes exotiques dans les îles Sud-Ouest de l'océan Indien

Invasive alien plants in islands of the western Indian Ocean

Anziz Ahmed-Abdou[a]*, Nicolas Juillet[a], Karine Payet[a], Hamza Abdou-Azali, H Tsiory Andrianantoandro, Chantal Andrianarivo, Isabelle Bracco, Edward Bridge, Lise Chambrin, Bruno Debenay, Fréderic Fontaine, Anne Guezou, Elvina Henriette, Florent Ingrassia, Christophe Lavergne, Agnes Lusweti, Abdillahi Maoulida Mohamed, Saholy Rambinintsaotra, Loïc Peyen, Bernard Reynaud, Coralie Roman, Antoine Rouillé, Marc Salamolard, Caroline Tramier, Julien Triolo, Alan Tye, Terence Valentin, Emily Wabuyele, Thierry Weber, Ross Winters-Nicholl, Dominique Strasberg[a] and Mathieu Rouget[b]

[a]*UMR PVBMT, University of La Reunion, France*

[b]*CIRAD, UMR PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Reunion, France*

Les iles du Sud-Ouest de l'océan Indien sont remarquables pour leur niveau d'endémisme élevé et la plupart d'entre elles font partie du *hotspot* de biodiversité de l'océan Indien. Certaines de ces îles font également partie des îles les plus touchées par les invasions d'espèces exotiques. Pourtant, les connaissances sur les espèces des plantes envahissantes dans la zone n'ont jamais été compilées à l'échelle régionale et sont de nos jours disparates, empêchant de ce fait l'engagement des actions de conservation avec les îles voisines. Dans cette étude, nous avons identifié les plantes exotiques envahissantes des habitats naturels et semi-naturels des îles ou archipels qui font partie du *hotspot* de biodiversité susmentionné, y compris les Seychelles et les îles antarctiques françaises. Nous avons compilé les noms d'espèces à partir des listes de plantes exotiques envahissantes officielles des territoires respectifs et créé une liste régionale unique où nous avons harmonisé les statuts et les noms scientifiques. Nous avons identifié 410 espèces de plantes qui sont envahissantes dans au moins une île. Nous avons classé le nombre suivant d'espèces envahissantes (par ordre décroissant) : La Réunion (129), Union des Comores (111), Madagascar (105), Maurice (95), Seychelles (67), îles Eparses (26), Mayotte et Rodrigues (21), respectivement. Elles représentent 100 familles taxonomiques mais près d'un tiers (31%) des espèces envahissantes sont issues de seulement trois familles (Leguminosae, Poaceae et Compositae). De fortes dissimilarités dans la flore exotique envahissante ont été observées entre les archipels et les îles, mais l'Union des Comores, Madagascar et la Réunion constituent un groupe commun, partageant 32 espèces exotiques envahissantes. La durabilité du programme EPIBIO-OI nécessite une collaboration active des experts nationaux de la région de l'océan Indien.

2.1 Introduction

Invasive alien species are a major concern for the conservation of insular biodiversity (Donlan & Wilcox 2008 ; MacDonald 1992 ; MacDonald & Cooper 1995). The south-western islands of the Indian Ocean are outstanding for their high level of endemism, characterised by the Madagascar and the Indian Ocean Islands Biodiversity Hotspot (Myers et al. 2000). Some of these islands are also among the islands in the world, which are the most acutely impacted by alien species invasions (Walsh et al. 2012). In response, there have been many preventive and control measures. However, most control measures are restricted to one island and very few measures cut across geographical or political boundaries (Baret et al. 2013). Given the increase in human and commercial exchanges between these islands, it becomes necessary to develop regional strategies and control measures to deal with the spread of invasive species. Yet, knowledge on invasive species between islands of the region remain heterogeneous and scattered and has never been combined on a regional scale (Baider et al. 2010).

The Indian Ocean territories present significant challenges for sustainable development given the geographical, climatic and economic context that links them together (Bigot et al. 2019 ; Camoin et al. 2004 ; Motte et al. 2018). The archipelagos of Mascarene and Seychelles in particular, share a similar socio-cultural heritage due to their colonial history (Bertile 2013 ; Lejeune & Lejeune-Resnick 1998). Although connected for many years with Madagascar under French occupation, the Comoros differs from this archipelago in several socio-economic and cultural standpoints (De Lacombe 1840). In Comoros, agriculture is a major economic sector nevertheless the country strongly relies on food imports from the regional and global market (Alpers 2001). The unique geographic situation of the Comoros archipelago connecting Africa and western Indian Ocean makes it a natural way for trade activities and de facto increases the risk of introduction of alien invasive species. Detecting and surveying invasive plants in the Comoros is a key issue for the control of invasive species distribution at the local and regional scale.

Many studies of biological invasion by alien plants have been carried out in the different nations of the Indian Ocean region but this knowledge has never been compiled despite the existing framework agreements. The WIONIS network (http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/WIONIS/WIONIS-le-reseau) has been set up as a platform to exchange on the detection and dynamics of biological invasions in this biogeographical region. However, there is a lack of information about management strategies and expertise tends to be generic rather that specific to island or archipelago.

EpiBio-OI (Epidemio-surveillance and Biocontrol in the South-West Indian Ocean region) is a regional cooperation programme that aims at improving terrestrial biodiversity conservation in the Indian Ocean region while contributing to strengthening food security in the face of climate change. The programme also aims at improving regional cooperation on managing invasive plants by creating a common pool of knowledge, one of its tasks being the coordination of invasive species listing and invasion management strategies. Here, we present the first assessment of the status of invasive plants species in the region and highlight areas for future management.

Specifically, we aimed to (i) identify the main taxonomic groups of invasive alien plants in at least one island of the south-western Indian Ocean region (ii), to compare their distribution at archipelago and island levels and to (iii) detect the similarities of alien flora among the territories (*i.e.* nations with same geographical and administrative system) of south-western Indian Ocean.

2.2 Methods

2.2.1 Study area

The study area comprises six archipelagos of the south-western Indian Ocean that collectively comprise 16 "territories" (Figure 2.1). By territory, we mean one island or a set of islands under the same administrative governance. The six archipelagos are Comoros (Union of Comoros and Mayotte); Madagascar; the Mascarene Islands (Mauritius, Rodrigues and Reunion); the Scattered Islands (Europa, Glorieuses, Juan de Nova and Tromelin); the Seychelles; and the Southern Islands (Heard Island and McDonald Islands, Prince Edward Islands, and Amsterdam, Crozet and Kerguelen). Regarding the governance of the sixteen territories, Mayotte and Reunion are both overseas French departments. The Scattered Islands and the Southern and Antarctic Lands (Amsterdam, Crozet and Kerguelen) are also French, while Heard Island and McDonald Islands, and Prince Edward Islands are respectively Australian and South African territories. Rodrigues is a constituency of the Republic of Mauritius but is mostly autonomous since 2001. The other territories – the Union of Comoros, Madagascar, Mauritius and Seychelles – are independent nations. We included the Southern islands because three of them are managed from Reunion Island and share many trade routes with Reunion Island and other territories in the region.

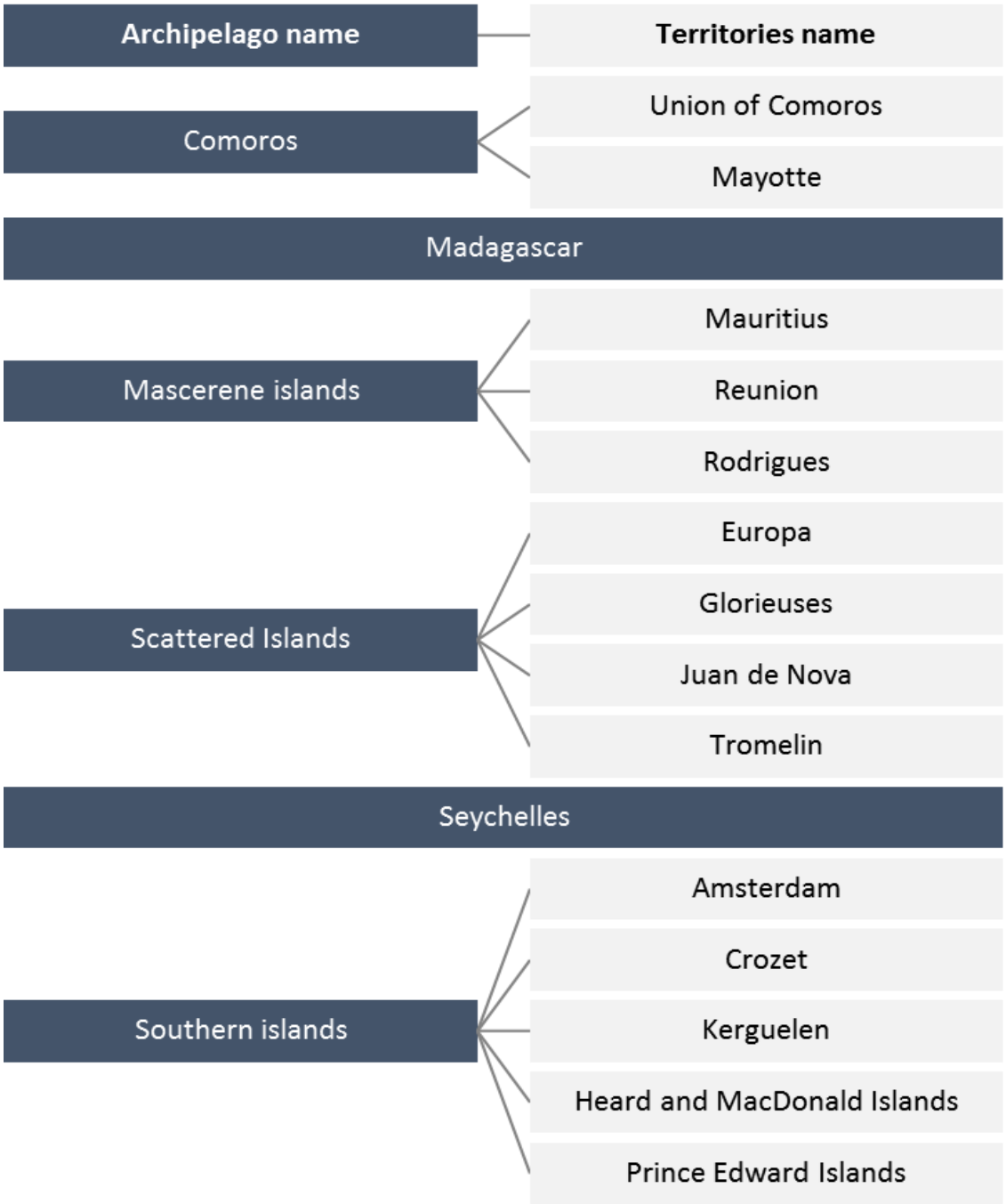


Figure 2.1: Hierarchical classification of the six archipelago and the 16 territories

All of these territories except from the Southern Islands form one of the 36 biodiversity hotspots: the "Madagascar and the Indian Ocean Islands" hotspot (Myers et al. 2000). Biodiversity hotspots are among the most biologically rich but also most threatened areas on Earth (Leclerc et al. 2018 ; Romeiras et al. 2016 ; Tershy et al. 2015). Some of these territories have experienced a drastic collapse in local endemism (Baret et al. 2013 ; Raxworthy et al. 2008), in particular, Mayotte and Mauritius (Adriaensen et al. 2001 ; Monty

et al. 2013). Others, like Madagascar and Reunion, have retained a high level of endemism (Cadet 1977 ; Callmander et al. 2011 ; Dumetz 1999 ; Poux et al. 2005 ; Tassin et al. 2004 ; Thébaud et al. 2009).

Most of these western Indian Ocean territories are volcanic with a tropical or subtropical climate marked by two seasons: hot and rainy from november to april with occasional hurricanes, and cooler and dry from May to October. The Southern islands have a cold to polar climate. Except from Madagascar with its gigantic size (587,000 km²) and Kerguelen, which is the second biggest island (6,675 km²) in the region, all the other territories are much smaller in size with an area not exceeding 2,512 km² (Reunion). The highest peak of the region is the Piton des Neiges on Reunion that culminates at 3,069 m.

Population density ranges from 44 hab per km² in Madagascar to very high density of more than 600 hab per km² in Mauritius and Mayotte (UNO 2020). The Scattered Islands and Southern Islands have no permanent population. As in most islands, rapid habitat transformation caused by high demographic pressure and invasions by alien species are the major drivers of biodiversity loss (Deáka et al. 2020 ; Koh & Ghazoul 2010 ; Wang et al. 2018). In territories with no or low demographic pressure, invasive alien plants are much fewer but their ports are sites highly susceptible to invasion (Bergstrom & Chown 1999 ; Frenot et al. 2001).

2.2.2 Identification of alien species

Invasive alien plants were defined here as non-native plant species that have spread from the site of introduction into natural or semi-natural habitats. They can alter ecosystem composition, structure and/or functioning and can transform natural and semi-natural habitats into alien-dominated vegetation causing erosion or losses of natural biota (Cronk & Fuller 2014). Here we focused on alien plants considered invasive in at least one of territories among the 16 studied. We identified these invasive alien plants species from recently compiled or updated local lists published by official organisations or available in the grey literature (Table 2.1).

Since invasion classification schemes differed from one list to another, we reviewed these schemes and retained the invasion statuses that matched with the above-mentioned definition. We then selected all the matching species from each list and combined them into a single list. We removed unidentifiable species (e.g. genus name only), and corrected spelling

mistakes and synonymies in scientific names using the online reference system Plant List (http://www.theplantlist.org/).

In order to define the invasion status of each species with the 16 territories, we classified each species into one of the following three categories based on the status obtained in each territory: “Invasive” for dominant alien species in natural and/or semi-natural habitats, “Present” for species which were recorded in the territory but not invasive and “Absent” for species not listed as alien species on the territory but recorded as “invasive” elsewhere in the region. We did not consider alien species not declared “Invasive” in any territory of the Southern Indian Ocean region (Figure 2.2).

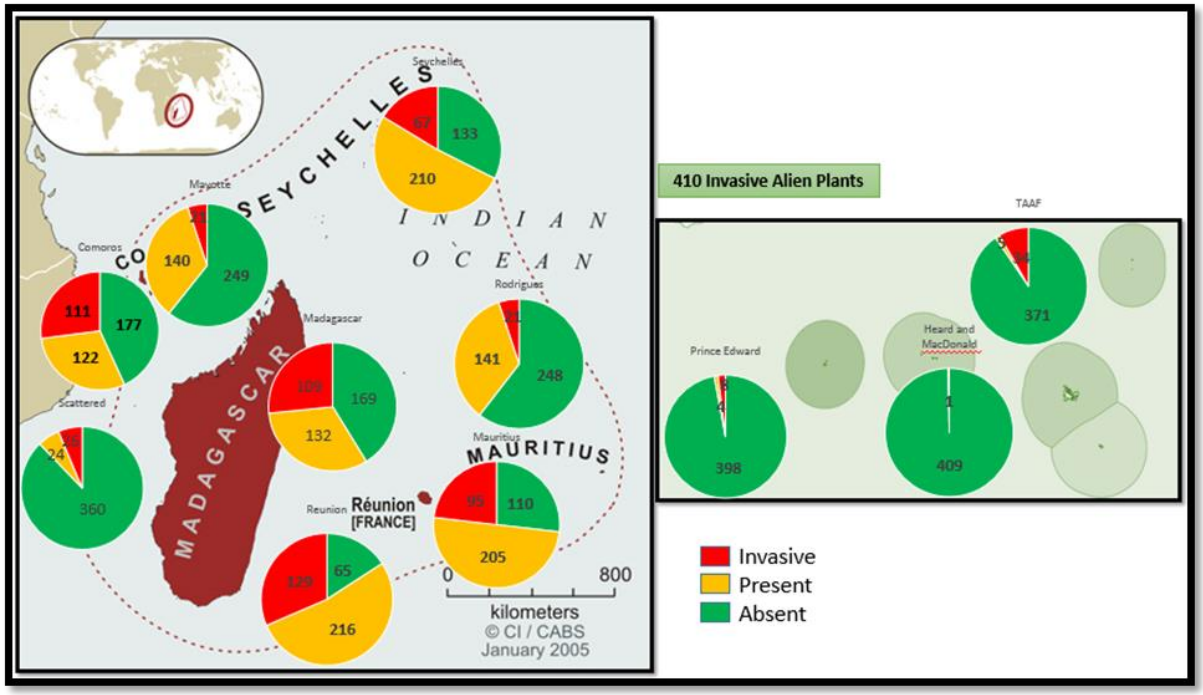


Figure 2.2: Number of total alien plants species per status (invasive, present, absent) and per territories in the region of Indian Ocean

Table 2.1: References and criteria used for the identification of invasive alien species (IAS) in the south-western territories of the Indian Ocean. As each territory uses its own classification, we standardised the definition of "invasive" species across all territories. Only species matching the shaded criteria were considered invasive. For comparison, we added the number of invasive plant species recorded in the Global Invasive Species Database (GISD 2021)

Territory	**References**	**Number of IAS (in this study)**	**Number of IAS (GISD 2021)**
Union of Comoros	GRIIS (2017), Vos (2004)	111	5
Mayotte	Boullet & Picot (2016)	21	55
Seychelles	Rocamora & Henriette (2015) Seychelles National Herbarium (2017)	67	36
Madagascar	Kull et al. (2012), Binggeli (2003), Tropicos (2017)	105	46
Reunion	Boullet & Picot (2017) ; [2]Buckland et al. (2015)	129	145
Mauritius	Buckland et al. (2015)	95	68
Rodrigues	Buckland et al. (2015)	21	7
Scattered islands		26	-
Southern islands		34	19
Total		410	216

2.2.3 Species list update of the Union of Comoros and Madagascar

In order to complete this regional study of alien plants, we used data from the Inva'ziles project for the Union of Comoros and an expert-review process for Madagascar. Indeed, the national list available for the Union of Comoros (Vos 2004) at the time this regional program was set up contained only invasive woody plants but did not indicate the presence of other alien species considered invasive elsewhere in the Indian Ocean region (Juillet et al. 2017). The aim of this update was to list invasive alien plants in Comoros from the 410 invasive species of the south-western Indian Ocean and to specify their status in the Union of Comoros (invasive, present or absent).

The Inva'ziles project was implemented by IUCN and conducted by the National Centre of Documentation and Scientific Research (CNDRS) in the Union of Comoros. Data were collected on the three islands (Mohéli, Anjouan and Grande Comore). Surveys were carried out on different habitat types such as gardens, roadsides, old fields, wastelands, semi-natural and natural forests. This project has contributed to the collection of data on alien species into these islands and has resulted in a national list of invasive alien plants and potentially invasive from the Union of Comoros (Appendix 2.1). Based on this list, we verified wheither species listed among the 410 invasive plants species from the south-western Indian Ocean occurred in the Union of Comoros (species listed as "present") or not.

On the basis of regional expert consultations in Madagascar, four species were not considered as invasive in this study. This was the case for *Eucalyptus cinerea*, *E. robusta*, *Tephrosia candida* and *T. vogeli* as these species did not invade semi-natural or natural habitats.

2.2.4 Statistical analysis

We described the main status of alien species in three categories: "Invasive", "Present" and "Absent". We analysed the composition similarity of "Invasive" and "Present" species across archipelago and territory levels, using clustering approaches (Erlich et al. 2002 ; Hubálek 1982 ; Shirkhorshidi et al. 2015). In order to detect patterns of similarities between the 16 territories, we analysed the regional alien species list as a semi-quantitative matrix of presence/absence. At the territory level, we assigned "0" for alien species present in territory and "1" for invasive. At the archipelago level, we assigned "0" for alien plant species absent,

“1” for present and “5” for invasive. We compared the matrices for “invasive” and “present” species between groups, using the standard dissimilarity method “Bray-Curtis”. Based on these groupings, territories and archipelagos were classified in clusters by the agglomerative hierarchical method (Choi and Cha 2010 ; Dixon 2003 ; Sultan et al. 2002), using package *Vegan* R.

We compared invasive species richness in the south-western Indian Ocean region with other tropical islands data from the North (Hawaii archipelago) and South Pacific islands. We used data from the Global Invasive Species Database (GISD, accessed the 20/05/2021; see Pagad et al. 2015 for more information) for Hawaiian Islands and the other Pacific Islands. To control for the different areas of the territories, we developed a linear regression model to predict invasive species richness as a function of the land area, using “*ggplot*”, “*ggrepel*” and “*tdyverse*” packages and to identify territories with higher or lower invasive plant species than expected.

2.3 Results

2.3.1 Number of invasive alien plants and their families

We identified 410 plant species that were invasive in at least one of south-western Indian Ocean territories, compared with 197 listed in the GISD. These 410 species represent 100 plant families with nearly a third (30%) originating from three families: Leguminosae (54 species), Poaceae (34 species) and Compositae (32 species). Many families (61) were represented by only one (41%) or two species (e.g. Araliaceae, Caprifoliaceae and Crassulaceae). A total of 13 families contain invasive species in five territories or more. Among them, nine families were invasive in 10 territories or more: Amaranthaceae, Asparagaceae, Caryophyllaceae, Casuarinaceae, Compositae, Lamiaceae, Malvaceae, Moringaceae and Polygonaceae (Table 2.2).

Table 2.2: Taxonomic families of species that are invasive or present in five territories or more (n = 13). Numbers indicate the number of territories (out of 16).

Family	Number of territories with "Invasive" species belonging to this family	Number of territories with « Present » species belonging to this family
Amaranthaceae	10	
Asparagaceae	10	
Caryophyllaceae	10	
Casuarinaceae	11	
Compositae	14	
Euphorbiaceae	4	7
Lamiaceae	10	
Leguminosae	3	10
Magnoliaceae	5	
Malvaceae	11	
Moringaceae	10	
Poaceae	5	10
Polygonaceae	12	

2.3.2 Status of alien plant species among territories

At the archipelago level, most species are confined to one archipelago with very few being invasive in the entire region. Only four species were invasive on five archipelagos while 306 were invasive in only one archipelago (Table 2.3).

Table 2.3: Number of invasive and present plant species per number of archipelagos. "Present" indicate the number of species present but not currently invasive in a given number of archipelagos. "Invasive" indicate the number of invasive species in a given number of archipelagos.

Number of archipelago(s)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Present	99	81	55	59	12
Invasive	306	74	16	10	4
Total	408	85	71	69	16

For the 410 alien species listed in the south-western Indian Ocean, the majority of invasive species are confined to one territory. A total of 264 are invasive only in a single territory (Table 2.4). Very few species invade across numerous territories. Indeed, not one of the species was common to all 10 territories and only 11 species were invasive across seven or more territories, and these include *Lantana camara* and *Leucaena leucocephala* (Table 2.5). However, many species, invasive elsewhere in the region, were recorded as present in few territories: 81 of those were found in five or more territories. These widespread species should be monitored as they could become invasive in these territories where they are only present at this stage. Table 2.5 lists the 25 most widespread invasive species, occurring in five or more territories in the south-western Indian Ocean. All of these 25 plant species are included in the 100 most problematic invasive species worldwide (http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php).

Table 2.4: The geographic distribution of invasive species per territory. "Present" indicates the number of species present but not currently invasive for a given number of territories. "Invasive" indicates the number of invasive species for a given number of territories.

Number of territories	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Present	51	50	37	43	28	26	22	5
Invasive	264	83	33	17	2	4	5	2
Total	315	133	70	60	30	30	27	7

Table 2.5: List of priority species for management. These species occur in more than five territories, recorded as "Invasive" or simply "Present". Species invading more than five territories are shown in bold.

Species	Family	Number of territories where the species was recorded as « Invasive »	Number of territories where the species was recorded as « Present"	Number of territories where the species was recorded
Agave sisalana	Asparagaceae	5	2	7
Clidemia hirta	Melastomataceae	6	0	6
Eichhornia crassipes	Pontederiaceae	6	1	7
Furcraea foetida	Asparagaceae	7	1	8
Lantana camara	Verbenaceae	8	0	8
Leucaena leucocephala	Leguminoseae	8	0	8
Litsea glutinosa	Lauraceae	6	0	6
Psidium cattleianum	Myrtaceae	6	1	7
Rubus alceifolius	Rosaceae	5	0	5
Syzygium jambos	Myrtaceae	7	0	7
Albizia saman	Leguminosae	1	6	7
Alleurites molluccanus	Euphorbiaceae	1	6	7
Anacardium occidentale	Anacardiaceae	2	4	6
Citrus aurantiifolia	Rutaceae	1	4	5
Cyanthillium cinereum	Compositae	1	4	5
Euphorbia hirta	Euphorbiaceae	1	4	5
Imperata cylindrica	Poaceae	2	3	5
Indigofera tinctoria	Leguminosae	1	4	5
Moringa oleifera	Moringaceae	1	4	5
Phoenix dactylifera	Arecaceae	1	4	5
Phyllanthus amarus	Phyllanthaceae	1	4	5
Solanum americanum	Solanaceae	1	4	5
Spathodea campanulata	Bignoniaceae	2	5	7

Of the 410 invasive plant species in the region, each territory contained from one (Heard and McDonald Islands) to 345 (Reunion) species, the southern islands being the territories with the lowest number of introductions. For the Mascarene, we recorded 129 invasive species on Reunion, 95 on Mauritius and near shore islands and 21 on Rodrigues. A total of 105 invasive species were invasive on Madagascar, 111 on the Union of Comoros and

21 on Mayotte (Figure 2.2). A total of 67 invasive species were recorded in the Seychelles and 26 in the scattered islands.

2.3.3 Similarities and differences of status profiles among territories

Based on the result of cluster dendrograms (Figure 2.3), territories were grouped according to their similarity in term of alien species composition. At archipelago level, the southern islands and the scattered islands were quite distinct (Figure 2.3). The Seychelles constituted a distinct group. The Comoros was associated with the Mascarenes in terms of its alien flora (Figure 2.3).

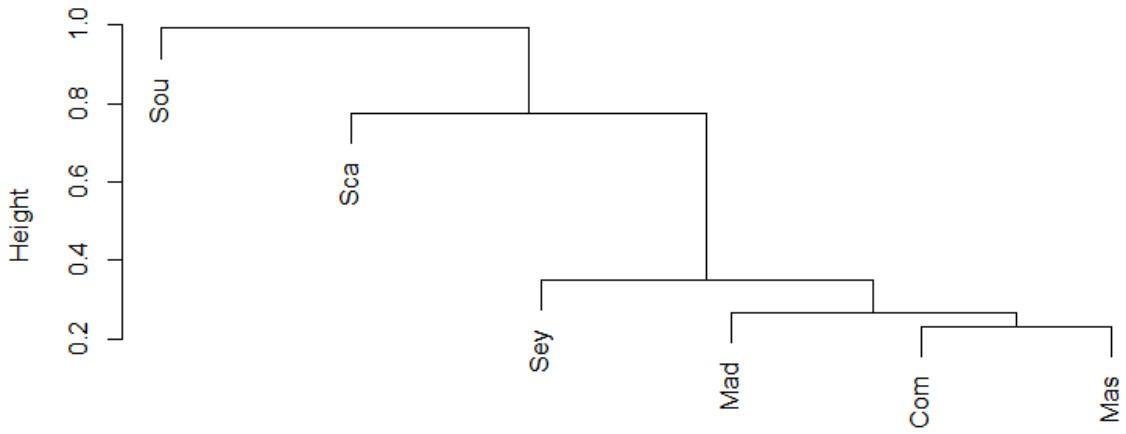


Figure 2.3: Dendrogram of similarities for alien species composition at the archipelago level (Sou = Southern; Sca = Scattered; Sey = Seychelles; Mad = Madagascar; Com= Comoros; Mas = Mascarenes). The archipelagos were grouped according to the similarity and the status of alien plant species recorded in their territories.

The analysis at the territory level revealed a more nuanced picture in terms of alien flora. The Union of Comoros had similar characteristics to Madagascar. The composition of invasive species, present and absent, was similar between these two nations. Mayotte, Rodrigues and Seychelles formed a separate cluster while Reunion and Mauritius were in a common cluster (Figure 2.4). For the southern islands, Crozet and Kerguelen were united in a cluster. In the scattered islands, Juan de Nova and the Glorious islands were grouped into one cluster, while Tromelin and Europa dissociated themselves from that group and had strong divergence in terms of their alien flora (Figure 2.4).

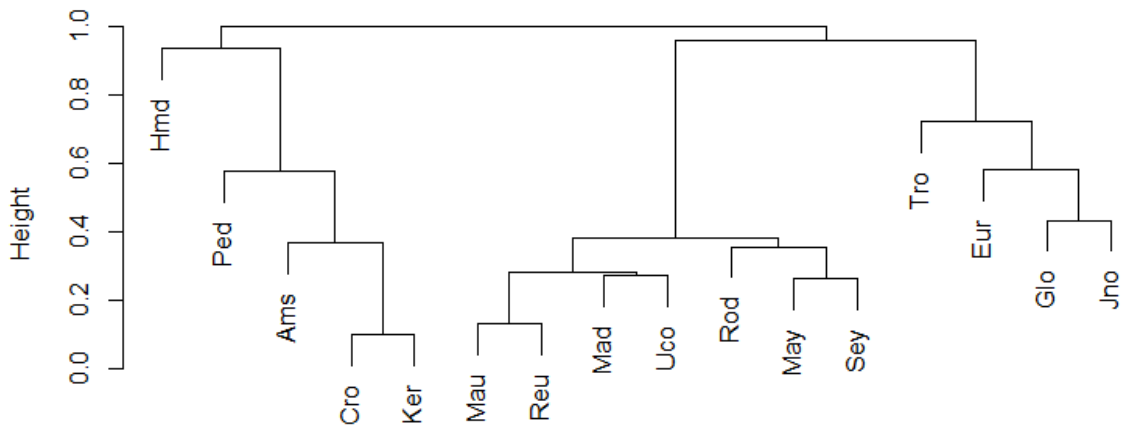


Figure 2.4: Dendrogram of similarities on alien flora among territories of the Indian Ocean region (Hmd = Heard and MacDonald; Ped = Prince Edward; Ams = Amsterdam; Cro = Crozet; Ker = Kerguelen; Mau = Mauritius; Reu = Reunion; Mad = Madagascar; Uco = Union of Comoros; Rod = Rodrigues; May = Mayotte; Sey = Seychelles; Tro = Tromelin; Eur = Europa; Glo = Glorious; Jno = Juan de Nova). Territories were grouped according to the degree of resemblance of alien species recorded in their territories (without distinguishing their status as "Invasive" or "Present").

In terms of invasive species, the Union of Comoros, Madagascar and Reunion were combined in a cluster. Alien species invasive on Reunion were most similar to those invasive in Madagascar and the Union of Comoros. Mayotte was grouped in the same cluster with the Seychelles, while Mauritius and Rodrigues were grouped into one cluster. The southern islands formed together a common cluster, as also the case for the scattered islands (Figure 2.5).

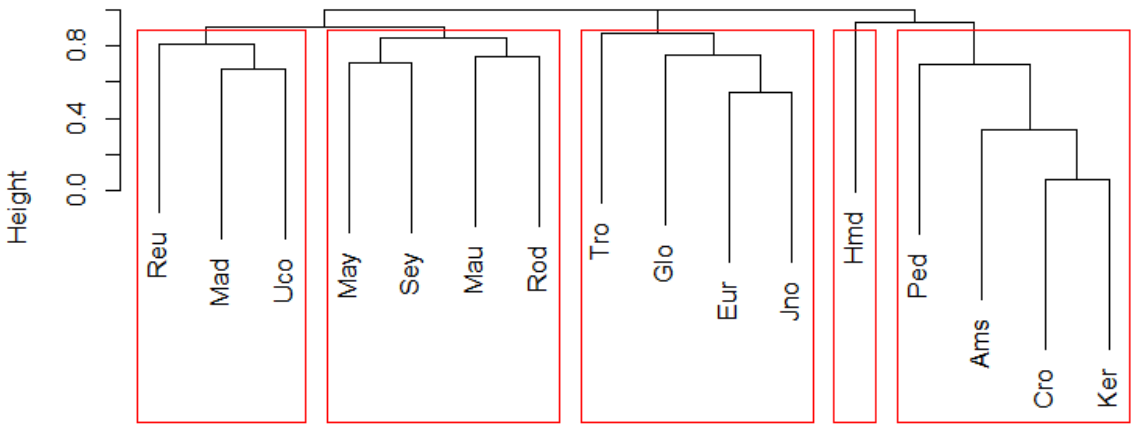


Figure 2.5: Dendrogram of similarities on invasive alien species among Indian Ocean territories (Reu = Reunion; Mad = Madagascar; Uco = Union of Comoros; May = Mayotte; Sey = Seychelles; Mau = Mauritius; Rod = Rodrigues; Tro = Tromelin; Glo = Glorious; Eur = Europa; Jno = Juan de Nova; Hmd = Heard and MacDonald; Ped = Prince Edward; Ams = Amsterdam; Cro = Crozet; Ker = Kerguelen). Territories were grouped according to the degree of resemblance of invasive species recorded in their territories.

2.3.4 Global comparison of invasive alien plants in tropical oceanic islands

We compared the number and the density of invasive plant species across oceanic territories. Two territories of the South-West Indian Ocean region (Reunion and Comoros) were among the top five most invaded territories analysed (Table 2.6) in terms of number of invasive plant species. When standardised per area, Rodrigues and the Seychelles were the most invaded oceanic territories with 19444 and 14565 invasive plants / 100 000 km^2 respectively. Three of the South-West Indian Ocean territories (Rodrigues, Seychelles, Comoros) are among the top five most invaded oceanic territories based on invasive plant species density. This places the South West Indian Ocean region among the most invaded region of the world, together with Hawaii and the French Polynesia (Fig. 2.6).

Table 2.6: Comparative analysis of the most invaded oceanic insular territories. Invasion rate per density was estimated by divided the number of invasive alien plant species (IAS) per territory by the land area (km^2) and multiplied by 10^5. The top six territories with the highest number of invasive alien plant species per 100.000 km^2 are shown in bold. Number of invasive plant species per territory are from this study or GISD (2021).

Territories	Land area (km^2)	State	Geo region	Geo subregion	Code	Rank	IAS	Species per 100.000km^2
Reunion	**2511**	**France**	**Africa**	**South Western Indian Ocean**	**Reu**	**6**	**129**	**5137**
Comoros	**1861**	**Comoros**	**Africa**	**South Western Indian Ocean**	**Uco**	**4**	**111**	**5964**
Seychelles	**460**	**Seychelles**	**Africa**	**South Western Indian Ocean**	**Sey**	**2**	**67**	**14565**
Rodrigues	**108**	**Mauritius**	**Africa**	**South Western Indian Ocean**	**Rod**	**1**	**21**	**19444**
Mauritius	2030	Mauritius	Africa	South Western Indian Ocean	Mau	7	95	4680
Mayotte	974	France	Africa	South Western Indian Ocean	May	12	21	2156
Madagascar	581795	Madagascar	Africa	South Western Indian Ocean	Mad	18	105	18
Fiji	182700	Fiji	Pacific	South Pacific	Fij	16	92	91
French polynesia	3660	France	Pacific	South Pacific	Pol	9	140	3825
New Caledonia	18280	France	Pacific	South Pacific	Nca	14	145	793
New Zealand	263310	New Zealand	Pacific	Australia + New Zealand	Nze	17	186	71
Samoa	2830	Samoa	Pacific	South Pacific	Sam	13	47	1661
Kauai	1624	United State	America	Hawaii	Kau	10	52	3201
Ohau	1574	United State	America	Hawaii	Oah	8	61	3975
Molokai	**676**	**United State**	**America**	**Hawaii**	**Mol**	**5**	**39**	**5769**
Lanai	**361**	**United State**	**America**	**Hawaii**	**Lan**	**3**	**34**	**9418**
Maui	1887	United State	America	Hawaii	Mau	11	58	3073
Hawaii	10458	United State	America	Hawaii	Haw	15	48	459

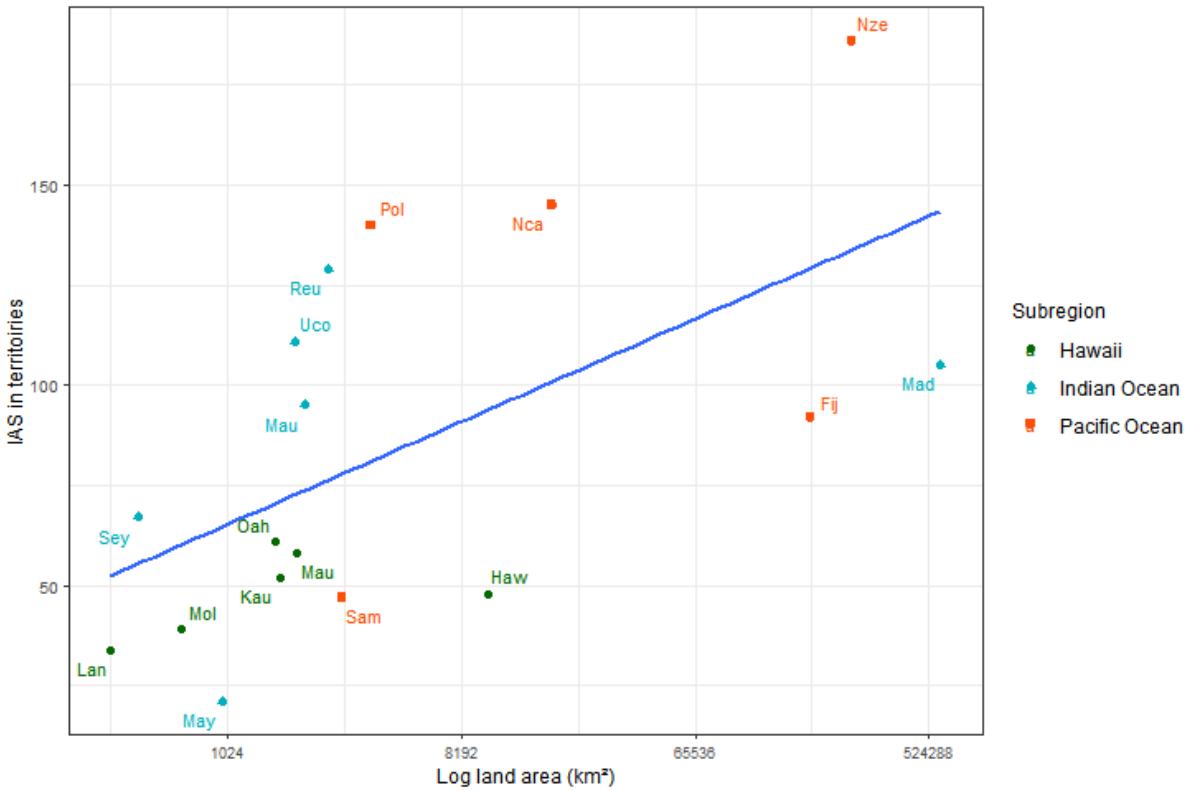


Figure 2.6: Number of invasive alien plant species as a function of land area for selected tropical islands (Sey = Seychelles; May = Mayotte; Mau = Mauritius; Mad = Madagascar; Uco = Union of Comoros; Reu = Reunion; Lan = Lanai; Mol = Molokai; Oah = Oahu; Kau = Kaui; Mau = Maui; Haw = Hawaii; Sam = Samoa; Pol = French Polynesia; Nca = New Caledonia; Fij = Fiji and Nel = New Zealand). The line represents the linear regression between the number of invasive alien plants and the log of the island area.

2.4 Discussion

2.4.1 The South West Indian Ocean region, one of the most invaded insular systems of the world

This study provides the first regional assessment of plant invasions in the South West Indian Ocean region. It highlights that more than 400 plant species are invasive, doubling the number of previously known species for this region (GISD 2021) and therefore ranks this biodiversity hotspot among the most invaded oceanic region in the world (Table 2.6). Based on a standardised definition of invasive plants, it allows a comparison across territories. It appears that some territories, such as the Seychelles, Comoros and Reunion are much more

invaded, while others, such as Mayotte, appear relatively less invaded (Fig 2.2 and Table 2.6). This differs from previous assessments based on GISD or GLONAF which did not identify the South West Indian Ocean region as one of the most invaded island system (Pyšek et al 2017). Standardised and regurlarly updated alien plant lists are needed to improve our understanding of plant invasions (Pyšek et al. 1995, 2004) and to aid decision-making (Carboneras et al. 2018).

The use of expert knowledge in invasion science can be challenging. When applied to assessing invasive status or impact, divergent opinions can arise (Humair et al. 2014). This needs to be considered when determining the invasion status of introduced plants across territories with a wide range of experts. Despite our efforts, knowledge is still lacking for key territories, such as Madagascar and Comores. These countries have been poorly surveyed (Vorontsova et al. 2021) and more botanical surveys are needed to improve our understanding of the naturalized and invasive flora. These gaps represent a risk factor for a biogeographical region with important touristic and commercial activities, both as potential drivers for the introduction of invasive alien species (Lenzner et al. 2020). The Union of Comoros and Madagascar had previously five and 111 invasive plant species recorded in the GISD respectively. These numbers have increased to 111 and 105, respectively (Table 2.1). The Mascarene archipelago has one of the highest rates of plant extinctions in the world (Humphreys et al. 2019 ; Vorontsova et al. 2021), it is therefore urgent to improve our knowledge and understanding of plant invasions in these threatened oceanic systems.

2.4.2 A regional list of invasive plants to assist decision-making

Standardised regional list of invasive plants can greatly assist regional policy on biodiversity conservation and alien plant management. In terms of biosecurity measures, such list can help prioritizing species to regulate trade within the region and control plant imports. Invasive species, currently not present in a territory should not be allowed for importation. Recently, several territories of the western Indian Ocean region have updated their trade and phytosanitary regulations. The Seychelles has the most effective biosecurity regulation and Reunion has recently forbidden the introduction of 153 plant species into its territory.

Such lists enables monitoring prioritization of naturalized species. By sharing information on habitats invaded and spread rate, individual territories can improve their local monitoring to detect rapid changes in invasion status. Based on the results of this analysis,

specifically the absence, presence and invasive behaviour of the common species listed, there is an urgent need to set up actions to control and monitor the pathways that can affects the geographical mobility of alien species. Our analysis highlights 25 alien species globally reported to be problematic for the conservation of native forest biota and which are invasive at least five territories of the Indian Ocean. These species would require specific monitoring for each island to assess their potential ability to be transported (voluntary or accidentally) into other territories. A regional approach to managing plant invasions has been suggested, especially in fragmented insular systems (Meyer 2000). The South West Indian Ocean region comprised many states with different regulatory frameworks. To deal with this heterogenous regulatory landscape, best practices guidelines can be established (Annexe 5.2, Van Kleunen et al. 2018). However, socio-cultural differences should be taken into account as usages and perceptions differ within the region.

Developping regional lists of invasive plants will not suffice to curb alien plant invasion in this region and more targeted research is needed. In order to orient controls across the different territories, conservation actions in the Indian Ocean hotspot require a better understanding of the invasive status of each species at the regional scale. The data collected here do not allow us to quantify invasion states in situ among regional territories. Indeed, there is an urgent requirement to improve the knowledge of invasive alien species at a more fine-scale, in particular for identifying the hotspot of invasions from the main terrestrial protected areas in the Indian Ocean region. It is important to cooperate with the other island nations of North and South Pacific Ocean and international organisations in the implementation of broad biodiversity conservation programmes.

3 Chapitre III : Etat des lieux des invasions par les plantes exotiques dans différents types de végétation à La Grande Comore

Rapid assessment of invasive alien plants in different vegetation types: The case of the island of Grande Comore, Comoros, western Indian Ocean

Anziz Ahmed-Abdou[a]*, Olivier Flores[a], Vincent Boullet[c], Ibrahim Yahaya[d], Frédéric Chiroleu[b], Dominique Strasberg[a] and Mathieu Rouget[b]

[a]UMR PVBMT, University of La Reunion, France; [b] CIRAD, UMR PVBMT, F-97410 Saint-Pierre, La Reunion, France; [c]EA 7462 Geoarchitecture, University of Bretagne Occidental, 29238 Brest, France; [d]CNDRS, National Museum of Comoros, Moroni, Grande Comore, Union of Comoros

Soumis au Journal Botanical Letters

Comme dans la majorité des îles volcaniques, l'archipel des Comores est aussi exposé aux effets de changement globaux, en particulier les invasions biologiques. Il est urgent de définir les priorités de conservation mais les données de base sur les espèces invasives sont disparates. Dans cette étude, à l'échelle de La Grande Comore nous proposons de répondre aux questions suivantes: (i) quelles sont les plantes invasives en terme de recouvrement et de fréquence? (ii) quel est le niveau d'invasion en terme de recouvrement d'espèces exotiques et comment varie-t-il au sein des types d'habitats? L'altitude et l'occupation du sol influencent-ils le niveau d'invasion au sein des habitats ? Cette étude a été réalisée sur les plantes ligneuses exotiques, en forêts de basse et de moyenne altitudes (24 - 1100 m), dans 44 transects de 150 – 300 m de longueur et de 8 – 10 m de largeur, auxquels tous les individus ≥ 1m de hauteur ont été répertoriés. Les grands envahisseurs sont *Psidium cattleyanum*, *Clidemia hirta* et *Rubus rosifolius*. La forêt de basse altitude (100 - 700 m) est remplacée par des peuplements d'espèces exotiques d'intérêt agronomique (comme *Cocos nucifera, Mangifera indica, Syzygium aromaticum*). Les forêts de moyenne altitude (700 - 1100 m) à dominance de *Nuxia, Ocotea, Tambourissa* et *Weinmannia* sont intactes en canopée et modérément envahies en sous-bois. Ces résultats constituent un premier cas d'évaluation du degré d'invasion des habitats aux Comores et pourront contribuer à l'amélioration des connaissances pour la gestion de la biodiversité et des services écosystémiques.

3.1 Introduction

Biological invasions are a major threat to biodiversity in insular systems, with greater impacts than in continental areas (D'Antonio & Dudley 1995 ; Vitousek et al. 1997 ; Wilcove et al. 1998). Due to their generally small size, distance from continents and oceanic isolation, islands are much more sensitive to invasion by alien species (D'Antonio & Dudley 1995). This vulnerability is also related to the disharmonic character of the flora in island system, which lead to the massive establishment of alien species within the vacant niches (Brockie et al. 1988 ; Kitayama & Mueller-Dombois 1995 ; Whittaker et al. 1997). In the western Indian Ocean, regional agreements have been established over the years to manage biodiversity between the islands of Madagascar and the archipelago of Mascarenes and Seychelles. More recently, a regional biosecurity program has been set up to assess the invasion status of introduced plant on each island (Union of Comoros, Madagascar, Mayotte, Maurice, Reunion, Rodrigues and Seychelles, see Chapter 2) but the paucity of data from the Union of Comoros constitute an important gap for the effective implementation of this cooperative management framework.

Located in the biodiversity hotspot of Madagascar and surroundings islands (Myers et al. 2000), the Comoros archipelago has experienced one of the highest loss of forest cover worldwide. Deforestation level differs between islands of archipelago, but it is estimated that 75% of the overall forest cover has been destroyed between 1990 and 2010 (FAO 2010). Despite major deforestation on the windward side, where socio-economic activities tend to be concentrated, the island of Grande Comore still shelters the most important and relatively well-preserved tropical forest remnants at the archipelago scale, as large tracts of mountain rainforest persist on the slopes of mount Karthala.

Although human occupation dates back to the 6 - 7th centuries (Ibouroi 2014), deforestation increased substantially in relation with agriculture development as from 1843, when land was given to growers from Reunion island (Mascarenes archipelago) for single-cropping of sugar cane (*Saccharum officinarum*, Poaceae), vanilla (*Vanilla planifolia*, Orchidaceae) and sisal (*Agave sisalana*, Asparagaceae) mainly (Fontaine 1995). Since 1950, most plantations have been managed by local farmers for food production (Ducatillion and Loup 1985). Native lowland forests were cleared for crops including breadfruit (*Artocarpus altilis*, Moraceae), jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*, Moraceae), coconut (*Cocos nucifera*, Arecaceae), mango (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) and clove (*Syzygium aromaticum*,

Myrtaceae). Today, coconut plantations covers 35% of the archipelago cultivated area (36 000 ha) (Delorme 1973).

Adding to the loss of native biodiversity, these rapid and extensive land-use changes have contributed to the spread of invasive introduced plant species. Despite several biosecurity programs implemented at the regional level, the Union of Comoros still lack a comprehensive spatial survey of alien plants species. A survey has been recently implemented within the Inva'ziles program at the scale of the Union of Comoros (Yahaya 2018, see Chapter 2). As it concerned introduced plants species in transformed habitats, this program mainly focused on agricultural weeds.

As Grande Comore shelters the most preserved tropical forest remnants in the archipelago, we proposed here to assess alien plant invasions in the major native forest habitats of this island. We focus on lowland and submountain forests where levels of invasion are likely to rapidly increase in the near future. For this purpose, a comprehensive survey of these habitats was conducted using a standardised methodology based on alien plant species cover measured along transects divided into easily measurable sections. In this study, we specifically addressed the following questions: (i) which alien plant species were the most invasive in terms of cover and frequency ? (ii) what was the invasion level measured in terms of total cover by alien species at habitat scale and how does it vary across habitats types ? (iii) Did elevation and land-use at transect and section scale influence invasion level among habitat types?

3.2 Material and methods

3.2.1 Study area

The four islands of the Comoros archipelago are located between Madagascar and the east coast of Africa in the Mozambique Channel (11°20' - 13°05' S and 43°11'- 45°19' E). The entire archipelago of Comoros covers an area of 2 236 km^2 in size, with the largest island Grande Comore being 1 148 km^2, followed by Anjouan (426 km^2), Mayotte (375 km^2) and Mohéli (290 km^2).

The climate of the archipelago is tropical humid due to oceanic influences and characterized by two seasons: a warm and wet season (*austral summer*), from december to march and a drier and cooler season (*austral winter*), from april to october (De Maximy 1968). The Comoros offer a diversity of micro-habitats due to their topographical complexity

(Nassor 2001), which contributes to the originality of native biota, as well as its remoteness from the African continent with the nearest point some 350 km from Grande Comore (Sellström 2015 ; Labat et al. 2010). In the Comoros, more than 14% of plant species are endemic and the figure for Grande Comore is 11 % (Keith et al. 2006).

Grande Comore is formed by two volcanoes: La Grille (1087 m) in the Northern part of the island, and Karthala (2361 m) in the Southern part (Figure 3.1). Its topography is characterized by plains with deep soils in the South, and irregular plains with hills in the North. Given its varied topography, the island hosts a range of native and human-modified habitats, including dry and humid forests, shrub thickets, mangroves, wetlands, grasslands, savannah and plantations (Adjanohun et al. 1982). Forestry plantations were established starting in 1955, but only *Eucalyptus robusta* still survives (Legris 1969). Due to the geomorphological structure of this island, there are still relatively well-preserved tropical forest remnants on the slopes of both volcanoes, with large contiguous tracks on Karthala.

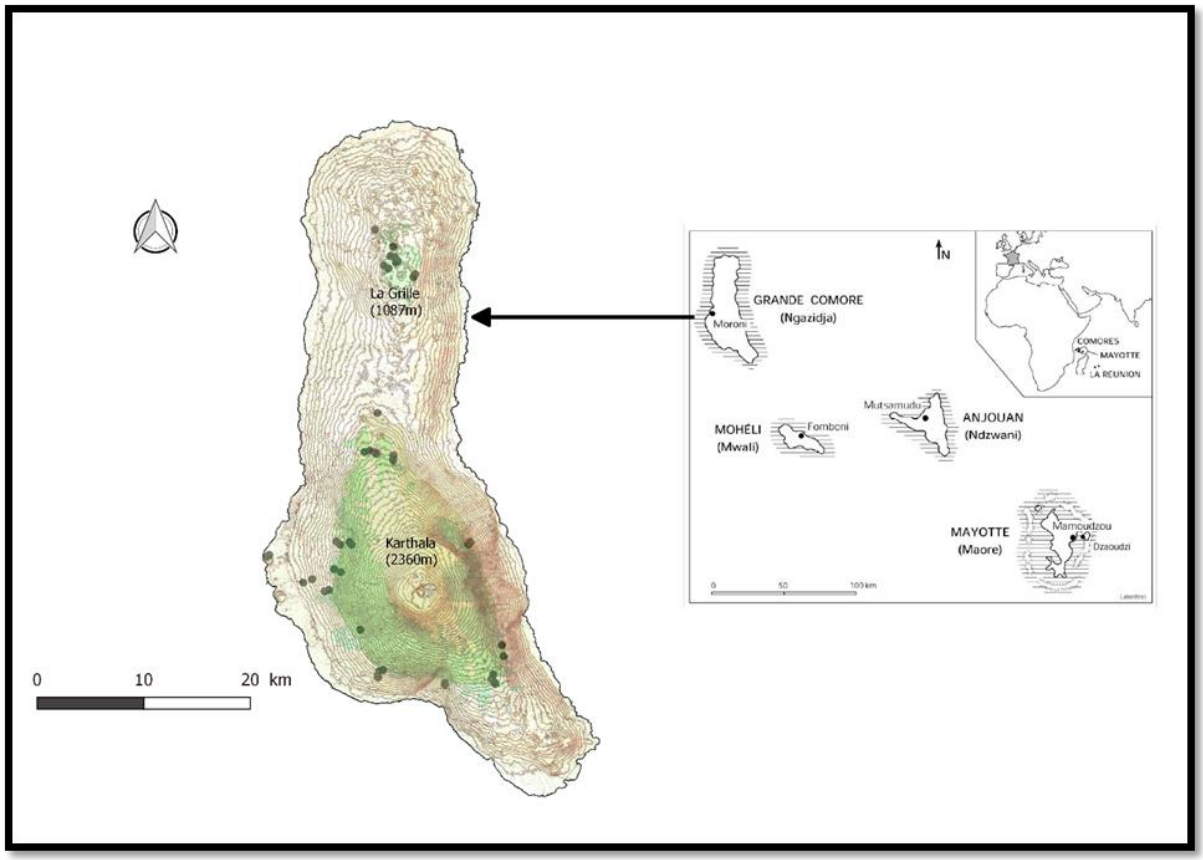


Figure 3.1: Location of transects in native and human-disturbed forest of Grande Comore (dark green dots). Contour lines represents elevation range for each 50 m a.s.l. Forest remnants are shown in green (Source: ASTER/NASA - DGEF 2018 - IGN 1995).

3.2.2 Habitat types sampled

To define major habitat types up to 1100 m (maximum sampled elevation of transects), we differentiated habitat types according to elevation (lowland & submountain), slope exposure to major trade winds (leeward & windward) and known indigenous species that dominate the habitats. For lowland vegetation, the typology used is similar to the one defined for vegetation and habitat mapping on Mayotte (Boullet 2007). In total, we categorised vegetation into 11 habitat types: Windward Submountain *Nuxia* Forest, Windward Submountain *Ocotea* Forest, Windward Submountain *Tambourissa* Forest, Windward Submountain *Weinmannia* Forest, Windward Lowland Rain Forest, Leeward Submountain Dry Forest, Windward Submountain *Psidium* Mosaic, Windward Lowland *Nuxia* Thicket, Windward Lowland Subhumid Forest, Windward Lowland Mixed Plantations and Windward Submountain *Eucalyptus* Plantation (see Table 3.1 below).

Table 3.1: Classification of vegetation into 11 habitat types based on dominant land cover, altitude gradient, exposure to trade wind and dominant woody species.

Habitat group	Code habitat	Habitat type	No. of transects	Elevation range (m)	Dominant species
Lowland	WLSF	Windward Lowland Subhumid Forest	2	0 – 50	*Albizia glaberrima* *Dodonea viscosa* *Pandanus utilis* *Phyllarthron comorense*
	WLMP	Windward Lowland Mixed Plantation	2	100 – 400	*Cocos nucifera* *Mangifera indica* *Syzigium aromaticum*
	WLRF	Windward Lowland Rain-Forest	2	400 – 600	*Albizia glaberrima* *Aphloia theiformis* *Macaranga boutonoides* *Polycias duplicata* *Weinmannia comorensis*
	WLNT	Windward Lowland Nuxia Thicket	2	450 – 700	*Flacourtia indica* *Myrica dentulata* *Nuxia pseudodentata*
Submountain	WSPM	Windward Submountain Psidium Mosaic	6	700 – 850	*Psidium cattleyanum*
	WSEP	Windward Submountain Eucalyptus Plantation	2	750 - 850	*Eucalyptus robusta*
	WSNF	Windward Submountain Nuxia Forest	8	700 - 900	*Nuxia pseudodentata*
	WSWF	Windward Submountain Weinmannia Forest	10	800 - 900	*Weinmannia comorensis*
	WSOF	Windward Submountain Ocotea Forest	2	900 -1000	*Ocotea comoriensis*
	WSTF	Windward Submountain Tambourissa Forest	5	950 - 1000	*Tambourissa comorensis*
	LSDF	Leeward Submountain Dry Forest	3	850 - 1100	*Gyrostipula comorensis* *Nuxia pseudodentata* *Weinmannia comorensis*

3.2.3 Alien species survey along transects

In this study, we surveyed both alien woody plants and dominant native woody species. We focussed on woody plants for two reasons: 1) they have a greater impact on forest structure than herbaceous species; 2) they were easily identified in the context of a rapid assessment. Transects were placed in remnants of lowland and submountain vegetation. In each habitat type (Table 3.1), transects were set to capture most heterogeneity of vegetation. We chose the locations of transects based on a combination of Google Earth imagery, IGN map (1995) and site visits to ensure adequate sampling of the island.

We surveyed 44 transects of 150 to 300 m long and 8 - 10 m wide, depending on the level of forest fragmentation of the site surveyed (Figure 3.2). For heavily human modified sites, we extended the length of transect to increase the probability of capturing a representative diversity of species. We divided transects in sections of 30 m long (n = 240 sections in total). In each section, we noted the occurrence and estimated cover of individuals above 1 m high for each alien woody tree species in two different strata (understory and canopy - above >10 m). We also visually estimated the total alien and native vegetation cover for each stratum.

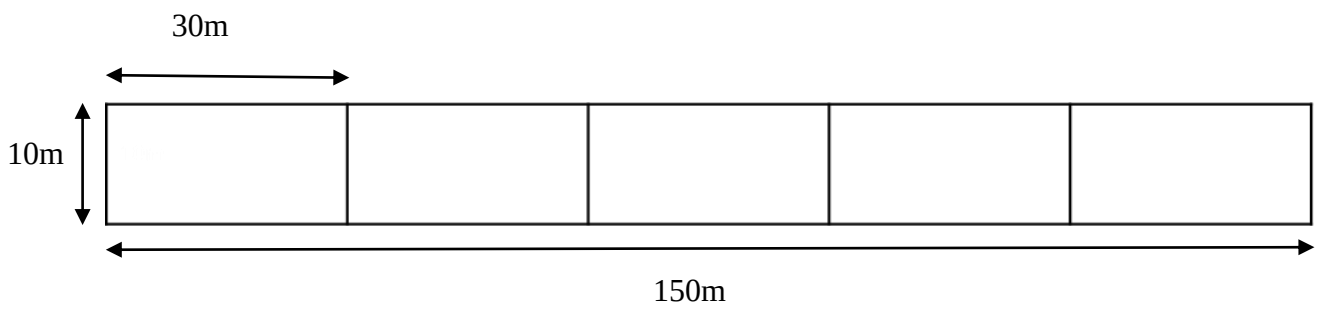


Figure 3.2: Structure of sections along transects.

We measured species cover within each section, using a standard methodology. In order to estimate the percentage cover of species, we used 10 abundance classes of equal interval (*e.g.* 0 - 10; 11 - 20; 21 – 30, etc.). Within each section, we also estimated the cover for all indigenous woody species in the understory and in the canopy (two measures) and the cover of all exotic woody species in understory and canopy (two measures).

3.2.4 Land-use classification

To reflect different levels of anthropogenic disturbance, we distinguished five main land uses : banana plantations (Ba), where banana is cultivated under forest canopy; croplands (Cr) representing patches of mixed crops within a forest matrix; deforested areas (De) for sites with signs of tree logging; old fields (Of), where forest was cleared long ago and native vegetation has been largely replaced by alien vegetation; forests (Fo) for native forest with little evidence of anthropogenic disturbance.

3.2.5 Statistical analyses

We first identified the most invasive alien species, based on their mean percentage cover and frequency within the sections. We then investigated invasion patterns (species and percentage cover) according to land use and habitat types. We differentiated dominant alien plants per habitat type and per stratum (understory and canop*y*).

To evaluate correlation between habitat types and land-use types, we calculated the proportion of the different land use types in each habitat type (n = 240 sections), using a chi-squared test on the contingency table (habitat / land-use). To explore relationships between invasion level, land-use and habitat types, we performed a Principal Correspondence Analysis (PCA) by including mean alien species cover (in the canopy and the understory) and land-use frequency within habitat types (n = 11). For a more detailed assessment, we also carried out PCA on all transect sections (n = 240).

To test whether mean alien cover differs between habitat types, we used Generalized Linear Mixed Model (GLMM) to predict the effect of habitat on alien cover, assigning transect as a random effect and performed a Pairwise comparison test. We performed a beta-regression model to analyse alien species cover (express as a proportion) within habitat types (n = 240), using glmmTMB of DHARMa packages (Bolker 2020 ; Cribari Neto & Zeleis 2010 ; Grun et al 2012 ; Nordstokke & Stelnicki 2014). We used the Tukey method to compare the deviance variabilities among habitat types, based on p-value adjustment at 95% of confidence level (Lenth 2020). In order to analyse the relationship between land-use and alien species cover among habitat types, we used a GLMM with transect as a random effect. We performed a beta-regression model by assigning each land-use as fix-effect within habitat types (n = 240), using glmmTMB of DHARMa packages (Bolker 2020 ; Grun et al 2012 ; Cribari Neto & Zeleis 2010 ; Nordstokke & Stelnicki 2014).

3.3 Results

3.3.1 Invasive alien species

We recorded 55 alien woody plants (Annexe 3.1) occurring on Grande Comore. The most frequent alien species on the island were *Psidium cattleyanum* (present in 213 of the 240 sections, i.e., almost 90%), *Clidemia hirta* as the second most frequent species (present in 167 sections, i.e., almost 70%) and *Rubus rosifolius* present in 92 sections, i.e., almost 40% (Figure 2). Based on mean percentage cover, the most abundant alien species were *Albizia saman* (mean cover = 36.33%), *Eucalyptus robusta* (mean cover = 35.00%) and *Psidium cattleyanum* (mean cover = 32.70 %). A group of species that include *Senna hirsuta* were neither frequent nor abundant at the scale of the island (Figure 3.2).

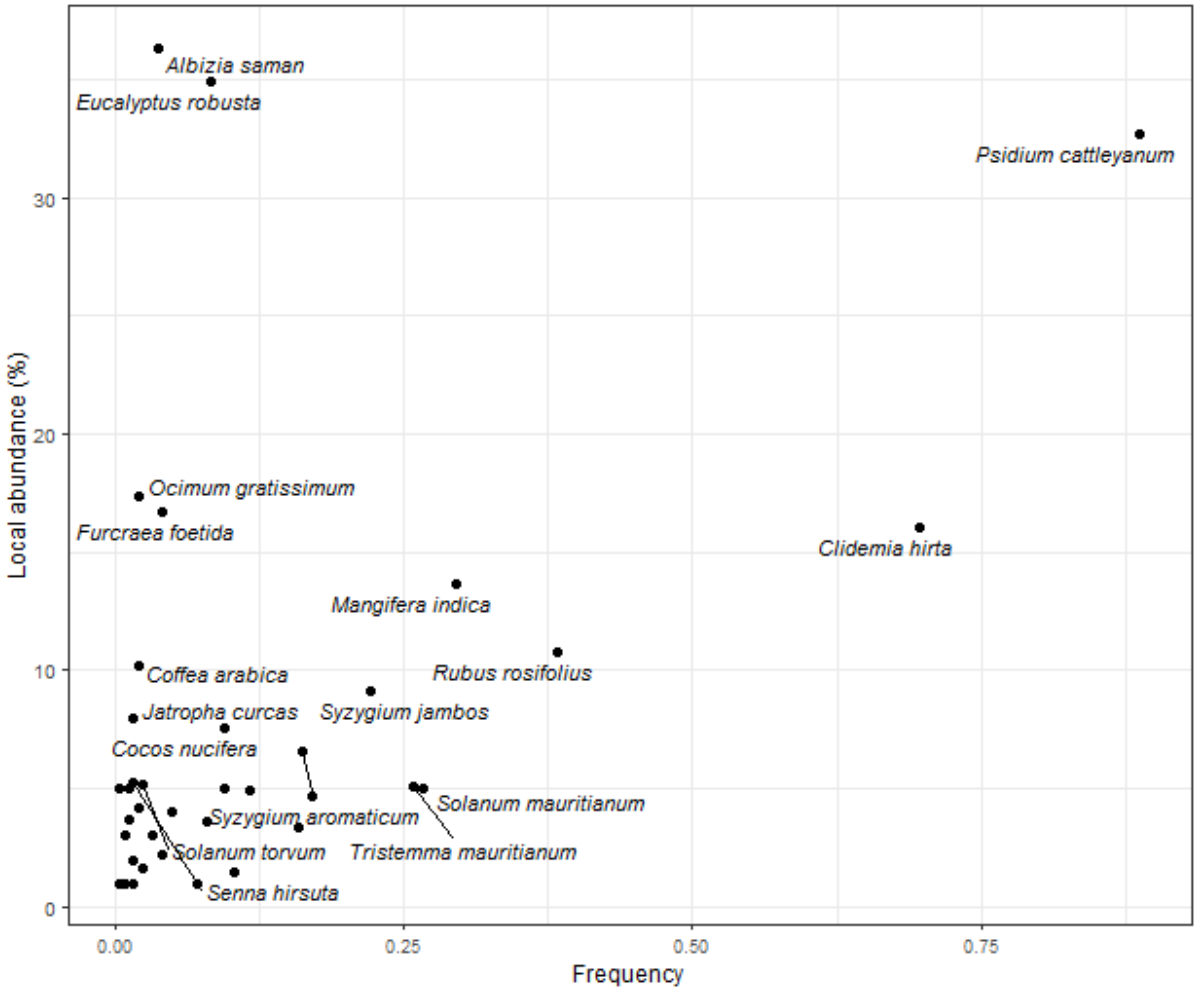


Figure 3.2: Alien species abundance and frequency on Grande Comore. Local abundance represents the mean percentage cover and frequency refers to the occurrence of alien species within sections (n = 240).

Eucalyptus robusta and *Mangifera indica* dominated the canopy of plantations. *Mangifera indica* dominated lowland habitat types where other alien species (*Syzygium aromaticum, Cocos nucifera* and *Artocarpus heterophyllus*) were also found. *E. robusta* was found in submountain plantations. *S. aromaticum*, *S. jambos* and *C. nucifera* were dominant in lowland mixed plantation, below 500 (m) a.s.l. *Syzygium jambos* was present in both strata on the windward slopes but was not recorded on the leeward slopes. *Psidium cattleyanum* was recorded in both windward and leeward habitats. Some species, such as *Senna hirsuta* and *Litsea glutinosa* are not currently abundant on Grande Comore (Appendix 3.1).

Alien species with small and medium fleshy fruits such as *Psidium cattleyanum*, *Clidemia hirta* and *Rubus rosifolius* were dominant in submountain habitats types. On the other hand, large-fruited trees such as *Mangifera indica*, *Artocarpus altilis* and *A. heterophyllus* constitutes the dominant species in lowland habitats, except for *Litsea glutinosa*, a medium fleshy-fruited species only recorded in the leeward submountain dry forest (LSDF) (Appendix 3.1).

3.3.2 Patterns of invasion and transformation of habitat types

To visualise invasion and land use patterns within habitat types, a PCA was used (Figure 3.3). The first two axes alone expressed 77 % of the eigen values (Figure 3.3). Axis 1 explained the major part of inertia and grouped habitat types according to an anthropogenic gradient (the most forested habitats on the left, and the most transformed habitats on the right). Axis 2 was positively correlated with understory invasion (InvUS) but negatively correlated with deforestation (De). Land-use variables of forest (Fo) and banana plantation (Ba) were strongly correlated and opposed to cropland (Cr). Variables of cropland (Cr) and canopy invasion (InvCA) were positively correlated but negatively correlated with old-field (Of). There was no correlation between variables forest (Fo) and canopy invasion (InvCA) (Figure 3.3).

There was a relation between habitat types and land-use ($n = 11$; *chi-square* $= 10.497$; $df = 4$; $p = 0.03$). Land-use effects on habitat invasion were significant at the section level (Appendix 3.2, $p < 0.05$). The windward submountain forests dominated by the native species of *Ocotea* (WSOF), *Nuxia* (WSNF), *Tambourissa* (WSTF) and *Weinmannia* (WSWF) were not greatly affected by anthropogenic disturbances. These habitat types generally contain native vegetation inside their canopy and understory (Table 3.3). Windward submountain habitats were correlated with axis 1 and windward lowland habitats, with axis 2. However

windward submountain *Tambourissa* forest (WSTF) and the windward lowland mixed plantations (WLMP) (Figure 3.3).

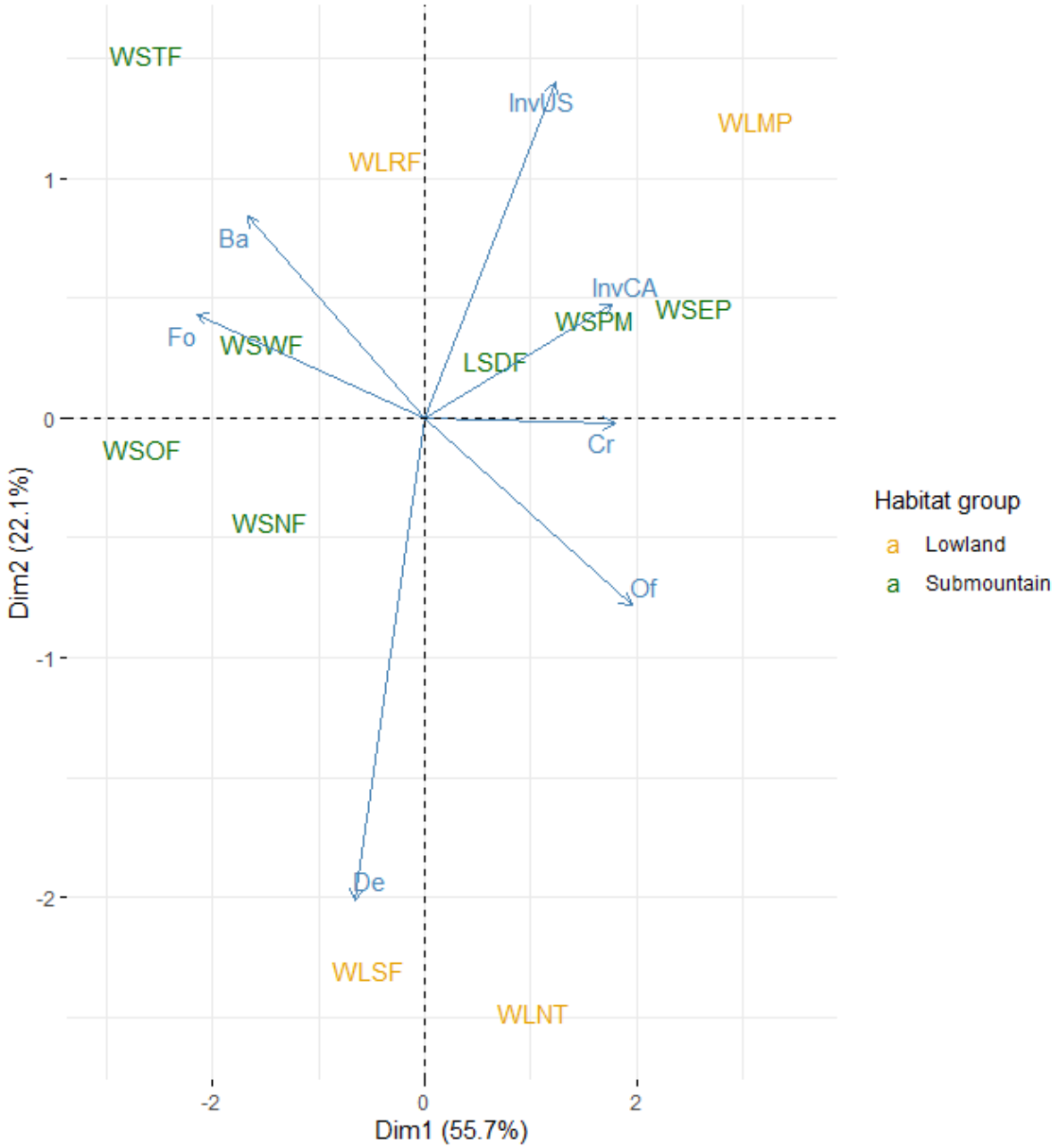


Figure 3.3: Principal Correspondence Analysis of habitat type according to mean cover of alien species (InvUS = understory percentage cover and InvCA = canopy percentage cover) and frequency of land uses (Fo = forest, Ba = banana plantation, De = deforestation, Cr = cropland and Of = old fields). Habitat types were grouped according to elevation (full habitat names are listed in Table 7).

3.3.3 Invasion level within habitat types

Invasion level was estimated based on the percentage cover of alien plants occurring within habitat types (Figure 3.4). The proportion of total alien species cover per habitat type varied significantly between lowland and submountain habitats (Pairwise test, $p < 0.05$). However, the cover of alien species within the understory did not vary significantly (Appendix 3.2) (Pairwise test, $p > 0.05$).

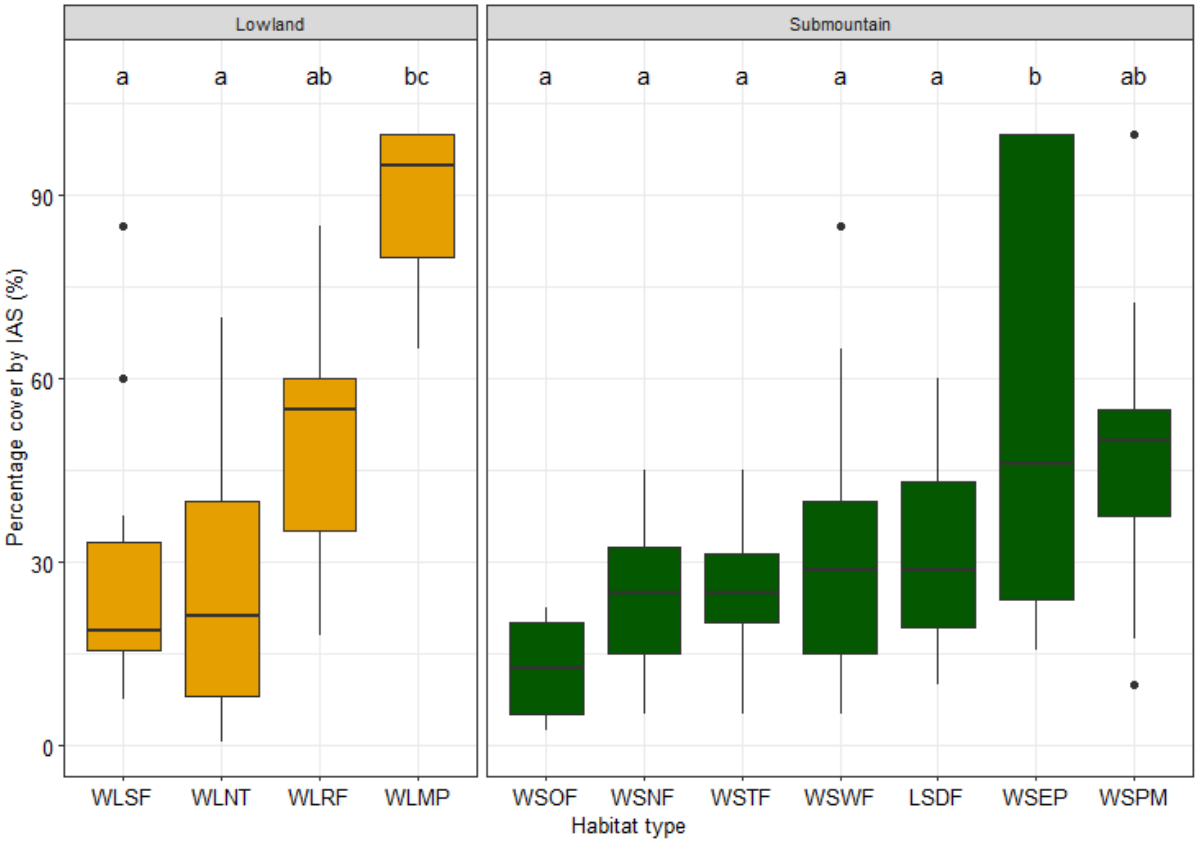


Figure 3.4: Percentage cover of alien species within habitat types. Letters above boxplots represent the differences of significance among land use types, based on pairwise test: values with same letters are not statistically significant different. Habitat types were grouped according to elevation (full habitat names are listed in Table 7).

Lowland habitats showed the highest percentage cover by alien species (Figure 3.5). The influence of elevation was particularly prominent in submountain habitats (Pearson correlation = - 0.36, $p = 0.016$), as abundance of alien species decreases significantly from 700 m above sea level (Appendix 3.3). All lowland habitats were invaded in both canopy and understory (Figure 3.5-A and B) with lower levels of invasion in *Nuxia* thicket (WLNT) and subhumid forest (WLSF) (Figure 3.5-A and B). Submountain habitats were not invaded in their canopies, with the exception of the *Eucalyptus* plantation (WSEP) and the *Psidium* mosaic (WSPM) (Figure 3.6-A and B).

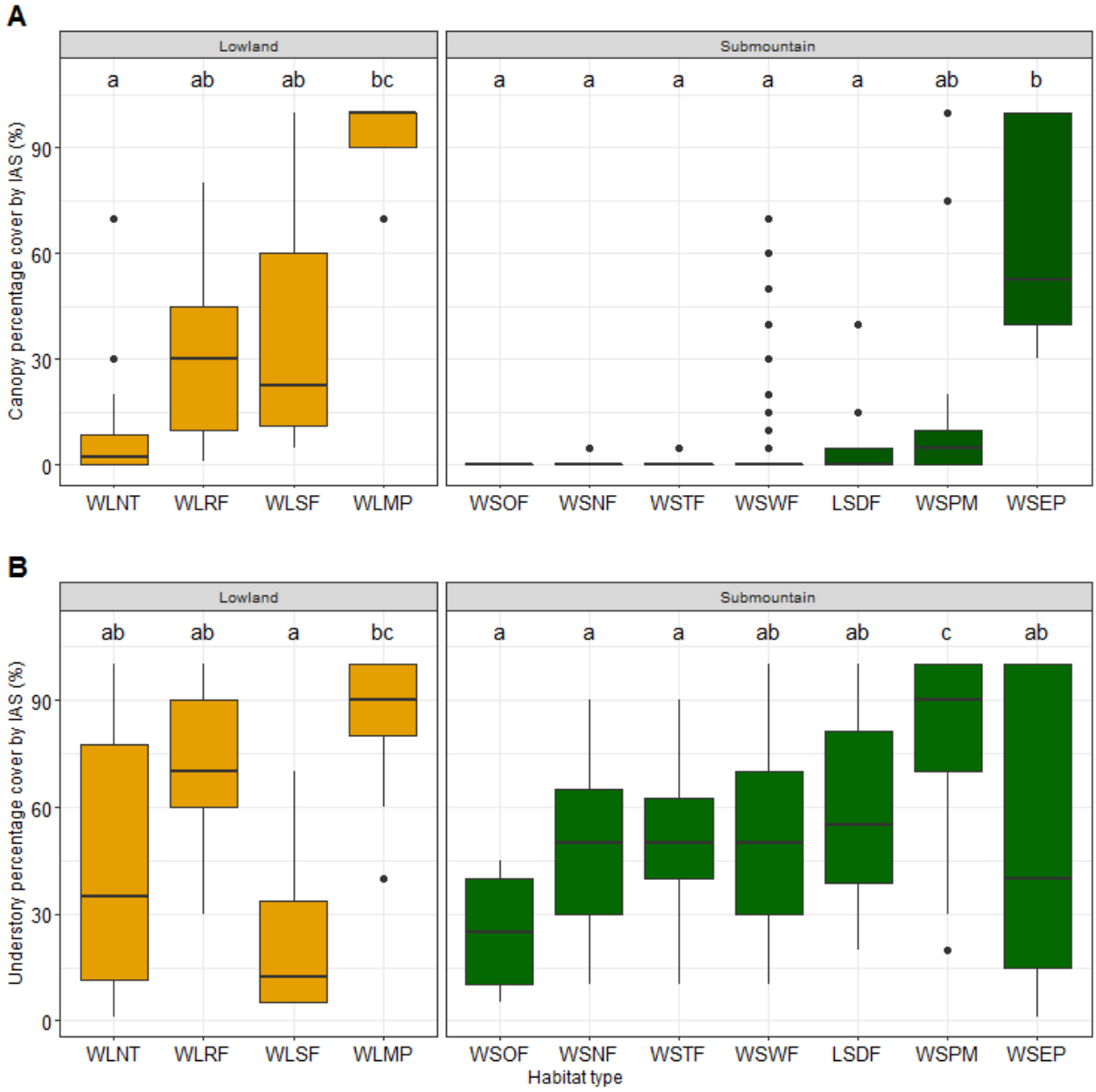


Figure 3.5: Percentage cover of alien plants within habitat types by strata (A: Canopy and B: Understory). Letters above boxplots represent the differences of significance among land use types, based on pairwise test: values with same letters are not statistically significant different. Habitat types were grouped according to elevation (full habitat names are listed in Table 3.1).

Table 3.3: Invasion levels and plant cover within habitat types on Grande Comore by strata.

Habitat types	**Invasion of Understory (%)**	**Invasion of Canopy (%)**	**Canopy plant cover (%)**	**Understory plant cover (%)**	**Number of Transect**	**Number of section (n)**	**Length of transect (m)**
WLMP	83,8	95,4	39,2	62,3	2	13	390
WSEP	51,6	64,5	29,0	25,0	2	10	330
WSNF	47,8	0,1	36,6	60,8	8	43	1320
WSOF	25,4	0,00	50,8	40,4	2	12	360
LSDF	58,4	4,4	18,7	49,3	3	16	666
WSTF	51,6	0,2	39,5	64,1	5	24	600
WLRF	70,2	29,2	40,8	61,8	2	25	750
WSWF	53,2	6,4	35,5	57,4	10	54	1560
WLNT	42,4	10,3	28,9	17,5	2	14	360
WLSF	23,0	35,5	45,5	46,0	2	10	300
WSPM	79,2	14,4	22,6	76,8	6	19	570

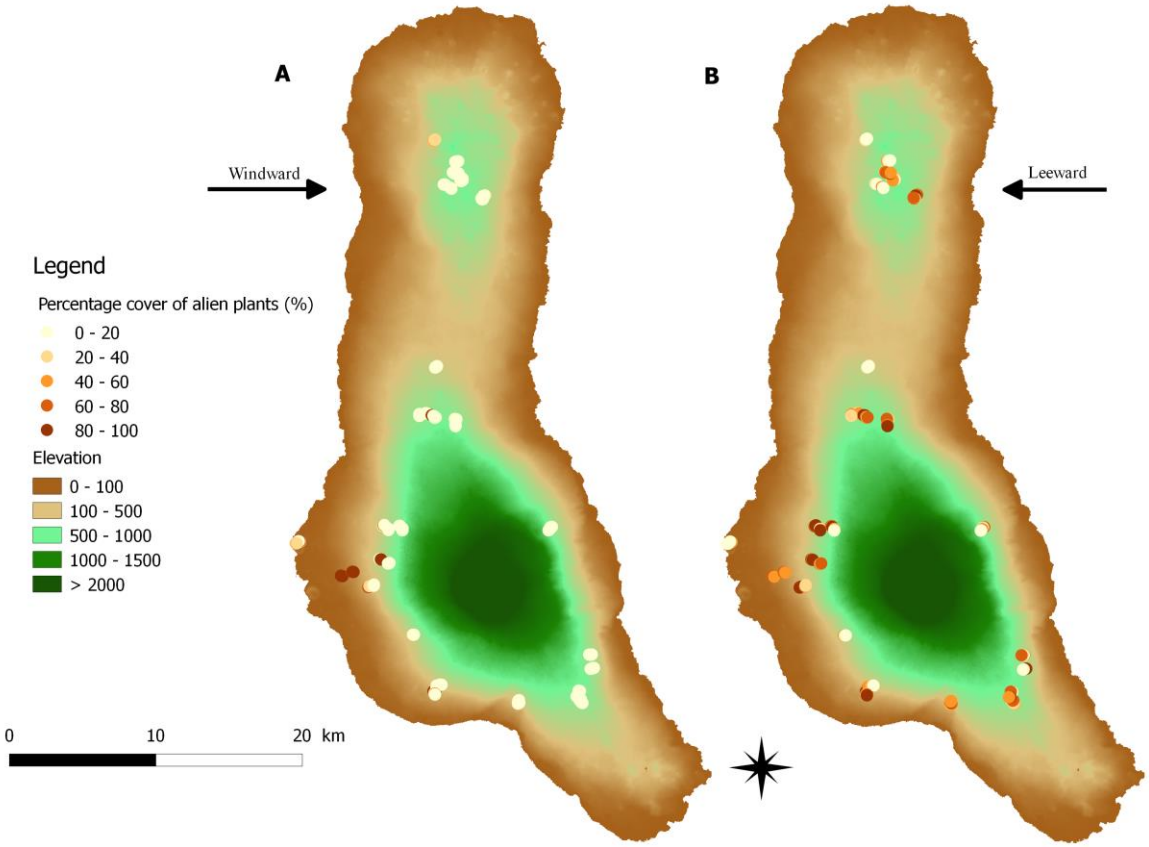


Figure 3.6: Percentage cover of alien plants in transects within (A) canopy and (B) understory on Grande Comore.

3.4 Discussion

In this chapter, we estimated the levels of invasion and anthropogenic disturbance in forest remnants of Grande Comore, and determined the most frequent and abundant alien species at island scale using a standardised, simple and easily reproducible methodology. Our analysis was based on the percentage cover and occurrence of alien woody plants and the frequency of different land use per habitat types.

3.4.1 Most invasive alien species

The most invasive alien woody species of Grande Comore (in terms of species occurrence) is *Psidium cattleyanum*, known to be a problematic invader in tropical islands (Foster Huenneke & Vitousek 1990 ; Patel 2012). This species can form impenetrable thickets in the understory of tropical forests, as it is a shade-tolerant species (Florens et al. 2016). The fleshy fruits of this species are dispersed by birds (and different species of Suidae) as observed in Hawaii, French Polynesia and Reunion (Barbosa et al. 2016 ; Foster Huenneke & Vitousek 1990). *Psidium cattleyanum* was present mainly, in the lowland and submountain forest where the regeneration of native species could be negatively affected by this invader (Charahabil & Akpo 2018).

A few alien woody species should be carefully monitoried as they can become invasive throught time. *Senna hirsuta* (Appendix 3.1), a species that can form monospecific thickets, is considered one of the worst invasive species of tropical forests (Rejmánek & Richardson 2013 ; Richardson & Rejmánek 2011), in particular on islands in the Pacific Ocean (e.g. Galapagos, Fiji and New Caledonia) (DAF 2016). To date, it has not be considered as invasive species of the islands of the western Indian Ocean (Chapter 2), as it was found to cover less than 7% in the Windward Submountain *Ocotea* Forest (WSOF). *Litsea glutinosa*, one of the most invasive woody species in Mayotte (Jacq et al. 2005) and other Indian Ocean islands (Hinsinger & Strijk 2017 ; Kueffer & Lavergne 2004 ; Kueffer et al. 2004) seems to remain mostly restricted to the leeward submountain dry forest (LSDF) on Grande Comore (Table 7). Some species appeared to have limited capacity to invade natural habitats. *Cocos nucifera*, *Eucalyptus robusta* and *Mangifera indica* have a high percentage cover and did not seem to disperse outside plantations, contrary to other Pacific and Indian oceanic islands (Randall 2012 ; Sax 2002 ; Youngh et al. 2010). Although there may be a significant time-lag between the establishment of an new alien species and it becoming

invasive (Crooks 2005), these species should not be considered as invasive on Grande Comore, given their limited dispersal ability.

3.4.2 Priority habitat types for conservation

Priority habitats can be characterised according to the extent of indigenous vegetation, land-use types and the different levels of invasions (Fleischmann 1997 ; Mack & D'Antonio 1998 ; Moges et al. 2017 ; Nobis et al. 2016 ; Pauchard & Alaback 2004 ; Read & Hill 1983 ; Rembold et al. 2017). Of the 11 habitat types defined on Grande Comore, only four still have an intact canopy: *Nuxia*, *Ocotea*, *Tambourissa* and *Weinmannia* submountain forests. Among them, the WSOF requires urgent conservation actions as *Ocotea comorensis* is being logged and is restricted to the region of La Grille. The WSWF is invaded in understory and is also threatened by logging (mainly of *W. comorensis*). Management priorities should therefore focus on the windward submountain dominated by either *Ocotea*, *Nuxia*, *Tambourissa* and *Weinmannia*, which contain the most vulnerable and well-conserved forest remnants (Figure 3.5). Given the current deforestation rate in the Comoros, it is urgent to implement conservation actions for habitats still dominated by native species.

3.4.3 Drivers of habitat invasion and transformation

On Grande Comore, the most invaded habitats were disturbed forests, especially by small-scale cropping (Figure 3.3). Land-use changes, such as new cropland areas, can result in plant invasions. Anthropogenic disturbances in tropical forests represent a significant threat to fleshy-fruited plant species that depend on animal dispersers for their regeneration (Addo-Fordjour et al. 2019 ; Mandon-Dalger et al. 2004 ; Markl et al. 2012). Habitat loss can drive the collapse of frugivorous species in tropical forest patches (Bovo et al. 2018 ; Tobias et al. 2013). The increase of disturbance leads to habitat fragmentation (Fahrig 2003 ; Haddad et al. 2015), with remnant forest dominated by a few alien plants (Lososová et al. 2012 ; Pyšek et al. 2012 ; Vicente et al. 2014). This drive the loss of some tropical forest species, characterised by low population density and low reproductive capacity such as *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Sapotaceae* and *Rubiaceae* (Tabarelli et al. 1999). In the Comoros, *Rubiaceae* constitutes the most diversified family (Labat et al. 2010 ; Mouly 2009) but only a few species of this family remain in lowland habitat types.

As in Hawaii (Smith 1985) and the Mascarene islands (Baret et al. 2006 ; Florens 2013 ; Hammond et al. 2015 ; Norder et al 2017 ; Strasberg et al. 2005), the lowland forests on Grande Comore contain numerous alien species which have escaped from agriculture and

urbanisation. The same trend has been observed on Mayotte (Pascal 1977). As in other densely populated islands, lowland forests have disappeared or are threatened by rapid urbanisation (He et al. 2017). On Grande Comore, the windward lowland subhumid and rainforests have been cleared for housing and agriculture, since the 14th century (Ducatillion & Loup 1985), but to a lesser extent on the leeward side. Indeed, the majority of socio-economic activities take place on the windward side of Grande Comore, which leads to increased anthropogenic disturbances compared on the leeward side. Forest remnants on Grande Comore that have low human pressure demonstrate low levels of invasive plants as compared to the Mascarene islands of Mauritius and Reunion (Florens et al. 2016 ; Monty et al. 2013 ; Lorence 1988 ; MacDonald et al. 1991 ; Tassin et al. 2007) where even protected areas are threatened by alien species.

3.4.4 Contribution on regional cooperation for IAS management

In the biodiversity hotspot of Madagascar and western Indian Ocean Islands, a regional networks have been established to assess biodiversity conservation priorities, including biosecurity program to assess the invasion of alien plants in each of its islands (Comoros [Anjouan, Grande Comore, Mohéli, Mayotte], Madagascar, Mauritius, Reunion, Rodrigues and Seychelles). However, the paucity of data in the three islands of the Union of Comoros constitutes a gap for the effective implementation of this cooperative management framework (Bio & Agri: EpiBio-OI 2017-2020, see Chapter 2). We hope that the results presented here for Grande Comore can contribute to bring island stakeholders together around collaborative platforms for improving management of biological invasions in island systems.

4 Chapitre IV : Végétation pionnière des coulées de lave de La Grande Comore et de La Réunion : composition floristique et importance des plantes exotiques envahissantes

4.1 Introduction

Les milieux insulaires sont des écosystèmes modèles pour l'étude des grandes théories de la biogéographie des espèces. Les îles océaniques fournissent en effet aux biologistes, l'opportunité d'étudier les processus de colonisation et de mise en place des communautés de plantes et d'animaux à l'échelle d'une île ou d'un archipel (Borregaard et al. 2017). Elles ont notamment permis de construire des théories fondatrices en écologie comme celle de MacArthur & Wilson (1967), revisitée et renouvelée par une abondante activité de recherche en biologie insulaire (Steinbauer et al. 2013 ; Warren et al. 2015 ; Whittaker et al. 2017). Parmi l'interêt général de ces écosystèmes, les îles volcaniques permettent d'analyser à une échelle de temps plus récente et plus réduite, la dynamique de succession végétale sur des coulées d'âge différent (Hoffman & Courchamp 2016). A l'échelle de l'habitat, les coulées volcaniques exposent un système original pour la mise en évidence des processus qui se mettent en place lors de la succession primaire.

Actuellement les habitats indigènes dans les îles ont subi de tels niveaux de transformations ou de perturbations, liées notamment à la déforestation et à l'urbanisation (Bayliss-Smith 2003 ; McKinney 2020 ; McLaughlin et al. 2013 ; Strasberg et al. 2005 ; Tzanopoulos et al. 2017), que les travaux scientifiques sont aussi de plus en plus centrés sur les questions de restoration des milieux insulaires et de compréhension des processus d'invasion par les espèces exotiques (Meyers et al. 2019 ; Russel et al. 2017 ; Simberloff 1995 ; Vitousek et al. 1987). A basse altitude, dans les îles océaniques tropicales comme Hawaii, les forêts sont généralement perturbées et remplacées par des peuplements d'espèces exotiques qui modifient la dynamique à long terme de ces forêts (Gillespie et al. 2008).

Dans les îles présentant un volcanisme actif, les activités volcaniques constituent une source de perturbation naturelle de très grande ampleur qui détruit la totalité des écosystèmes laissant place à des processus de succession primaire. Les coulées de lave peuvent constituer de larges zones ouvertes dépourvus de sols qui permettent d'étudier la dispersion et l'établissement des communautés biologiques. Les communautés des plantes indigènes dans les îles présentent une forte capacité de recolonisation des substrats volcaniques neufs à l'origine de la genèse et de la construction de ces îles (Cadet 1977 ; Drake & Mueller-Dumbois 1993 ; Kitayama et al. 1995 ; Mueller-Dumbois 1987 ; Smathers & Mueller-Dumbois 1974 ; Thornton et al. 1988). Cependant, les travaux historiques dans les archipels « laboratoires » comme Galapagos ou Hawaii, s'intéresse à la végétation pionnière sur les

coulées de lave qui est largement dominée par des plantes indigènes pouvant partager les mêmes caractéristiques voire les mêmes taxons, où le rôle des espèces introduites a été peu étudié.

Les travaux sur les pentes du volcan actif à Hawaii (Aplet et al. 2009 ; Huges & Uowolo 2006 ; Mueller-Dumbois 1987 ; Vitousek & Walker 1989 ; Zimmerman et al. 2007) ou dans les îles Sud-Ouest de l'océan Indien (MacDonald et al. 1991 ; Potgieter et al. 2014 ; Strasberg 1994) montrent que certaines espèces exotiques envahissantes sont aussi capables de coloniser ces substrats neufs après perturbation naturelle, avec des espèces ligneuses à croissance rapide capables de modifier le fonctionnement d'un écosystème forestier indigène et la trajectoire de la succession primaire (D'Antonio & Vitousek 1992 ; Vitousek & Walker 1989 ; Walker & Vitousek 1991).

De par leur absence de sol, les coulées de lave historiques ont la particularité d'être épargnées par les pratiques agro-pastorales. En revanche, les interactions habituelles entre l'homme et la nature n'excluent pas les fréquentations humaines dans ces coulées de lave historiques. Dans le cas où les forêts adjacentes sont perturbées et peuplées d'espèces introduites, les espèces exotiques peuvent être dispersées dans les habitats intacts par des oiseaux ou mammifères frugivores (Dawson et al. 2011).

A basse altitude, les coulées volcaniques sont directement exposées à des zones boisées qui servent de source de propagules pour la plupart des taxons constitutifs de la succession (Gillespie et al. 2008). Ces types d'habitats ouverts connaissent des phases de recolonisation par les plantes pouvant arriver naturellement, par le vent (anémochore), les oiseaux et autres animaux disperseurs de graines (zoochores) ou introduites accidentellement par accrochage (mauvaises herbes épizoochores). L'un des problèmes majeurs pour ces types de milieux consiste en l'établissement d'espèces de plantes exotiques qui peuvent modifier la dynamique de succession végétale (Strasberg 1994).

Dans le bassin versant de l'océan Indien, Le Karthala à La Grande Comore et le Piton de La Fournaise à La Réunion sont les seuls volcans encore actifs de la région mais avec des rythmes très décalés en termes de fréquences éruptives (Bachelery et al. 2015 ; Michon 2016 ; Nassor 2001). Ce contexte biogéographique permet de produire des modèles de comparaison pour l'étude de la dynamique des forêts tropicales insulaires à petite et grande échelle. Bien qu'elles soient relativement éloignées, ces deux îles sont liées par diverses situations telle que les échanges socio-économiques et l'historique coloniale en relation avec l'introduction des

espèces exotiques. Dans cette étude, nous allons tout d'abord décrire et caractériser la diversité et la composition des communautés de plantes qui s'établissent sur les coulées volcaniques dans ces deux îles hautes de l'océan Indien. A partir de cet état des lieux, nous répondrons en particulier aux questions suivantes :

- Quelle est l'abondance et la distribution des plantes exotiques envahissantes sur les coulées de lave des deux grands volcans étudiées, le Karthala et le Piton de la Fournaise ?

- Sur une coulée de même âge, quels sont les facteurs qui peuvent expliquer les variations d'abondance et de composition de la végétation sur ces coulées : sites, distance aux habitats forestiers adjacents, altitude ou proximité des zones urbanisées ?

4.2 Méthodologie

4.2.1 Situation géographique des sites d'études

Cette étude a été réalisée à La Grande Comore et à La Réunion, sur des coulées volcaniques récentes. Distants de 1600 km à vol d'oiseau, c'est seulement dans ces deux îles que l'on retrouve encore des reliques de végétation bien préservées sur les pentes des massifs volcaniques. Pour les deux sites, l'éruption s'est produite en 1977, créant des surfaces nues entre les forêts de basse altitude au vent et les plantations mixtes d'espèces exotiques.

A La Grande Comore l'étude concerne la coulée de Singani, dans le versant sud-ouest du Karthala (voir Figure 4.1-A). Cette coulée se situe sur la *côte au vent* qui reçoit en moyenne 2500 à 4000 mm de précipitations annuelles, constituant de ce fait un des secteurs où les maximums pluviométriques peuvent être atteints sur l'île (Legris 1969). De nature basaltique, la structure du sol est constituée par des dépôts de roches en surface de type « aa » et « pahoehoe », d'olivine et/ou de pyroxène (Nassor 2001).

Pour La Réunion, la coulée se situe à Sainte-Rose, dans le sud-est du Piton de la Fournaise. Même si des fortes variations pluviométriques peuvent être observées entre les années (Météo France - Atlas climatique de La Réunion, 2019), ce secteur reçoit en moyenne 5000 à 7500 mm de précipitations annuelles (Figure 4.1-B). Ces valeurs sont très différentes de ceux de La Grande Comore mais Sainte-Rose se trouve dans la zone la plus pluvieuse à La Réunion. Les conditions biophysiques des sites ne sont pas les mêmes (altitude, humidité relative, nébulosité, etc) mais les deux coulées se trouvent sur la *côte au vent* de chaque île.

La structure topographique des coulées de La Réunion est très proche de celle de La Grande Comore, à savoir la constitution d'un substrat basaltique, composé par des microcristaux d'olivines, de plagioclase, de clinopyroxène et de magnétite (Lénat et al. 2012).

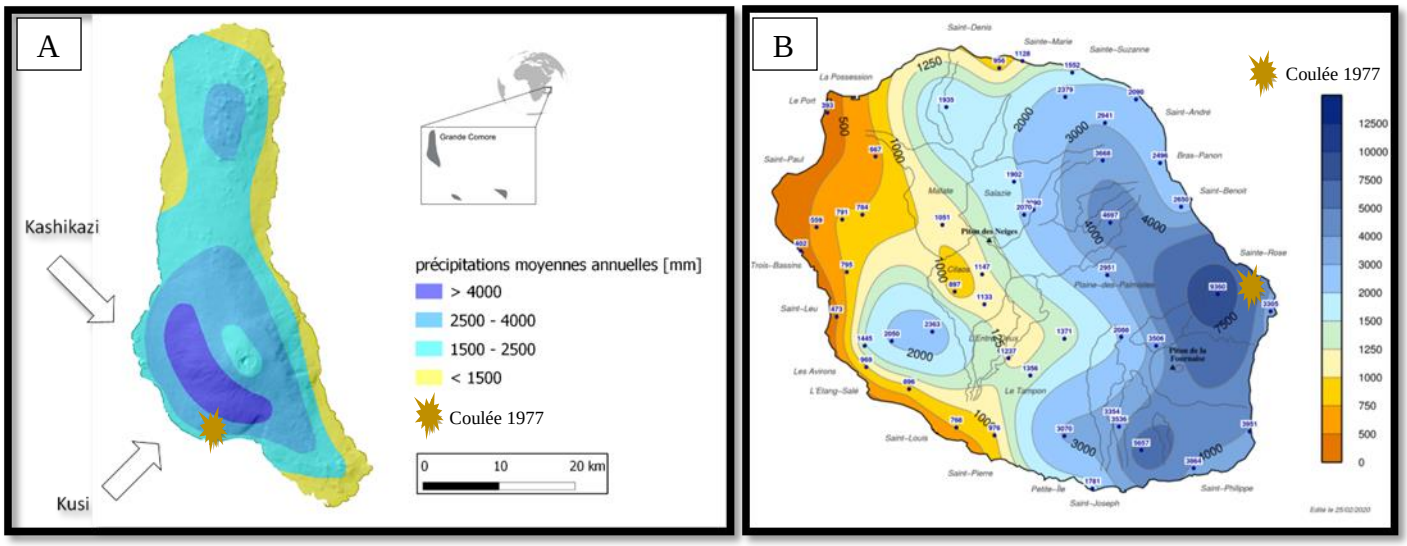


Figure 4.1 : Carte pluviométrique de La Grande Comore (A) (Source : Battistini & Vérin1984) et de La Réunion (B) (Source : Météo France 2019).

Plantule de *Bidens pilosa* sur les roches volcaniques de la coulée de Singani.

4.2.2 Protocole d'échantillonnage

Deux campagnes de terrain nous ont permis de mobiliser les données sur l'ensemble des sites. Une première phase s'est déroulée entre Mai et Juin 2019 à La Grande Comore et une deuxième entre Janvier et Mars 2020 à La Réunion. Nous avons positionné plusieurs transects entre 200 m et 500 m d'altitude à La Réunion (Figure 4.2-A) et trois transects sur la coulée, respectivement à 100 m, 200 m et 300 m d'altitude à La Grande Comore (Figure 4.2-B).

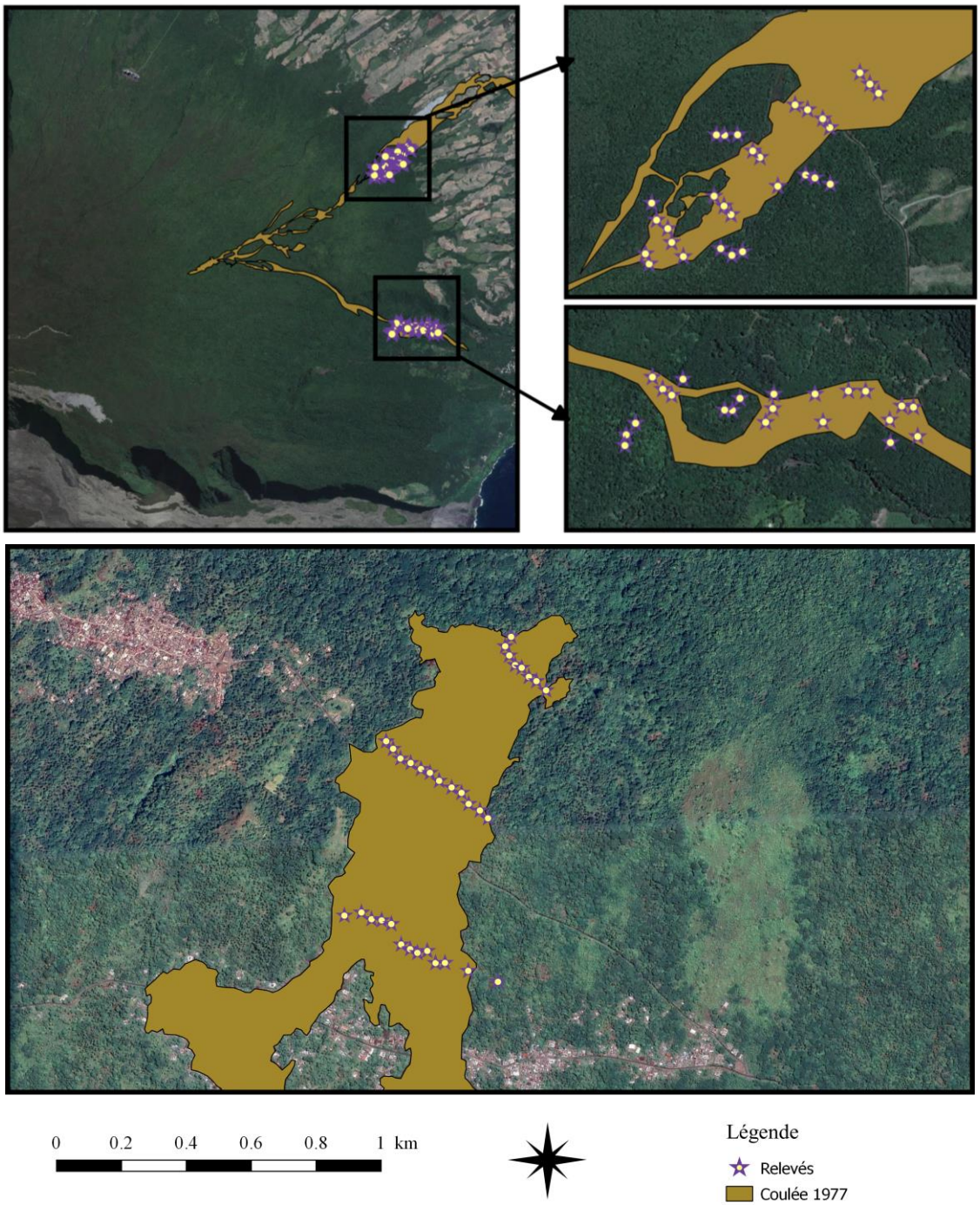


Figure 4.2 : Localisation des relevés effectués à (A) La Réunion et à (B) La Grande Comore.

Pour chaque niveau d'altitude, nous avons réalisé des relevés supplémentaires dans les zones boisées à proximité des coulées afin de comparer la composition floristique des coulées aux zones boisées adjacentes. Nous avons inventorié les espèces sur des relevées de 10m x 10m équidistants de 20m pour les individus de taille ≥ 15cm. Pour chaque relevé, nous avons comptabilisé les plantules sur cinq quadrats de 1m x 1m dont quatre placés sur les côtés et un au centre, associé au point GPS (Figure 4.3).

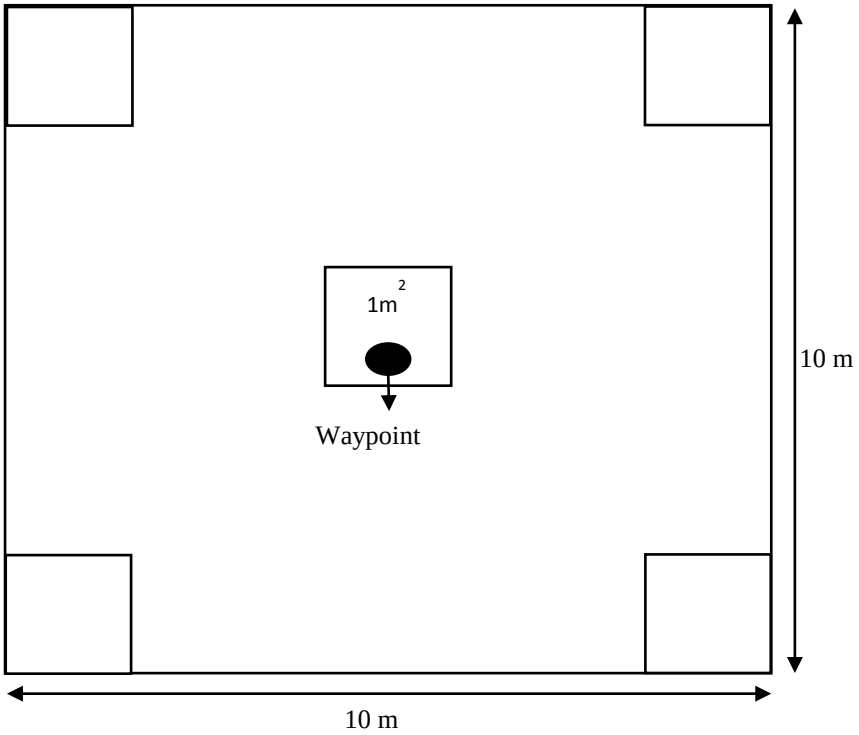


Figure 4.3: Shéma du dispositif mis en place pour les relevés de terrain.

Dans un premier temps, nous avons spécifié les relevés par des codes désignant le type d'habitat concerné par l'inventaire (C = coulée et F = forêt) et estimé la pente du lieu de positionnement par rapport au niveau de la mer. Nous avons tout d'abord caractérisé chaque relevé selon le recouvrement du substrat par catégorie (roche nue, bryolychen et fougère). Par simplification des analyses, nous avons incorporé le recouvrement des bryophytes à celui des lichens, en associant cette catégorie à *Stereocaulon vulcani,* seule espèce pionnière des coulées de La Grande Comore et de La Réunion, qu'on a pu identifier dans ce groupe. Pour les plantes vasculaires, nous avons noté leur recouvrement par statut (exotique / indigène) et par strate suivant des classes de hauteur [< 0.25 m ; 0.25 – 1 m ; 1 – 2 m ; > 2 m]. Nous avons ensuite noté le recouvrement par espèce de plantes exotiques et indigènes et indiqué la hauteur maximale atteinte par espèce. Toutes les mesures de recouvrement ont été estimées selon l'échelle mixte d'abondance/dominance de Braun-Blanquet (Annexe 4.1-C4).

Parmi les contraintes d'échantillonnage, des ravines bordant les coulées ont contraint le positionnement de certains relevés d'où l'importante variabilité qui se manifeste au niveau des transects. A La Grande Comore où le site d'étude ne fait pas partie des zones délimitées en aires protégées, la rencontre de certains propriétaires nous a impacté sur le temps d'échantillonnage. Particulièrement à La Réunion, la coulée s'est manifestée sur deux ramification distants d'environ 2,5 km à vol d'oiseau, ce qui allongea le temps pour inventorier les deux bras. En plus de cette complexité topographique, les problèmes d'accessibilité ont limité le positionnement des relevés au-delà de 500 m d'altitude.

4.2.3 Analyses statistiques

Afin de caractériser la diversité et la composition de la végétation pionnière des coulées, nous avons organisé les relevés effectués à La Grande Comore (Singani) et à La Réunion (Radiers et Bois-blanc) par site et par type biologique des espèces dans des matrices d'associations floristiques. Nous avons considéré tous les taxons identifiés et attribué des couleurs par statut (les espèces exotiques en rouge et les indigènes en noir). Nous avons indiqué la distribution et l'occurrence et des espèces au sein des relevés à partir de l'échelle mixte de Braun-Blanquet.

Pour analyser la physionomie de cette végétation pionnière, nous avons sélectionné les plantes vasculaires en fonction de leurs coefficients d'abondance/dominance, par site et par type biologique (les arbres sont les plantes ligneuses dont la hauteur est supérieure à 8m, les arbustes sont les plantes ligneuses de hauteur comprise entre 1 et 8 m et les arbrisseaux sont les petits arbustes de hauteur comprise entre 0.25 et 1 m). Pour chaque espèce, la fréquence désigne le nombre d'observations sur l'ensemble des relevés et l'abondance désigne le pourcentage de recouvrement. Nous avons ensuite calculé les taux de recouvrement par espèce en utilisant la valeur médiane de l'intervalle de notation par rapport à l'échelle mixte de Braun-Blanquet (Becking 1957 ; Podani 2006).

Nous avons testé l'importance de deux variables potentiellement associées aux differences d'abondance des espèces exotiques : l'altitude et la distance du relevé aux activités anthropiques les plus proches. En effet, les travaux historiques sur la distribution spatiale des plantes exotiques à La Réunion ont prédit un risque d'invasion des coulées récentes par les plantes à fruits charnus en provenance des zones perturbées par l'Homme (MacDonald et al. 1991). Par ailleurs, les investigations sur la distribution des plantes dans les îles Canaries ont démontré une variation significative de la richesse et de la composition floristique selon les

statuts biogéographiques, fortement influencée par les facteurs géographiques tels que l'altitude, la structure de l'habitat, les perturbations en bordure de route et la distance aux zones urbaines (Arévalo et al. 2005).

Pour chaque relevé des coulées, nous avons calculé la distance aux agroforêts et aux agglomérations les plus proches. La cartographie des zones anthropisées a été faite par photo-interprétation d'imageries récentes. Nous avons ensuite réalisé des régressions linéaires par site afin de mesurer les corrélations entre ces deux facteurs et l'abondance des espèces exotiques (Lemenkova 2018).

4.3 Résultats

4.3.1 Composition floristique des sites

Les tableaux 4.1, 4.2 et 4.3 montrent que la recolonisation de ces coulées est caractérisée par l'installation primitive d'un tapis bryo-lychénique mais également une diversité de fougères de la strate herbacée qui sont vraisemblablement les mêmes dans les trois coulées étudiées. Ces fougères communes sont représentées par *Nephrolepis abrupta, Nephrolepis biserrata, Phymatosorus scolopendria, Psilotum nudum* et *Pteridium aquilinum*. Par opposition à La Grande Comore, les coulées de La Réunion sont fortement dominées par *Machaerina iridifolia*, une cyperaceae indigène des Mascareignes. Ces différences de composition se remarquent à l'ordre taxonomique mais nous n'avons pas trouvé de différences significatives en termes de richesse spécifique entre les trois sites étudiés selon les indices classiques de diversité *Shannon*, *Simpson* et *Pielou* (Annexe 4.2).

Dans sa physionomie, cette végétation pionnière présente des caractéristiques similaires pour La Réunion et La Grande Comore. On retrouve dans chaque cas, l'établissement d'espèces ligneuses dont la plupart produisent déjà des fleurs et des fruits, témoignant une maturité bien avancée sur ces jeunes coulées de laves. La composition floristique est dominée par des espèces d'arbres et arbustes indigènes mais dont la diversité est relativement variable d'un site à l'autre (Tableau 4.1, 4.2 et 4.3).

A La Réunion, les plantes ligneuses typiques de la forêt native se sont déjà établies sur ces jeunes coulées. On retrouve *Agarista salicifolia, Aphloia theiformis, Geniostoma borbonicum, Nuxia verticillata, Polyscias repanda* dans les coulées de Bois-blanc et des Radiers mais on note des différences significatives par rapport à la composition en espèces exotiques. A La Grande Comore, la coulée de Singani est caractérisée par une dominance de

Weinmannia comorensis et *Nuxia pseudodentata*, deux arbres endémiques caractéristiques de la forêt native et *Vernonia* sp., un arbuste dominant dans les coulées récentes de l'île.

Figure 4.4: Quelques espèces pionnières des coulées de laves de La Grande Comore.

En ce qui concerne les espèces exotiques, on note une forte hétérogénéité intra-site d'une part et intra-îles d'autre part. A La Réunion, on retrouve *Acacia auriculiformis* et *Casuarina equisetifolia*, deux arbres envahissants sur la coulée de Bois-blanc avec des hauteurs dépassant parfois les arbres indigènes. Ces espèces sont quasiment absentes aux Radiers, hormis un jeune individu de *C. equisetifolia* (T1-R2) et d'autres espèces d'arbres telle que *Trema orientalis* (T1-R3) et *Syzygium jambos* (T3-R1), présentes au stade juvénile.

Pour La Grande Comore, les espèces exotiques sont présentes sur la coulée de Singani mais les arbres introduits se font très rares (Tableau 4.3). Il convient de remarquer néanmoins, la présence de *Spathodea campanulata*, une espèce à haut potentiel invasif dans les îles l'océan Indien et du Pacifique mais qui n'est pas encore listé parmi les espèces envahissantes des Comores.

Tableau 4.1: Diversité et composition de la végétation pionnière sur la coulée de 1977 aux Radiers (Réunion). La classification a été faite en fonction des critères de géolocalisation des relevés, du recouvrement par strate et par statut (E = exotique et I = indigène) et du type biologique des espèces (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée). Les coordonnées GPS de chaque relevé sont indiquées en annexe 4.3.

Caractérisation des relevés	Transect	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6
	Releve	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3
	Pente	10-15	25-30	30-35	0-5	5-10	10-20	20-25	25-30	5-10	10-20	10-20	5-10	10-20	0-5	10-20	5-10	10-15	20-25	5-10
	Altitude	400,13	397,19	393,82	428,47	426,82	428,51	425,93	448,98	451,70	453,76	524,31	521,12	510,69	514,46	546,26	539,60	485,71	480,23	469,99
	Roche nue	P	+	+	P	+	P	P	P	1	+	P	+	P	P	P	+	P	+	P
	Bryolichen	3	+	1	+	1	2	+	2	1	1	+	1	2	1	+	1	+	1	P
	<25cm I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	P	+	+	+	+	P	+
	<25cm E	+	+	+	P	P	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+
	25-1m I	+	+	1	1	P	1	1	1	+	1	+	1	1	1	1	1	+	+	1
	25-1m E	+	P	+	+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
	1-2m I	P	+	+	1	0	+	+	+	1	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+
	1-2m E	P	P	+	0	+	1	1	1	0	+	0	0	0	P	+	0	0	0	0
	>2m I	P	+	P	P	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	+	0	+	+
	>2m E	0	0	0	0	P	1	1	1	P	P	0	0	0	P	P	0	0	+	0
Type bio	**Espèces**																			
1	*Acanthophoenix rubra*																			
1	*Agarista salicifolia*	+	1	1	+	3	1	2	1	+	+	1	+	+	1	+	+	+	+	1
1	*Aphloia theiformis*	+	P	+	P	+	P	+	+		+	+	P		P	+	+		P	+
1	*Casuarina equisetifolia*		P																P	
1	*Homalium paniculatum*				P	+	P											P	P	
1	*Molinaea alternifolia*																			P
1	*Nuxia verticillata*	P	+	P	+		1		+	+	+	+	+	P	+	+	+	P	+	P
1	*Polyscias repanda*	P	P	P	P		+	P		P	P	P	P	+	+	P	P		P	+
1	*Syzygium jambos*								P											
1	*Trema orientalis*			+																
1	*Weinmannia tinctoria*		P		+		+	P	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+

2	*Blechnum tabulare*	+	+	+	2		1		P	+	1	1	1	1	2	1	2	1	+	1
2	*Boehmeria penduliflora*	+	+	1	P		P	+			+		+	P	+	P			P	
2	*Geniostoma borbonicum*	+	+	+	+		+	P	1	+	+	+	+	+		+	+	P	+	+
2	*Hubertia ambavilla*	P	+	+	2		1	1	P	+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	+
2	*Litsea glutinosa*	P	+	+	P											P				
2	*Psidium cattleyanum*		+	+	P	+		+	+		+	P			P	+	P		+	+
2	*Schinus terebinthifolia*	P	+	+	P	1	P	P	+	P				+						
2	*Stoebe passerinoides*				P		P		+	P	+	+	+	P				+	+	P
3	*Ardisia crenata*				P							P			P					P
3	*Clidemia hirta*	+	+	1	2	1	2	1	1	1	+	+	+	+	+	+	1	1	1	1
3	*Lantana camara*	P	P	+	P	+	+	+	P	P	P	+	+			+	+	P	+	+
5	*Angraecum pectinatum*				P															
5	*Arundina graminifolia*		P		2	2		+	1	+	+	+	+	+	1	+	2	1	+	+
5	*Desmodium ramosissimum*					+		+	P						+		P	+		
5	*Dicranopteris linearis*				P						P					+			+	+
5	*Lycopodium cernuum*									1					1					1
5	*Machaerina iridifolia*	+	1	1	3	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	+
5	*Nephrolepis abrupta*	+	+	1		+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+
5	*Nephrolepis biserrata*				2															
5	*Stachytarpheta urticifolia*					+									P					
5	*Spathoglottis plicata*				P			P						P						
5	*Phymatosorus scolopendria*			P																
5	*Pityrogramma calomelanos*										P									
5	*Psilotum nudum*	P																		
5	*Tristemma mauritianum*				+	P	+		P	+	+	+		+	+	+	+	P	+	+

Tableau 4.2: Diversité et composition de la végétation pionnière sur la coulée de 1977 à Bois - blanc (La Réunion). La classification a été faite en fonction des critères de géolocalisation des relevés, du recouvrement par strate et par statut (E = exotique et I = indigène) et du type biologique des espèces (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée). Les coordonnées GPS de chaque relevé sont indiquées en annexe 4.3.

Caractérisation des relevés	Transect	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	6	7
	Releve	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	4	1
	Pente	5-10	5-10	0-5	5-10	0-5	0-5	0-5	5-10	0-5	5-10	0-5	5-10	5-10
	Altitude	280,17	289,23	380,79	378,44	353,80	353,89	270,98	272,29	303,28	248,44	274,51	273,98	371,55
	Roche nue	P	P	+	P	+	+	+	+	P	P	+	+	+
	Bryolichen	+	+	+	P	1	1	+	+	+	+	+	+	+
	<25cm I	+	+	+	1	+	+	+	P	+	+	+	+	+
	<25cm E	+	+	1	1	1	1	1	+	1	1	1	+	1
	25-1m I	+	1	1	2	1	+	+	+	+	1	+	+	+
	25-1m E	+	1	+	1	2	2	1	1	1	+	2	1	2
	1-2m I	1	+	+	+	1	1	+	1	+	1	+	1	+
	1-2m E	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+
	>2m I	1	+	+	+	P	1	+	+	1	+	+	+	+
	>2m E	+	+	+	1	P	+	+	P	+	P	P	P	P
Type bio	**Espèces**													
1	*Acanthophoenix rubra*								P					
1	*Acacia auriculiformis*	P	+	+	+		P	P	P					
1	*Agarista salicifolia*	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1	*Antirhea borbonica*	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+
1	*Aphloia theiformis*	+	+	+	+	1	1	+	+	+	+	+	+	P
1	*Casuarina equisetifolia*	+		+	+	+	+	+		+			+	
1	*Doratoxylon apetalum*	+				P								P
1	*Molinaea alternifolia*													P
1	*Nuxia verticillata*	P	P			P	+	P		+			P	+
1	*Polyscias repanda*	+	+	+	+	P		P	P	P	+	P		P

1	*Syzygium jambos*	+	+								P	P	P	+
2	*Blechnum tabulare*				P				P					P
2	*Boehmeria penduliflora*	+	1	+	P	1	+	+	P	+	+	+	+	+
2	*Geniostoma borbonicum*	+	+							+				+
2	*Hubertia ambavilla*	+	+	+	P				+	+	+	+	P	P
2	*Leea guineensis*		P											
2	*Litsea glutinosa*		+	+	P	P		P	+	+		P		P
2	*Pittosporum senacia*				+									
2	*Psidium cattleyanum*	+	+	1	1	1	1	+	+	1	+	1	1	1
2	*Schinus terebinthifolia*			+	+	P	+			+	P			
3	*Clidemia hirta*	1		+	1	2	1	+	+	+	+	1	1	1
3	*Lantana camara*		+	+	+	P	P	P	+	+	P	+	+	
4	*Rubus alceifolius*			+	+	+	+					P		
5	*Ageratina riparia*	+							P					
5	*Arundina graminifolia*	+	+	+	1	+	1			+				+
5	*Asplenium auriculatum*	P												P
5	*Desmodium incanum*							P	P					
5	*Desmodium ramosissimum*	P	+	P				P						
5	*Dicranopteris linearis*				+									P
5	*Lycopodium cernuum*	+		+		+	1	+	+	1	1	+	+	1
5	*Machaerina iridifolia*	+	+	+	+	1	1	+	+	+	+	+	+	+
5	*Nephrolepis abrupta*	2	2	+	+	1	1	1	1		1	1	1	1
5	*Nephrolepis biserrata*					P		P		1				
5	*Stachytarpheta urticifolia*						+	+						
5	*Phymatosorus scolopendria*	+												
5	*Pityrogramma calomelanos*			1	P				P					
5	*Tristemma mauritianum*	+	+	+	+	+		P	P		+	P	+	+

Tableau 4.3: Diversité et composition de la végétation pionnière sur la coulée de 1977 à Singani (Grande Comore). La classification a été faite en fonction des critères de géolocalisation des relevés, du recouvrement par strate et par statut (E = exotique et I = indigène) et du type biologique des espèces (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée). Les coordonnées GPS de chaque relevé sont indiquées en annexe 4.3.

Caractérisation des relevés	Transect	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Releve	4	5	6	7	8	9	10	11	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Pente	10-20	10-20	15-30	20-25	15-30	20-25	25-30	30-35	10-20	15-30	30-35	30-35	30-35	10-20	30-35	25-30	25-30
	Altitude	404,21	397,60	383,10	391,17	373,18	384,63	382,63	381,69	327,05	301,73	305,27	309,29	320,30	308,14	307,76	312,03	321,26
	Roche nue	1	2	1	2	+	+	3	+	1	+	1	+	+	+	+	+	1
	Bryolichen	0	1	2	3	3	3	+	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2
	<25cm I	+	+	1	+	2	1	+	1	1	P	+	+	+	P	+	+	1
	<25cm E	0	+	1	P	+	+	+	+	+	P	1	P	P	P	+	+	P
	25-1m I	0	2	2	+	+	2	+	2	0	+	1	1	1	+	+	+	+
	25-1m E	+	1	1	P	P	0	P	0	+	P	1	+	+	+	+	P	P
	1-2m I	0	1	1	+	+	1	P	1	P	P	+	+	P	1	1	0	1
	1-2m E	1	0	0	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P	0
	>2m I	+	+	0	1	+	+	+	+	+	+	0	0	+	P	+	P	0
	>2m E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type bio	**Espèces**																	
1	*Albizia saman*								P									
1	*Cinnamomum verum*	+					P											
1	*Eucalyptus camaldulensis*															P		
1	*Gliricidia sepium*	1															P	
1	*Mangifera indica*	P																
1	*Nuxia pseudodentata*					P		P	+				P	1	P	1		
1	*Spathodea campanulata*							P										P
1	*Terminalia catappa*																P	
1	*Weinmannia comorensis*	P	1		1	1	1	1	1	1	1	P	1	+	P	+	P	
2	*Citrus sinensis*	P															P	

2	*Cycas thouarsii*	1															1	1
2	*Dodonaea viscosa*				+					+	P						P	P
2	*Euclea mayottensis*																	
2	*Jatropha curcas*	P															P	
2	*Microglossa pyrifolia*												P		P	P		
2	*Polyscias guilfoylei*							P										P
2	*Psidium cattleyanum*	P	P		P		P			P	P	P	P		P	P	+	1
2	*Psidium guajava*			P													P	P
2	*Pyrostria bibracteata*									+		P			P			
2	*Rhus natalensis*														P	P		
2	*Solanum mauritianum*																	
2	*Vernonia* sp		1	1	+	P	1	2	+	P	1	1	1	1	1	1		
3	*Clidemia hirta*	+	P	P	P	P	P	P	P	1	+	1	1	+	+	+	1	1
3	*Indigofera hirsuta*	+	1							P							1	
3	*Indigofera tinctoria*			+	P	P	P			1		1		P			1	P
3	*Pentas lanceolata*		P	+	P	P	P	1		+	P	P	+		P	P	P	P
3	*Phyllanthus tenellus*	P						1									P	
3	*Rubus rosifolius*							P										
3	*Triumfetta rhomboidea*	+																**P**
3	*Urena lobata*	1																
4	*Passiflora suberosa*								P									
4	*Rhoicissus revoilii*									+	1	1	1	1	1	+		
5	*Achyranthes aspera*		P															
5	*Angraecum*				P	P	P			+	P	P	P		P	P		
5	*Bidens pilosa*	P	P	P	P	P		1	P									
5	*Conyza sumatrensis*	P							P					P				
5	*Cynorkis fastigiata*										P	+	P		P	P		
5	*Disperis tripetaloides*											P						
5	*Emilia sonchifolia*							1								P		
5	*Nephrolepis abrupta*		1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	3	1		

5	*Nephrolepis biserrata*	1													P			
5	*Panicum brevifolium*								1									
5	*Phymatosorus scolopendria*	1	+	1	+	1	P	P	P	1	1	1	1	1	1	1		
5	*Psilotum nudum*	1	1	1	+	+	P	P	+	+	1	P	1	1	+	+		
5	*Pteridium aquilinum*	+	1			P			1							P		
5	*Pycreus polystachyos*		P		P													
5	*Sonchus oleraceus*			P														
5	*Stachytarpheta jamaicensis*	1							P									
5	*Stachytarpheta urticifolia*			P														
5	*Tristemma mauritianum*	P						1	P	+		P	P		P	P		

Tableau 3 (suite)

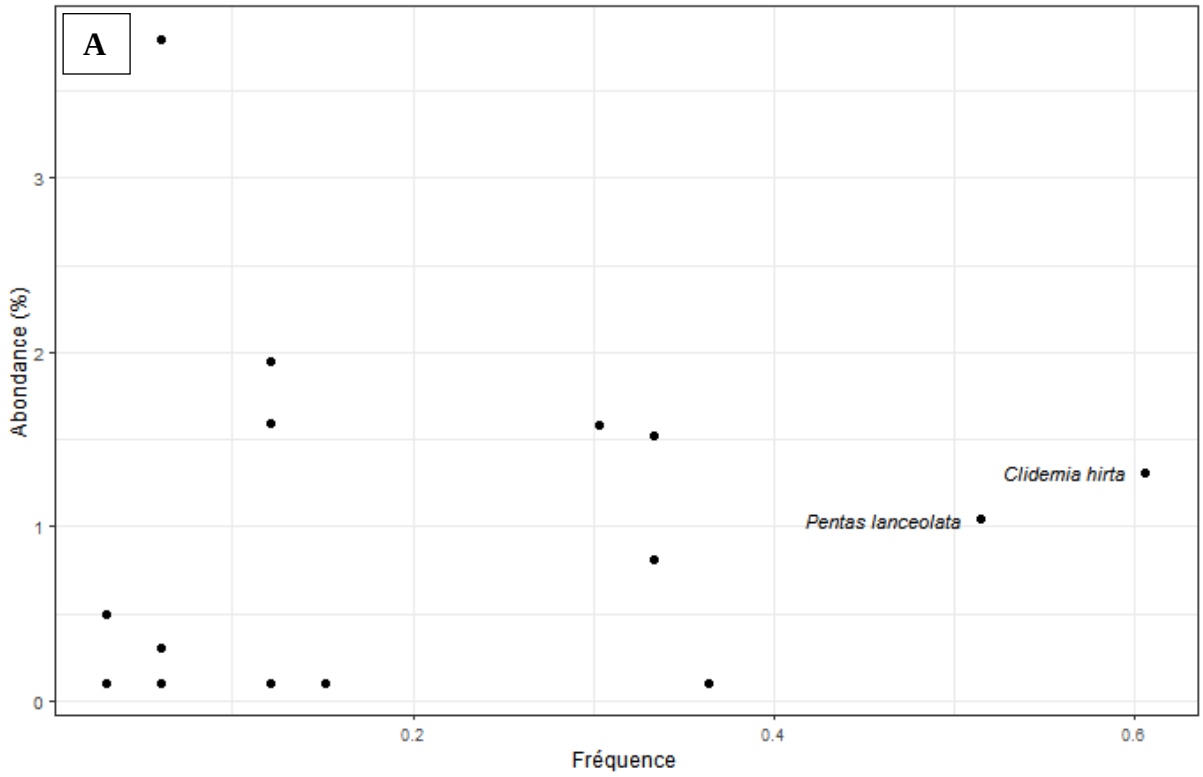
Caractérisation des relevés	Transect	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Releve	13	14	15	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	16
	Pente	25-30	10-20	10-20	5-10	5-10	5-10	15-30	20-25	0-5	10-20	15-30	15-30	15-30	20-25	10-20	0-5
	Altitude	320,54	318,99	280,26	191,41	199,03	201,07	203,18	209,17	198,43	197,21	199,26	201,12	181,40	186,96	192,51	191,39
	Roche nue	1	1	1	1	1	+	+	+	+	P	P	P	+	P	P	2
	Bryolichen	1	2	1	2	2	3	3	3	3	4	3	3	2	3	1	+
	<25cm I	P	+	+	P	0	P	P	P	P	P	0	0	P	P	0	0
	<25cm E	0	P	+	0	P	0	P	0	0	P	0	0	P	0	P	P
	25-1m I	1	+	+	+	P	P	P	+	0	0	0	0	P	+	P	+
	25-1m E	0	0	P	0	P	P	0	0	0	P	0	0	0	0	0	P
	1-2m I	+	1	P	0	0	P	P	0	0	P	0	0	0	0	0	0
	1-2m E	0	0	P	0	P	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P
	>2m I	0	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>2m E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Type bio	**Especes**																
1	*Gliricidia sepium*		P			P	P										
1	*Mangifera indica*		P			P		P									P
1	*Terminalia catappa*		P														
1	*Weinmannia comorensis*		P		P												
2	*Cycas thouarsii*		P														P
2	*Euclea mayottensis*			P													
2	*Microglossa pyrifolia*																
2	*Psidium cattleyanum*			P							P						
2	*Pyrostria bibracteata*		P		P											P	P
2	*Rhus natalensis*			P													
2	*Vernonia* sp	1	1	P	P	P	1	1		P				P	P		
3	*Clidemia hirta*		P	P													P
3	*Indigofera hirsuta*			P													
3	*Indigofera tinctoria*		+	P	P												
3	*Pentas lanceolata*		P	1	P										P	P	P

3	*Urena lobata*																
4	*Rhoicissus revoilii*	P	P	1	1	P	P	1	1	P	P	P	P	+	P	P	P
5	*Angraecum*		P														
5	*Bidens pilosa*					P										P	1
5	*Conyza sumatrensis*																P
5	*Cynorkis fastigiata*	P		P													
5	*Emilia sonchifolia*				P	P					P						
5	*Nephrolepis abrupta*	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	P
5	*Nephrolepis biserrata*																P
5	*Phymatosorus scolopendria*	1	1	1	1	1	P	P	P	1	1	P	P	P	P	1	P
5	*Psilotum nudum*	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
5	*Pteridium aquilinum*			P													1
5	*Stachytarpheta urticifolia*		P														
5	*Tristemma mauritianum*			P		P											

4.3.2 Fréquence et abundance des espèces exotiques

Les communautés de plantes établies dans les coulées incluent 76 espèces, dont 45 exotiques, sur l'ensemble des sites (Bois-blanc, Radiers et Singani). Pour les sites de La Réunion, ces plantes se distinguent en 12 espèces indigènes et 15 exotiques à Bois-blanc contre 12 espèces indigènes et 13 exotiques aux Radiers. A La Grande Comore, la coulée de Singani est composée de 13 espèces indigènes et de 29 exotiques.

Sur l'ensemble des trois coulées, plusieurs espèces exotiques sont fréquentes. Dans la coulée de Bois-blanc, les espèces exotiques fréquentes sont représentées par *Boehmeria penduliflora*, *Clidemia hirta*, *Psidium cattleyanum* (F = 1, où F dénote la fréquence sur l'ensemble des relevés sur cette coulée), *Lantana camara* et *Tristemma mauritianum* (F = 0.85), *Litsea glutinosa* (F = 0.70), *Casuarina equisetifolia* (F = 0.61), *Acacia auriculiformis* (F =0.54), (Figure 4.5-A). Les espèces exotiques fréquentes dans la coulée des Radiers sont représentées par *Clidemia hirta* (F = 1), *Lantana camara* (F = 0.90), *Psidium cattleianum* (F = 0.74), *Boehmeria penduliflora* (F = 0.64) et *Schinus terebinthifolia* (F = 0.53) (Figure 4.5-B). Pour la coulée de Singani, les espèces exotiques fréquentes sont représentées par *Clidemia hirta* (F = 0.60) et *Pentas lanceolata* (F = 0.52) (Figure 4.5-C).



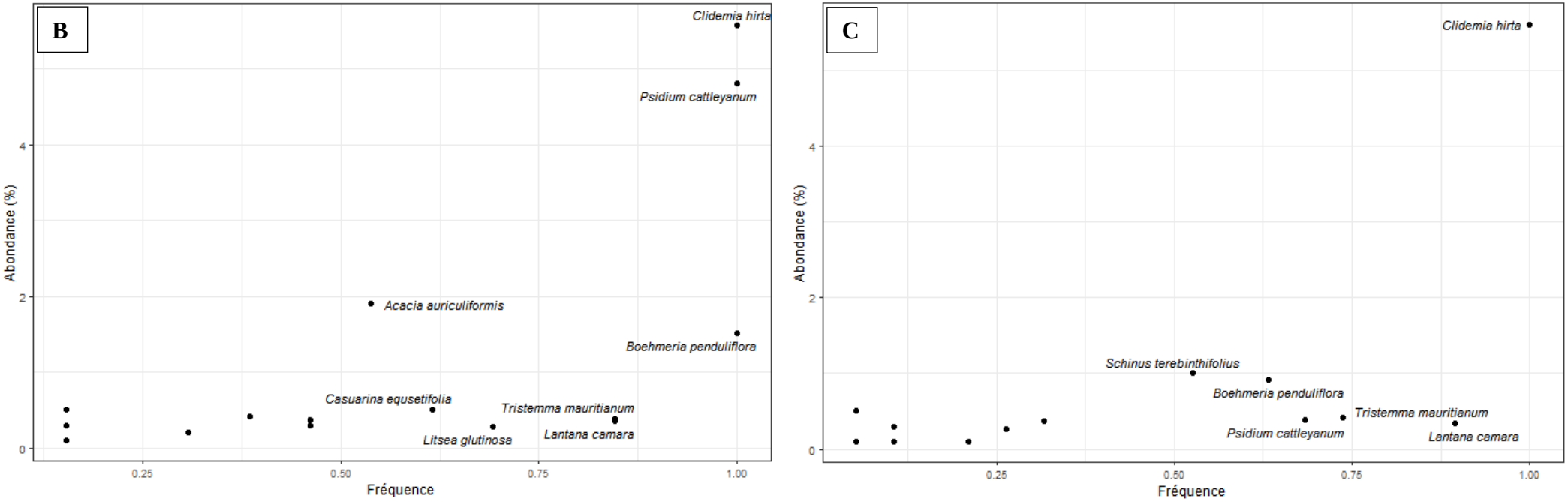


Figure 4.5 : Distribution des espèces exotiques en fonction du recouvrement en espèces exotiques pour les coulées de (A) Singani, de (B) Bois-blanc et de (C) Radiers. Seulement les espèces dont la fréquence est supérieure à 0.50 ont été affichées.

Malgré une fréquence élevée de quelques espèces, le recouvrement en espèces exotiques est très faible généralement. En effet, concernant la coulée de Bois-blanc, on dénote un recouvrement moyen de 5,58 % pour *Clidemia hirta* et de 4,81 % pour *Psidium cattleyanum* et pour les arbustes *Acacia auriculiformis* et *Boehmeria penduliflora* leur recouvrement moyen est proche de 1 % (Tableau 4.4). Sur la coulée des Radiers, on dénote un recouvrement moyen de 5,61 % pour *Clidemia hirta*, seule espèce très représentative ; les arbustes *Schinus terebinthifolius* et *Boehmeria penduliflora* ont un recouvrement moyen proche de 1 % (Tableau 4.5). Pour la coulée de Singani, le recouvrement est très faible pour l'ensemble des espèces exotiques. On dénote un recouvrement moyen de 3.8% pour *Phyllanthus tenellus, Stachytarpheta jamaicensis* et *Urena lobata*. L'autre catégorie d'espèces est représentée par *Gliricidia sepium, Indigofera tinctoria, Pentas lanceolata* et *Tristemma mauritianum* pour un recouvrement moyen proche de 1 % (Tableau 4.6).

Tableau 4.4 : Fréquence et recouvrement moyen des espèces relevées sur la coulée de Bois-blanc à La Réunion par type biologique (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée) et par statut (exotique / indigène). La fréquence correspond au nombre de relevés auquel l'espèce a été observée (n = 13)

Espèce	**Type biologique**	**Fréquence**	**Recouvrement**
Espèces indigènes			
Acanthophoenix rubra	1	1	0,01
Agarista salicifolia	1	13	9,18
Antirhea borbonica	1	13	1,04
Aphloia theiformis	1	13	1,55
Blechnum tabulare	2	3	0,10
Dorotaxylon apetalum	1	3	0,23
Geniostoma borbonica	1	4	0,50
Hubertia ambavilla	2	10	0,38
Leea guinensis	1	1	0,10
Molinaea alternifolia	1	1	0,10
Nuxia verticillata	1	8	0,25
Pittosporum senacia	1	1	0,50
Polyscias repanda	1	11	0,28
Total espèces indigènes			**14,22**

Espèces exotiques			
Acacia auriculiformis	1	7	1,90
Ageratina riparia	5	2	0,30
Boehmeria penduliflora	2	13	1,52
Casuarina equisetifolia	1	8	0,50
Clidemia hirta	3	13	5,58
Desmodium incanum	5	2	0,10
Desmodium ramosissimum	5	4	0,20
Lantana camara	3	11	0,35
Litsea glutinosa	2	9	0,28
Psidium cattleyanum	2	13	4,81
Rubus alceifolius	4	5	0,42
Rubus rosifolius	3	6	0,37
Stachytarpheta urticifolia	5	2	0,50
Syzygium jambos	1	6	0,30
Tristemma mauritianum	5	11	0,39
Total espèces exotiques			**17,52**

Tableau 4.5 : Fréquence et recouvrement des espèces relevées sur la coulée des radiers à La Réunion par type biologique (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée) et par statut (exotique / indigène). La fréquence correspond au nombre de relevés auquel l'espèce a été observée (n = 19)

Espèce	Type biologique	Fréquence	Recouvrement
Espèces indigènes			
Agarista salicifolia	1	19	5,92
Aphloia theiformis	1	16	0,35
Blechnum tabulare	2	17	6,77
Danais fragrans	4	1	0,5
Geniostoma borbonica	2	17	0,86
Homalium paniculatum	1	5	0,18
Hubertia ambavilla	2	18	3,34
Molinaea alternifolia	1	1	0,10
Nuxia verticillata	1	17	0,79
Polyscias repanda	1	16	0,20
Stoebe passerinoides	2	11	0,32
Weinmannia tinctoria	1	15	0,42
Total espèces indigènes			**19,75**
Espèces exotiques			
Ardisia crenata	3	4	0,10
Boehmeria penduliflora	2	12	0,92
Casuarina equisetifolia	1	2	0,10
Clidemia hirta	3	19	5,61
Desmodium incanum	5	6	0,37
Lantana camara	3	17	0,34
Litsea glutinosa	2	5	0,26
Psidium cattleyanum	2	13	0,38
Schinus terebinthifolia	2	10	1,00
Stachytarpheta urticifolia	5	2	0,30
Syzygium jambos	1	1	0,10
Trema orientalis	1	1	0,50
Tristemma mauritianum	5	14	0,41
Total espèces exotiques			**10,39**

Tableau 4.6 : Fréquence et recouvrement des espèces relevées sur la coulée de Singani à La Grande Comore par type biologique (1 = arbre, 2 = arbuste, 3 = arbrisseau, 4 = liane, 5 = herbacée) et par statut (exotique / indigène). La fréquence correspond au nombre de relevés auquel l'espèce a été observée (n = 33)

Espèce	Type biologique	Fréquence	Recouvrement
Espèces indigènes			
Cycas thouarsii	2	3	2,57
Dodonaea viscosa	2	3	0,37
Euclea mayottensis	2	1	0,10
Ficus lutea	1	5	0,10
Indigofera hirsuta	3	4	2,05
Microglossa pyrifolia	2	4	0,10
Nuxia pseudodentata	1	7	2,27
Polyscias acuta	1	1	0,10
Pyrostria bibracteata	2	8	0,15
Rhoicissus revoilii	4	19	4,06
Rhus natalensis	2	4	0,10
Terminalia catappa	1	1	0,10
Vernonia sp	2	23	5,52
Weinmannia comorensis	1	17	4,06
Total espèces indigènes			**21,65**
Espèces exotiques			
Achyranthes aspera	5	1	0,10
Albizia saman	1	1	0,10
Artocarpus heterophyllus	1	1	0,10
Bidens pilosa	5	10	1,58
Cinnamomum verum	1	2	0,30
Citrus sinensis	2	1	0,10
Clidemia hirta	3	20	1,31
Conyza sumatrensis	5	4	0,10
Emilia sonchifolia	5	4	1,95
Eucalyptus camaldulensis	1	1	0,10
Gliricidia sepium	2	4	1,59
Indigofera tinctoria	3	11	1,52
Jatropha curcas	2	1	0,10
Mangifera indica	1	5	0,10
Pentas lanceolata	3	17	1,04
Phyllanthus tenellus	3	2	3,80
Psidium cattleyanum	2	12	0,10
Psidium guajava	2	1	0,10
Pterocarpus indicus	1	2	0,10
Rubus rosifolius	3	1	0,10
Sonchus sp	5	1	0,10

Spathodea campanulata	1	1	0,10
Stachytarpheta jamaicensis	3	2	3,80
Stachytarpheta urticifolia	3	2	0,10
Tristemma mauritianum	5	11	0,81
Triumfetta rhomboidea	3	1	0,50
Urena lobata	3	2	3,80
Total espèces exotiques			**23,5**

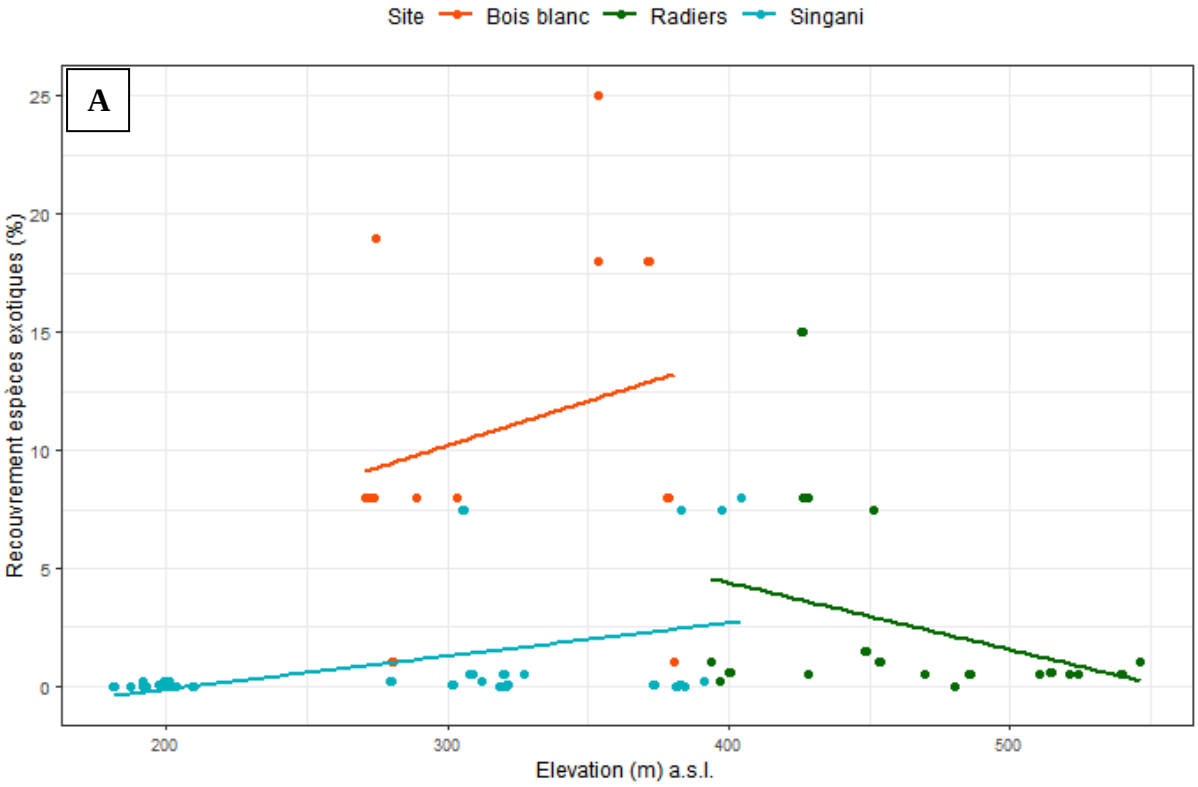
4.3.3 Recouvrement en espèces exotiques et influence des facteurs géographiques

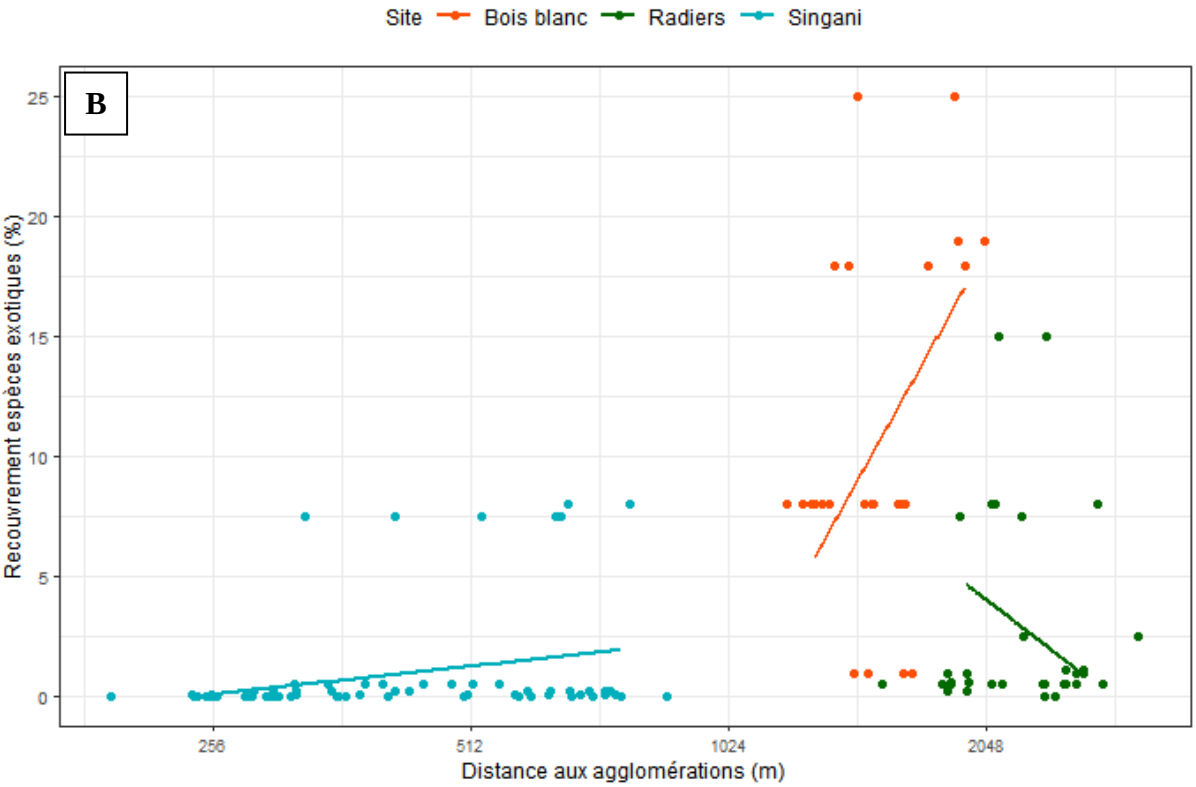
Le recouvrement en espèces exotiques dans les coulées de lave étudiées est relativement variable d'un site à l'autre, avec différents types biologiques (arbres, arbustes et arbrisseaux). Quelques espèces rudérales ont été relevées sur ces coulées et ont pour la majorité de très faibles coefficients de recouvrement. On les retrouve notamment dans les relevés à proximité des zones perturbées, plutôt dans les coulées de Bois-blanc et de Singani (Tableaux 4.1 et 3). Ces différences de composition entre les sites peuvent être influencées par des facteurs géographiques et des caractéristiques propres à chaque site.

L'altitude est l'un des facteurs pouvant être associée aux différences de composition en espèces exotiques entre les sites. Si on considère les sites qui se situent dans les mêmes plages d'altitude (Bois-blanc et Singani), on s'aperçoit que le recouvrement en espèces exotiques augmente avec l'altitude à la fois pour La Réunion et pour La Grande Comore (Figure 4.6-A). Par contre on observe le phénomène inverse sur la coulée des radiers où le recouvrement en espèces exotiques diminue progressivement au-delà de 400m d'altitude (Figure 4.6-A).

L'autre facteur qui pourrait être associé à cette variabilité est la proximité des coulées étudiées par rapport aux activités anthropiques, notamment les agglomérations et les champs agricoles. Pour les sites de Singani et Bois-blanc, le recouvrement en espèces exotiques est positivement correlé à la distance aux agglomérations. Aux Radiers, c'est l'inverse avec une corrélation négative entre recouvrement des espèces exotiques et distance aux agglomérations (Figure 4.6-B). La proximité aux actitivités agricoles donne des résultats plus cohérents sur les trois sites. Pour l'ensemble des sites, le recouvrement en espèces exotiques est négativement correlé à la distance aux activités agricoles (Figure 4.6-C).

Les facteurs géographiques sont cependant corrélés entre eux (Annexe 4.4). Par exemple, l'altitude est positivement corrélée à la distance aux agglomérations.


Site
Bois blanc
Radiers
Singani
A
Recouvrement espèces exotiques (%)
0
5
10
15
20
25
200
300
400
500
Elevation (m) a.s.l.


Site
Bois blanc
Radiers
Singani
B
Recouvrement espèces exotiques (%)
0
5
10
15
20
25
256
512
1024
2048
Distance aux agglomérations (m)

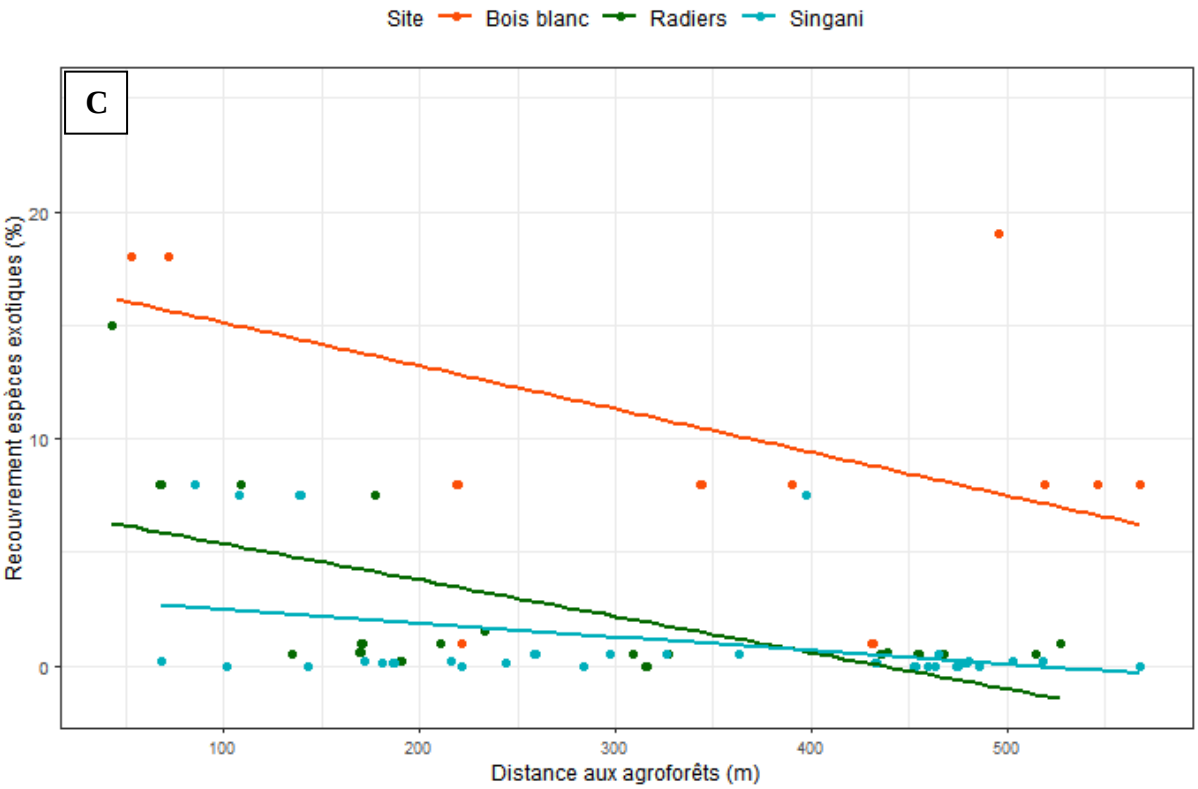


Figure 6-C4 : Pourcentage de recouvrement en espèces exotiques en fonction de (A) l'altitude, de (B) la distance aux agglomération et de (C) la distance aux agroforêts par rapports aux éffectués sur les coulées de La Réunion (Bois-blanc et Radiers) et de La Grande Comore (Singani).

4.4 Discussion

Cette étude nous a permis de caractériser la diversité d'une végétation pionnière à travers des coulées de même âge entre La Grande Comore et La Réunion et d'identifier les patrons de de diversité et de distribution en espèces exotiques sur ces coulées de lave. La diversité spécifique est relativement proche entre les différents sites. Pour les plantes vasculaires, on retrouve tantôt les mêmes genres, pour certains taxons de la flore indigène tel

que *Nuxia* et *Weinmannia* et tantôt les mêmes espèces pour les plantes exotiques telles que *Clidemia hirta, Lantana camara, Psidium cattleyanum* et *Tristemma mauritianum*.

4.4.1 Particularités floristiques entre les îles et les sites

Sur des coulées du même âge, on remarque que mêmes les espèces communes présentent des comportements différents en termes de fréquence et de recouvrement lorsqu'on change d'échelle biogéographique. Le cas précis concerne *Psidium cattleyanum* qui exprime bien son caractère invasif sur les coulées de La Réunion alors qu'elle est très peu observée sur la coulée de La Grande Comore, bien qu'elle fasse partie des espèces hautement invasives aux Comores. Compte tenu des études récentes à Hawaii sur la capacité de *P. cattleyanum* à altérer les sols (Enoki & Drake 2017), cette espèce serait aussi capable de modifier la succession primaire de ces jeunes coulées malgré les différences de comportements entre La Réunion et La Grande Comore. Il conviendrait de mettre en évidence l'influence des micro-climats dans le processus d'invasion de *P. cattleyanum* pour comprendre davantage sur le comportement de cette espèce et prédire ses conséquences sur la dynamique de succession des coulées.

Nous supposons que l'espèce pionnière de La Grande Comore non identifiée est *Clibadium surinamense* (Compositae), une espèce très présente sur les coulées récentes de l'île. L'espèce a été observée sur le Mont Choungui à Mayotte mais n'a pas été identifiée (Dimassi, communication personnelle). Cette espèce n'a pas encore été listée parmi les plantes exotiques des Comores (Yahaya et al. 2018) et nous n'avons trouvé aucun taxon de ce genre dans la collection du MNHN concernant les Comores (https://science.mnhn.fr/institution/mnhn/collection/p/item/search/form?countryCode=KM&genus=Clibadium&result=search.result.zero). Pourtant, si nos suppositions se confirment pour *C. surinamense*, il s'agit d'une espèce à haut risque invasif vu son comportement dans d'autres îles notamment en Indonésie (https://www.gbif.org/fr/species/3104771) et à Maurice (Strasberg, communication personnelle).

4.4.2 Dynamique d'invasion et particularités intra-sites

Dans les îles Canaries, à Hawaii et à La Réunion, les premiers stades de succession primaire sont essentiellement dominés par les espèces indigènes (Cadet 1977 ; Clarkson et al. 1998 ; Drake & Mueller-Dumbois 1993 ; Kitayama et al. 1995 ; Irl et al. 2019 ; Strasberg 1994). Dans notre étude, nous pouvons confirmer ce constat général mais il est important de

noter qu'une particularité s'est manifesté à Bois-blanc avec l'établissement de *Casuarina equisetifolia* et *Acacia auriculiformis*. Bien que la forêt de Bois-blanc est en partie remplacée par des peuplement d'arbres exotiques, nous n'avons pas observée *C. equisetifolia* et *A. auriculiformis* dans les plantations à proximité de la coulée étudiée (arrivée possible par les oiseaux depuis les habitats éloignés). Dans la coulée des Radiers, *C. equisetifolia* est représentée par quelques individus au stade juvénile mais nous n'avons pas observé *A. auriculiformis* sur ce site. Ces deux espèces sont absentes dans la coulée de Singani bien qu'elles font partie de la liste des espèces exotiques envahissantes aux Comores (Yahaya et al. 2018).

Casuarina equisetifolia est une espèce pionnière très envahissante et capable de modifier la dynamique de succession dans les îles volcaniques, notamment à Hawaii (Steven et al. 1983), au Krakatau (Suzuki et al. 1995 ; Tagawa 1992) et à La Réunion (Baret et al. 2006 ; Potgieter et al. 2014). *C. equisetifolia* est capable de tolérer des conditions d'extrême pauvreté en nutriments et exploiter son pouvoir fixateur de nitrogène atmosphérique en conséquence pour se développer (Rajendran & Devaraj 2004). Ces propriétés de lui confère une particularité de croissance rapide dans les sols appauvris par les perturbations, tels que les coulées volcaniques et d'autres types d'habitats dégradés en milieu tropical (Muthukumar & Udaiyan 2010). Avec de tels potentiels de croissance, *C. equisetifolia* constitue une menace pour la conservation de la flore et des habitats naturels des îles volcaniques (Rodjers & Ambinakudige 2012).

Acacia auriculiformis est l'une des espèces les plus envahissantes au monde et constitue de ce fait la cible en terme de priorités de gestion notamment à Hawai (Starr et al. 2003), Floride (McCulloch et al. 2020) ainsi que dans d'autres îles du Pacifique (Meyer 2000). Dans l'océan Indien, *A. auriculiformis* est citée parmi les espèces de plantes invasives mais ne font pas partie des espèces prioritaires en termes de lutte (Kueffer et al. 2004). Néanmoins, l'établissement des individus de plus de 2m dans la coulée de Bois-blanc risque de former des peuplements denses qui peuvent à la longue impacter la dynamique de succession végétale. Il conviendrait de mettre en place des suivis à différents intervales de temps pour apprécier l'évolution de cette végétation pionnière avec une attention particulière aux espèces exotiques.

4.4.3 Patrons de diversité et d'abondance en espèces exotiques

La végétation pionnière des coulées étudiées est essentiellement caractérisée par des espèces indigènes en majorité anémochores. Bien qu'on retrouve des espèces anémochores parmi les exotiques arrivants sur ces coulées, les principales espèces invasives sont plutôt zoochores. Ces espèces invasives doivent probablement venir des agroforêts adjacentes, tel que démontré dans d'autres îles volcaniques océaniques (Pretto et al. 2010).

Dans un contexte d'aménagement forestier, le site de Bois-blanc fait partie des espaces placés sous la gestion de l'ONF qui a de ce fait realisé des plantations d'arbres exotiques dans les forêts à proximité de la coulée. Le site de Singani par contre appartient entièrement aux communautés villageoises qui cultivent en sous-bois des plantations mixtes d'arbres exotiques d'intérêt agronomique. Dans les deux cas, ces types d'exploitations constituent des vecteurs propices pour l'établissement de diverses espèces exotiques envahissantes sur les coulées volcaniques qui se situent à proximité de ces habitats perturbés par l'Homme. Des travaux similaires ont déjà prouvé l'influence de ce type d'occupation des sols dans le processus d'invasion des îles océaniques (Le Roux et al. 2013 ; Lockwood et al. 2009 ; Vitousek 1988).

4.4.4 Perspectives

L'importante hétérogénéité des sites de Bois - blanc et des Radiers doit être interprété avec attention du moment où le changement d'échelle pourrait faire intervenir d'autres paramètres écologiques. Bien qu'ils soient dans la même zone géographique, il est à noter qu'à Bois-blanc la coulée est très proche des zones perturbées et peuplées d'espèces introduites, constituant d'importantes sources de propagules. Ce pool taxonomique pourrait non seulement être accru par les conditions météorologiques propres à chaque site mais aussi par l'effet de l'altitude. En effet, la variabilité de la similarité en fonction de la distance inter-site peut être influencée par des facteurs environnementaux ou par une dispersion des taxons relativement limitée au sein des niches écologiques (Nekola & White 2004). Il conviendrait de mettre en place un modèle en intégrant d'autres paramètres écologiques pour une meilleure compréhension de cette distribution spatiale.

5 Chapitre V : Discussion générale

5.1 Palier le manque de données dans un archipel riche en biodiversité

L'archipel des Comores fait partie des points chauds de biodiversité mais de nombreuses lacunes sur la connaissance de sa biodiversité et des menaces existent. Avant les travaux de cette thèse, la connaissance sur la diversité des plantes exotiques envahissantes et leur répartition était fragmentaire et insuffisante pour guider les politiques publiques de conservation dans le territoire de l'Union des Comores. Ce manque de connaissances constitue de ce fait un frein pour le développement durable et à la mise en place des actions de gestion et de conservation de la biodiversité en Union des Comores. Les travaux de cette thèse ont permis d'identifier les principales espèces invasives, de catégoriser le degré d'invasion des milieux naturels et de mieux comprendre le processus de régénération sur les coulées de lave.

L'île de La Grande Comore avec son homologue, La Réunion, sont les seules à posséder un volcanisme encore actif à l'échelle de la zone Ouest de l'océan Indien. Et pourtant, mis à part les placettes bryophytes effectués dans le cadre du projet « Coopération en matière de Recherches Environnementales aux Comores (CORECOM) » (Ah-Peng & Kluge 2008), il n'y avait aucun relevé disponible sur la succession primaire végétale des coulées de lave de La Grande Comore. Nos travaux de thèse ont permis de réaliser 33 relevés phytosociologiques sur la coulée de Singani à La Grande Comore et 32 relevés sur la coulée de Sainte-Rose à La Réunion, géo-référencés et bancarisés. Les résultats de ces travaux montrent que le substrat de ces jeunes coulées est préalablement colonisé par une couverture bryo-lychénique, ensuite par des fougères de la strate herbacée qui sont principalement les mêmes dans les deux îles. On y retrouve déjà une diversité de plantes ligneuses typiques de la forêt primaire avec quelques espèces exotiques à fréquence et recouvrement faibles (Chapitre VI).

Les communautés végétales étudiées à l'échelle d'une île ont permis d'identifier une diversité d'espèces exotiques à La Grande Comore, à fréquence et recouvrement variables en fonction des plages d'altitudes mais beaucoup plus prépondérants à basse altitude. Ces espèces ont été relevées sur 11 types d'habitats, répartis entre 24 et 1100m d'altitude, sur tous les versants de l'île avec une richesse spécifique qui décroit significativement à partir de 700m d'altitude. Cependant, il est nécessaire de mettre en place des actions de surveillance

pour certaines espèces qui sont présentes sans être envahissantes dans les forêts indigènes mais qui sont connues ailleurs comme étant fortement envahissantes (Chapitre III).

A l'échelle régionale, nos travaux montrent que l'Union des Comores compte un grand nombre d'espèces exotiques comparé aux autres territoires de sa région biogéographique (Chapitre II). Ce pool d'espèces envahissantes se démarque lorsqu'on change d'échelle par comparaison aux îles océaniques du Pacifique (Turbelin et al. 2017) ou encore aux îles Hawaii (GISD 2021). Afin de mieux répondre aux enjeux de biosécurité au sein du *hotspot*, il serait urgent d'affiner cette étude pour mobiliser des données sur la distribution spatiale des espèces exotiques dans les différents territoires du Sud-Ouest de l'océan Indien.

Ces données nouvelles issues de la thèse permettent une meilleure compréhension de la dynamique des invasions végétales aux Comores et une orientation des politiques de conservation.

5.2 Une meilleure compréhension de la dynamique d'invasion au sein de l'archipel des Comores

Un grand nombre de facteurs influence la dynamique des invasions végétales, de l'introduction des espèces à la propagation dans les milieux naturels (Chrobock et al. 2011 ; Gassó et al. 2011). En s'intéressant à trois échelles différentes, les coulées de lave, les milieux naturels de La Grande Comore et l'archipel des Comores dans la zone Ouest de l'océan Indien, nous avons pu caractériser les principales plantes envahissantes. Pour chaque niveau d'analyse, nos données ont permis de comprendre les facteurs associés à la dynamique des invasions végétales, de produire des listes d'espèces et de fournir des informations sur la distribution spatiale (tels que les coordonnées géographiques des relevés, occurrence, recouvrement).

En se servant des coulées comme laboratoire modèle pour la compréhension des caractéristiques de la végétation pionnière, nos résultats ont permis de mettre en relief l'influence des facteurs géographiques sur la dynamique d'invasion des coulées (Figure 5.1). Concernant la composition floristique, la coulée de La Grande Comore est dominée par les espèces indigènes en termes de fréquence et de recouvrement alors qu'à La Réunion, deux types de succession s'observent ; aux Radiers où les plantations agroforestières sont relativement éloignées de la coulée, les taux de recouvrement en espèces exotiques sont

faibles. Par contre à Bois-blanc où les forêts adjacentes sont constituées par les plantations d'espèces exotiques, la coulée est fortement envahie par une diversité d'espèces exotiques (Tableaux 4.4, 4.5 et 4.6). Néanmoins, à La Grande Comore où le contexte est similaire d'un point de vue géographique (coulée à proximité des plantations), on s'attendrait à une dominance en faveur de la flore exotique, ce qui est en fait l'inverse. Il conviendrait de pousser davantage ces investigations dans la compréhension des mécanismes qui interfèrent et qui pourraient potentiellement procurer à la richesse spécifique de cette végétation pionnière une certaine résistance vis-à-vis de l'invasions par les plantes introduites (Naem et al. 2003 ; Rejmánek 1996).

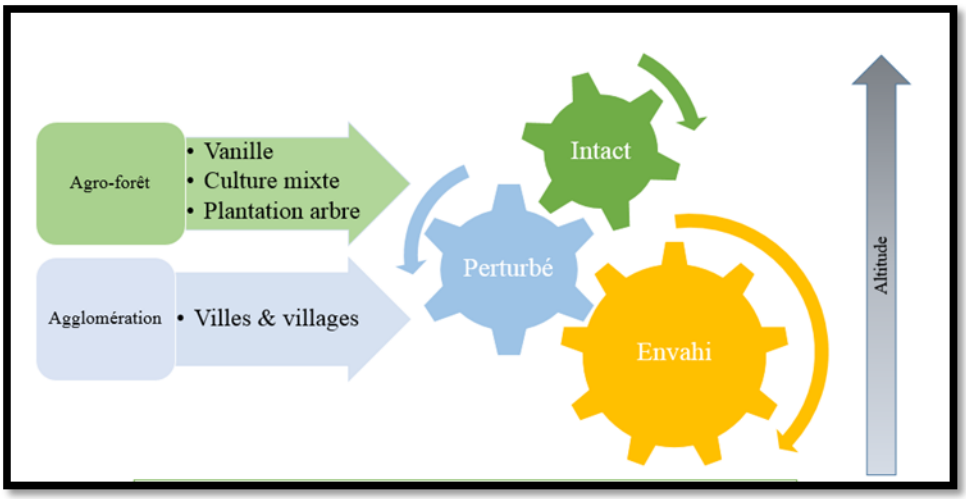


Figure 5.1 : Facteurs influençant la dynamique d'invasion par les plantes introduites à l'échelle d'une coulée de lave.

A l'échelle d'une coulée de lave, la régénération est largement dominée par les espèces indigènes. Pour une succession d'une quarantaine d'années, les communautés établies sur les coulées sont constituées d'une diversité d'espèces d'arbres et arbustes tels que *Weinmannia tinctoria, Polyscias rependa, Nuxia verticillata, Molinaea alternifolia, Homalium panniculatum, Geniostoma borbonica, Agarista salicifolia* pour La Réunion et *Weinmannia comorensis, Vernonia* sp., *Rhus nathalensis, Pyrostria bibracteata, Polyscias acuta, Nuxia pseudodentata, Ficus lutea, Dodonaea viscosa* pour La Grande Comore. Ce patron de diversité a été observé au Japon, sur l'île Miyake-Jima où des espèces ligneuses pionnières pouvaient atteindre 2m de hauteur dans les coulées récentes à des plages d'élevations comprises entre 50 et 500 m d'altitude (Kamdjo et al. 2002), mais aussi en Nouvelle-Zélande (Bellingham et al. 2005) et à Hawaii (Kitayama et al. 1995 ; Mueller-Dumbois & Boehmer 2013).

A l'échelle des communautés végétales, La Grande Comore présente une diversité d'habitats à basse, moyenne et haute altitudes, plus diversifiée à moyenne altitude et soumise à différents types d'occupations du sol (11 types d'habitats et cinq types d'occupation du sol). A basse altitude, la végétation native a été quasiment remplacée par des plantations d'espèces pantropicales et les dernières reliques mieux conservées de l'île se trouvent dans certaines forêts de haute et moyenne altitudes. Bien que l'agro-foresterie constitue l'une des principales causes de l'introduction des plantes exotiques, les pratiques paysannes aux Comores jouent un rôle de contrôle sur la propagation des plantes invasives en régulant les populations d'espèces introduites en forêts, ce qui contribue à maintenir intacte la canopée dans les milieux naturels (Figure 2). Les techniques de fabrication du charbon de bois, principalement avec *Psidium cattleyanum* contribuent à reguler son aire d'expansion en sous-bois des forêts natives. La multiplication de la bananeraie sous forêt oblige les populations à entretenir les habitats concernés pour favoriser le dévéloppement des plantations, ce qui implique parfois de la lutte mécanique contre certaines espèces exotiques à développement rapide. Pour une gestion durable de ces forêts natives, il est nécessaire voire même primordial d'impliquer les populations riveraines dans la mise en place des actions de conservation de la biodiversité aux Comores. En effet, les pratiques visant à exploiter les ressources forestières pour en produire des sources d'energie renouvellables ont des avantages compensatoires à la fois sur la gestion des écosystèmes mais aussi sur l'équilibre écologique en générale (Foley et al. 2005 ; Lambin et al. 2001). La majorité des pays en voie de développement fait face à ces problématiques d'occupation du sol intensifiées par la déforestation mais certaines régions ont réussi à mettre en place des nouvelles politiques de transition sur l'utilisation des terres tout en confrontant l'agroforesterie et en préservant les forêts natives (Lambin & Meyfroidt 2011).

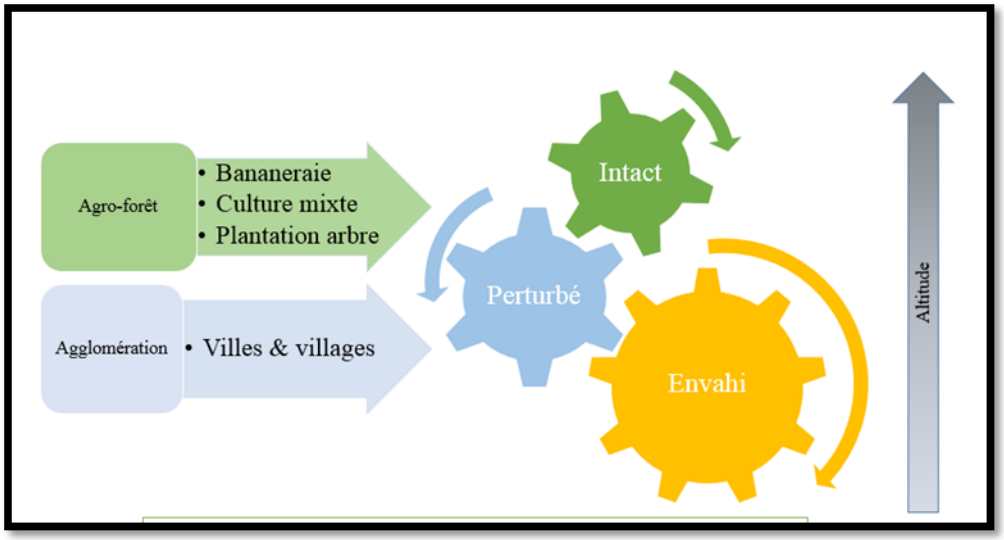


Figure 5.2 : Facteurs influençant la dynamique d'invasion par les plantes introduites à l'échelle de l'ile de La Grande Comore.

A La Grande Comore ainsi qu'à La Réunion et dans la majorité des îles de l'océan Indien, le schéma des perturbations anthropiques expose une menace d'invasion dans les forêts de moyenne altitude selon l'accessibilité des populations aux habitats. Dans ces îles fortement habitées, les modes d'occupation du sol à travers l'agriculture et l'urbanisation constituent des sources de propagules pour l'établissement des espèces exotiques envahissantes dans les habitats naturels (Kueffer et al. 2003 ; Waddell et al. 2020). Le cas de La Grande Comore est urgent du fait que les aires protégées terrestres ont été définies uniquement sur les pentes du Karthala alors qu'il subsiste d'autres zones à forts enjeux écologiques tels que les forêts à *Ocotea* et à *Tambourissa* du massif de La Grille (Annexe 5.3). Les programmes de restauration écologique doivent donc tenir compte de ces reliques « orphelines » qui ont un rôle propice pour le maintien de la diversité native des Comores.

Par comparaison avec l'île de La Réunion, on peut suggérer que les habitats de La Grande Comore auraient une forme de résiliencee aux invasions par les plantes introduites. A La Réunion, il n'y a presque plus de végétation indigène dans la plage < 100 m d'altitude (Cadet 1977 ; Rivals 1952) alors que nos travaux ont permis d'identifier quelques vestiges de végétation naturelle entre 0 et 25 m d'altitude dans la forêt subhumide de basse altitude sur le versant ouest de La Grande Comore. Certaines forêts de moyenne altitude (forêts à *Weinmannia,* à *Tambourissa,* à *Nuxia et* à *Ocotea*) maintiennent encore une canopée intacte malgré la pratique de l'agroforesterie en sous-bois. Notre étude montre néanmoins, que les

changements d'occupation des sols conduisent à la modification et la perte des habitats naturels, favorisant l'établissement des peuplements d'espèces exotiques envahissantes (chapitre III). Ces espèces invasives modifient la structure et la composition des écosystèmes et peuvent affecter la régénération des plantes indigènes (Mudzengi et al. 2013 ; Pretto et al. 2010).

A l'échelle régionale, un grand nombre de plantes furent introduites dont certaines sont naturalisées voire invasives. A cette échelle, les échanges commerciaux sont le principal vecteur d'introduction d'espèces de plantes exotiques sur l'archipel des Comores (Figure 5.3). Cependant, ces mêmes échanges s'opèrent dans l'autre sens - c'est-à-dire le transport des marchandises et des populations depuis les Comores vers les autres îles de la zone Sud-Ouest de l'océan Indien. Par ailleurs, les trafics aériens et maritimes au sein de l'archipel des Comores exercent une pression intra-îles, pouvant favoriser la dispersion de certaines espèces exotiques qui sont absentes à ce jour sur certaines îles et présentes, voire même envahissantes sur d'autres. Des mesures de surveillance doivent être appliquées au sein de l'archipel des Comores et des renforts sur les contrôles aux frontières à l'échelle de la région afin de prévenir ce risque en se basant sur la liste des espèces envahissantes de l'océan Indien (Chapitre II).

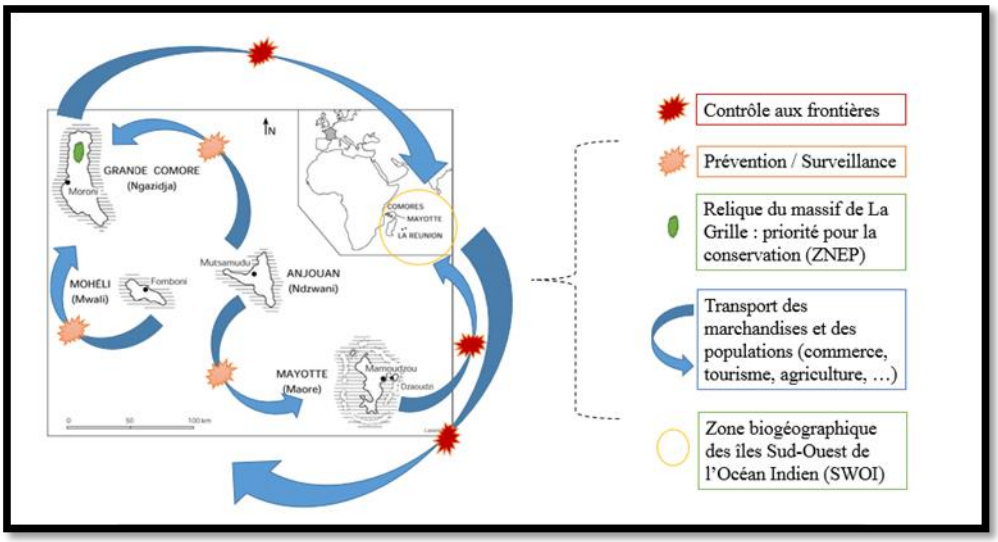


Figure 5.3 : Facteurs influençant la dynamique d'invasion par les plantes introduites à l'échelle de la zone Sud-Ouest de l'océan Indien.

5.3 Implications pour la conservation

En raison du manque de connaissances accumulées au fil des années, l'archipel des Comores a connu beaucoup de difficultés pour l'orientation des enjeux de conservation de la biodiversité. Ces nouvelles données sur les invasions végétales permettent d'orienter les politiques de conservation au sein de l'archipel. Nous citerons ici trois exemples avec des contributions issues des travaux de cette thèse : 1) la liste des plantes exotiques envahissantes pour l'Union des Comores ; 2) la charte de bonnes conduites pour la biosécurité dans l'océan Indien ; et 3) les priorités de conservation sur le massif de La Grille.

5.3.1 Liste des plantes introduites, naturalisées et invasives de l'Union des Comores

Contrairement aux autres territoires de la zone Ouest de l'océan Indien, peu de travaux se sont intéressés aux espèces exotiques envahissantes en Union des Comores. Grace au projet régional Inva'ziles (Mauremootoo 2015), des inventaires ont été effectués dans les forêts, champs et jardins sur les différents îles, complétés par des listes préexistantes venant des institutions locales (Université des Comores, Parc marin de Mohéli, ONG Dahari et Université de Patsy à Anjouan). Ces listes ont été compilées et confrontées aux données de terrain auquel nous avons participé, lors d'un atelier national réunissant des experts de La Grande Comore, d'Anjouan, de Mohéli, de Mayotte et de La Réunion. Une liste des plantes exotiques des Comores a pu être validée et rendue officielle selon la méthodologie de Lavergne (2016) (Annexe 2.1).

Lancé en avril 2017, notre implication au projet Inva'ziles a permis d'avoir une meilleure connaissance du terrain à l'échelle du territoire de l'Union des Comores et de rencontrer des experts de l'île sœur de Mayotte. Nous avons participé à la mise en place du projet pilote à travers un état des lieux avec les experts du CNDRS et de l'UICN ainsi que dans la réalisation des inventaires à La Grande Comore et à Mohéli. Nous avons par la suite eu accès aux données mobilisées dans le cadre de ce projet, ce qui a permis d'apporter une mise à jour dans la base de données régionale des plantes exotiques envahissantes des îles Sud-Ouest de l'océan Indien (Annexe 5.1).

Au niveau régional, Inva'ziles a été mis en œuvre sous forme de projets pilotes dans les petits territoires de l'océan Indien à savoir Rodrigues, Seychelles et l'Union des Comores. L'objectif étant de développer un modèle intégré d'investigation, de prévention, de gestion et

de sensibilisation sur les problématiques liées aux espèces exotiques envahissantes dans les écosystèmes insulaires, transposable à l'échelle de la région. Aux Comores, la finalité du projet étant de produire des données conséquentes pour aider à la mise en place d'une stratégie nationale de gestion des espèces exotiques et de constituer un comité national de suivi des actions entreprises sur l'ensemble du territoire de l'Union des Comores (Yahaya 2018).

5.3.2 Charte de bonnes conduites sur les plantes envahissantes sur les iles de l'océan Indien

A l'instar de la majorité des milieux insulaires dans le monde, les îles du Sud-Ouest de l'océan Indien font face à des problèmes similaires par rapport à la gestion de la biodiversité. L'occupation humaine dans ces territoires a conduit à la perte d'une grande partie des forêts natives, un problème qui s'intensifie avec la propagation d'espèces introduites dont la majorité sont devenues envahissantes. Face à ce constat, les pays de la zone mènent des actions de suivi des invasions dans les milieux naturels et semi-naturels alors que les Comores n'ont pas encore élaboré une stratégie nationale de lutte visant à œuvrer pour cette préoccupation.

Dans le Chapitre II, nous avons présenté une liste de 410 espèces dont chacune est envahissante dans au moins un des 11 territoires de la zone concernée – c'est-à-dire les îles Heard et McDonald (Australie), Madagascar, Maurice, Mayotte (France), Rodrigues, les îles du Prince Edward (Afrique du Sud), La Réunion (France), les Seychelles, l'Union des Comores, Iles Eparses et les îles Australes des Terres Antarctiques Françaises (TAAF). Elle fut établie sur la base des listes locales respectives, de sources officielles ou publiées dans la littérature scientifique. Les statuts non-harmonisés entre les listes furent reclassées dans un protocole de classification unique.

Suite à l'élaboration de cette liste, un atelier porta sur la discussion d'une approche régionale sur les plantes exotiques envahissantes pour le zone Sud-Ouest de l'océan Indien, organisé par l'UMR PVBMT avec le soutien du programme Biodiversité de la Commission de l'océan Indien et du projet Inva'ziles de l'IUCN. Vingt-cinq experts en provenance de la France (Réunion, Mayotte, Iles Eparses, Iles Australes), de l'Union des Comores, de Madagascar, des Seychelles, du Kenya et une du Pacifique se réunirent à La Réunion (France) en septembre 2017.

Le contexte réglementaire révéla une architecture commune aux différentes réglementations, la législation seychelloise se démarquant par son envergure et sa rigueur. Il s'avéra que l'harmonisation entre les approches nationales sont délicates et qu'une approche régionale doit explorer les actions, connaissances et procédés qui complèteraient et renforceraient les réglementations respectives. Lors de l'atelier susmentionné, les participant décident de consigner la plupart de leurs recommandations et les pistes de travail dans une charte de bonnes conduites sur les plantes exotiques envahissantes. Son objet est de formaliser des volontés d'action exprimées lors de l'atelier, et qui manifestent une intention de coopérer et les moyens d'y parvenir. Sa rédaction fut entamée lors de l'atelier et poursuivi par un processus de consultation avec les participants de l'atelier pour commentaires et révisions. Le document final compte 11 sections qui se déclinent comme telles : Préambule ; 1. Objectifs ; 2. Champ d'application ; 3. Emploi des termes ; 4. Principe de partage ; 5. Identification des espèces ; 6. Analyse des risques et classement ; 7. Prévention, surveillance et alerte ; 8. Contrôle et lutte ; 9. Communication ; et 10. Gouvernance (Annexe 5.2).

Contrairement aux autres îles de l'océan Indien, il n'y a toujours pas d'engagement collectif orienté vers la problématique des invasions biologiques aux Comores malgré l'existence des structures environnementales et l'émergence des plusieurs ONG. Pourtant la réglementation en vigueur en Union des Comores interdit strictement « *l'importation, dans chacune des îles de la République Fédérale Islamique des Comores, des spécimens vivants n'appartenant pas à leurs espèces de flore et de faune, sauf dérogation du ministre de l'environnement, après avis d'une institution scientifique nationale agrée, pour des espèces présentant un intérêt économique discutable et sans danger pour l'équilibre écologique de l'archipel* (Loi n°95-007, Article 44). Il est à noter par ailleurs, que ces textes restent encore non appliqués, alors que la conservation de la biodiversité à l'échelle régionale passe inéluctablement par l'application des mesures strictes sur l'importation des espèces dans chaque territoire, en veillant strictement sur les contrôles aux frontières (Kowarik 2003).

5.3.3 Priorités de conservation du massif de La Grille

L'identification des priorités de gestion est une étape cruciale pour la mise en place des actions de conservation de la biodiversité. Au sein de l'archipel des Comores, l'une des urgences étant de pouvoir développer des techniques de gestion soutenable de la biodiversité et de s'en servir comme prototype à grande échelle. Ce volet fut donc abordé de manière approfondie afin de proposer une méthodologie rapide et répétable pour identifier les Zones

Naturelles à Enjeu Patrimoniales (ZNEP) sur le massif de La Grille. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un stage de Master 2, co-encadré par le doctorant. La méthodologie a été définie à partir de la méthodologie des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF). En premier lieu, une cartographie géomorphologique et une cartographie par photo-interprétation de l'occupation du sol du massif de La Grille ont été réalisées. En deuxième lieu, une prospection de l'état de conservation a été effectuée en complétant par les relevés de terrain effectués dans le Chapitre III. Enfin, une cartographie et une classification des ZNEP ont été réalisées. Les résultats démontrent que malgré l'intensité des activités anthropiques sur ces vestiges de végétation, le massif de La Grille pourrait maintenir des reliques intéressantes pour les politiques de conservation. En effet, on dénote un recouvrement indigène en canopée comprise entre 35 et 65 % et un degré d'invasion en sous-bois entre 10 et 45 % à l'échelle du massif. L'identification des zones prioritaires a permis d'inventorier une diversité d'espèces et d'habitats d'importance écologiques sur le massif de La Grille, classées en Zones Naturelles à Enjeux Patrimoniales (ZNEP). Au final, sept ZNEP ont été identifiées, dont quatre sont de type I et trois de type II. Les paramètres utilisés sont considérés comme les critères indispensables pour l'identification et la délimitation des ZNEP. Toutefois, il serait important de réaliser plus de relevés forestiers en prenant en compte d'autres critères tels que : la faune et l'identification des zones importantes pour les étapes du cycle de vie des espèces afin d'améliorer l'identification des zones à fort enjeu patrimoniales prioritaires à conserver (Annexe 5.3).

5.4 Perception et usage des plantes invasives aux Comores

Une étude sur les plantes introduites aux Comores ne pourrait se faire sans en considérer les usages et les perceptions (*e.g.* Fonseca et al. 2013 ; Marshall et al. 2011 ; Shrestha et al. 2019 ; Wilgen et al. 2020). Bien qu'une étude approfondie n'a pu être réalisée, nous présentons ici quelques points clés. En effet, dans le cadre du programme FED Biodiversité déployé par la COI, nous avons pu réaliser une étude préliminaire sur les plantes exotiques à La Grande Comore à travers la mise en place des placettes permanentes, complétée par un travail ciblé sur les plantes exotiques envahissantes (inventaires, usages et perceptions par les populations).

Les travaux d'enquêtes ont permis de remonter les connaissances locales en termes de perception sur les plantes introduites auprès des populations riveraines, en s'intéressant à différentes classes d'âges et toutes catégories confondus. Les espèces exotiques qui colonisent

abondamment l'espace agricole et qui se retrouvent à la fois en forêt sont représentés par *Psidium cattleyanum*, *Syzygium jambos* et *Lantana camara*. Bien qu'en majorité ces espèces ont des effets indésirables en forêt et dans les champs de culture, on dénote néanmoins des avantages compensatoires en termes de contrôle de leurs proliférations dans les milieux naturels. En effet, ces espèces occupent effectivement l'espace cultivable mais une grande majorité d'entre elles servent à nourrir le bétail. C'est le cas par exemple de *Bidens pilosa, Gliricidia sepium, Lantana camara, Mimosa diplotricha, Rubus rosifolius, Stachytarpheta urticifolia, Heydichium flavescens, Hibiscus surattensis, Pannicum maximum, Tristemma mauritianum* et *Vigna radiata* (Ahmed-Abdou et al. 2016-*a* et *c*).

Psidium cattleyanum et de *Syzygium jambos* constituent parfois des obstacles pour les agriculteurs du fait qu'elles forment des touffes impénétrables et modifient l'aspect des paysages dans les forêts et champs de culture. *P. cattleyanum* est certes l'espèce hautement invasive mais elle fournit des fruits très appréciées par les populations et du bois de chauffe pour les ménages et de charbon de meilleur qualité apprécié sur le marché local (Ahmed-Abdou et al. 2016-*a*). Nous fournissons ici une liste avec les différents usages de ces plants à La Grande Comore (Annexe 5.4).

5.5 Conclusions et perspectives de recherches

Cette thèse représente les premiers travaux sur les invasions végétales aux Comores. Bien qu'elle contribue significativement à l'amélioration des connaissances sur cette thématique, de nombreuses études restent à mener.

Au niveau de l'archipel, cette thèse a permis de poser les premières bases de réflexion sur la mise en place des politiques de conservation de la biodiversité en réalisant un état des lieux des invasions végétales sur l'île de La Grande Comore. Les données ne permettent pas de donner des conclusions générales à l'échelle de l'archipel mais permettent de répondre à des besoins urgents et de constituer un modèle d'étude pour les îles sœurs de l'archipel des Comores. L'étude de cas réalisé à La Grande Comore (Chapitre III) a été conçue selon une méthodologie standard, rapide et facile à reproduire dans les autres îles de son archipel ainsi que d'autres îles répondant au même contexte d'insularité à l'échelle globale.

Dans sa région biogéographique, La Grande Comore et La Réunion partagent beaucoup de points communs des points de vues géologique et écologique. La végétation pionnière de ces deux îles volcaniques présente des caractéristiques très communes en termes

de structure et de composition floristique, tant pour la flore exotique (Chapitre II) que pour la flore native (Chapitre IV). On note par ailleurs des différences de diversité mais on retrouve dans les deux cas, les mêmes patrons de dispersions, aussi bien pour les espèces indigènes que pour les exotiques mais à défaut du temps imparti, nous n'avons pas pu faire des analyses approfondies à ce sujet (Annexe 5.5).

Aux Comores, les introductions d'espèces remontent de très loin, contrairement à La Réunion où l'occupation humaine date seulement de 3 à 4 siècles (Rivals 1952). Avec plus de 10 siècles d'occupation pour une population majoritairement rurale et compte tenu des impacts documentés par ces espèces invasives dans les îles, on aurait pu s'attendre à ce qu'il ne subsiste aucun vestige de forêt intacte à l'échelle de l'archipel des Comores. En parcourant l'île depuis le niveau de la mer le long d'un gradient altitudinal, on retrouve de part et d'autres quelques lambeaux de végétation native, telle que démontré par nos résultats pour la forêt subhumide de basse altitude (0 - 25 m d'altitude). Ce type d'habitat se situe à l'endroit d'un ancien cratère volcanique, le piton « Djabal » dans le secteur le plus urbanisé de l'île de La Grande Comore (versant Sud-Ouest) pourtant, on y retrouve la dernière relique de végétation de basse altitude. Dans les îles voisines de l'archipel des Comores et de la région océan Indien, il est rare de retrouver des habitats avec un état de conservation dans les plages < 100 m d'altitude. Il conviendrait de mettre en évidence des facteurs géophysiques (climatologie, pédologie, géologie, etc.) dans les prochaines années afin de comprendre davantage les particularités écologiques que pourrait présenter l'île de La Grande Comore comparé aux autres îles de sa région biogéographique.

La base de données régionale, bien qu'elle soit à jour ne contient pas suffisamment d'informations pour la mise en place des programmes opérationnels de conservation à l'échelle de la zone. Une analyse plus poussée sur la biogéographie des espèces exotiques permettrait de mieux comprendre cette dynamique d'invasion afin de bien cibler les enjeux de conservation dans la région mais les données sur la distribution spatiale des espèces exotiques font défaut à l'échelle du Sud-Ouest de l'océan Indien. Dans un premier temps, il serait utile de mettre en place une plateforme de détection précoce des espèces exotiques à l'échelle de l'océan Indien afin de remontrer les données de présences des nouvelles espèces au sein des différents territoires de la zone en temps réel. Compte tenu des enjeux géostratégiques de la région, il serait intéressant de s'intérroger sur la biogéographie des espèces introduites dans l'océan Indien à travers l'historique de son peuplement afin de mieux cibler les actions à entreprendre en termes de contrôle des espèces exotiques envahissantes. Notons dans ce cas

de figure que l'archipel des Comores constitue une matrice des introductions d'espèces pour avoir connu les premières expéditions humaines de l'océan Indien à travers la grande île de Madagascar (Lewis 1976 ; Ottino 1974 ; Said-Ahmed 2015).

6 Bibliographie

Addo-Fordjour P, Obeng S, Anning AK, Addo MG. 2019. Floristic composition, structure and natural regeneration in a most semi-deciduous forest following anthropogenic disturbances and plant invasion. Int J Biodivers Conserv. 1: 021-037.

Adjanohun EJ, Ake AL, Ali A, Eyme J, Guinko S, Kayonga A, Keita A, Lebras M. 1982. Contribution aux études ethnobotaniques et floristiques aux Comores. Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT) - Paris. 215p.

Adriaensen F, Louette M, Stevens J, Plompen W, Verheyen G. 2001. Fragmented distribution and genetic differentiation of the Forest Fody, Foudia eminentissima algondae, on the island of Mayotte (Comoros). Ostrich. 72: 28–34.

Ah-Peng C, Kluge J. 2008. Compte rendu de la mission à La Grande Comore du 20 mai au 3 juin 2008. Université de La Réunion. Saint - Denis. 8p.

Ahmed-Abdou A, M'dere A, Notter J-C, Baret S. 2017. Cartographie et impacts de la Liane *Hiptage benghalensis*, envahissante à La Réunion et identification des priorités de lutte. Terre & Vie. 72:147-158.

Ahmed-Abdou A, Mohamed AA, Ali-Islam R, Tamario-Rogelle S, Mahamoud R, Houmadi Z, Mchangama A, Anli-Abdoulhalik A, Abdourahim K, Said-Abdallah N, Ali S, Housseine O, Ibrahim F, Bacary F. 2016-a. Contribution à la gestion des écosystèmes terrestres par l'acquisition des données biodiversité au sein des zones identifiées pour la mise en place des aires protégées en Union des Comores (Programme régional n°RSO/FED/002-995). Livrable 3 : Enquêtes ethnobotaniques et socio-économiques après des populations riveraines sur la présence des plantes exotiques envahissantes et leurs impacts dans la forêt du Karthala (Ile de Ngazidja). Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Végétale, Université des Comores. 104p.

Ahmed-Abdou A, Flores O, Mohamed A, Moussa BA, Ali-Islam R, Mahamoud R, Abdou-Anli A. 2016-b. Contribution à la gestion des écosystèmes terrestres par l'acquisition des données biodiversité au sein des zones identifiées pour la mise en place des aires protégées en Union des Comores (Programme régional n°RSO/FED/002-995). Livrable 1 : Rapport technique sur la mise en place d'un réseau de parcelles permanents de suivi de la biodiversité forestière aux Comores (enjeux de connaissance, propositions méthodologiques et techniques de mise en place). Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Végétale, Université des Comores. 39p.

Ahmed-Abdou A, Flores O, Allibert A. 2016-c. Contribution à la gestion des écosystèmes terrestres par l'acquisition des données biodiversité au sein des zones identifiées pour la mise en place des aires protégées en Union des Comores (Programme régional n°RSO/FED/002-995). Livrable 2 : Rapport de synthèse et présentation des relevés de terrain sous forme de fiche (indices de diversité, composition floristique, géolocalisation, description des sites, structure forestière, liste d'espèces par strate). UMR PVBMT - Cirad / Université de La Réunion. 64p.

Ahmed-Abdou A, Leveneur H, Baret S. 2015. Mise en place d'un protocole simple et répétable de suivi des plantations réalisées dans le cadre du projet LIFE+ COREXERUN sur le massif de La Grande Chaloupe. Rapport de mission. Parc National de La Réunion. 29p.

Allibert, C. 2015. L'archipel des Comores et son histoire ancienne. Essai de mise en perspective des chroniques, de la tradition orale et des typologies de céramiques locales et d'importation. Afr. Débats Méthodes Terrains D'histoire [Consulté le 07/08/2019]. https://doi.org/10.4000/afriques.1721

Alpers EA. 2001. A complex relationship: Mozambique and the Comoro Islands in the 19th and 20th centuries. Cah Etu Afric. 41. 73–96.

Anderson LG, Rocliffe S, Haddaway NR, Dunn AM. 2015. The role of tourism and recreation in the spread of non-native species: a systematic review and meta-analysis. PloS One. 10: 1-15. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140833

Aplet GH, Huges RF, Vitousek PM. 2009. Ecosystem development on Hawaii lava flows: biomass and species composition. J Veg Sci. 9: 17-26.

Arévalo JM, Delgado JD, Otto R, Narranjo A, Salas M, Fernández-Palaciosa JM. 2005. Distribution of alien vs. native species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands). Perspect Plant Ecol Evol Syst. 7: 185-202.

ASTER. 2018. Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) at the USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota. [Consulté le 18/02/2018]. https://lpdaac.usgs.gov/resources/data-action/aster-ultimate-2018-winter-olympics-observer/.

Aubaile-Sellenave F. 2014. La mousson, pluie des des agriculteurs et des marins. Rev Ethno. [Consulté le 03/09/2020]. https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.1834

Bachèlery P, Lenat J-F, Muro AD, Michon L. 2015. Active Volcanoes of the Southwest Indian Ocean: Piton de la Fournaise and Karthala. Earth Sci Geogr. [Consulté le 20/05/2021]. https://www.springer.com/gp/book/9783642313943#aboutBook

Bachèlery P, Morin J, Villeneuve N, Soulé H, Nassor H, Ali AR. 2016. Structure and eruptive history of Karthala volcano. Pp: 3456-366. In Bachèlery P et al. eds., Active Volcanoes of the Southwest Indian Ocean - Active Volcanoes of the World. Springer. DOI 10.1007/978-3-642-31395-0_22

Bachèlery P, Coudray J. 1993. Chronologie et caractéristiques du volcan Karthala depuis 1808 - Carte volcano-tectonique de la Grande Comore et notice explicative. 1:50000e.

Baider C, Florens FBV. 2011. Control of invasive alien weeds averts imminent plant extinction. Biol Invasions. 13: 2641-2646.

Baider C, Florens FBV, Baret S, Beaver K, Matatiken D, Strasberg D, Kueffer C. 2010. Status of plant conservation in oceanic islands of the Western Indian Ocean. Proceedings of the 4th Global Botanic Gardens Congress, June 2010. 7p.

Barbey A. 2009. Les migrations comoriennes dans l'ouest de l'Océan indien: Histoire et dynamiques contemporaines. Hommes & Migrations. 3: 154-164.

Barbosa JM, Asner GP, Martin RE, Baldeck CA, Hughes F, Johnson T. 2016. Determining Subcanopy Psidium cattleianum Invasion in Hawaiian Forests Using Imaging Spectroscopy. Remote Sensing. 8: 33.

Baret S, Baider C, Kueffer C, Foxcroft LC, Lagabrielle E. 2013. Threats to paradise? Plant invasion in protected areas of the Western Indian Ocean Islands. Pp: 423-447. In Foxcroft LC Pyšek P, Richardson D, Genovesi P. eds. Plant invasions in protected areas. Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, vol 7. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7750-7_19

Baret S, Rouget M, Richardson DM, Lavergne C, Egoh B, Dupont J, Strasberg D. 2006. Current distribution and potential potential extent of the most invasive alien plant species on La Réunion (Indian Ocean, Mascarene Islands). Austral Ecol. 31: 747-758.

Battistini R, Vérin P. 1984. Géographie des Comores. Edition Nathan. 142p.

Battistini R. 1967. Le volcan actif de La Grande Comore. In: Madagascar. Rev Geogr. 10: 37p.

Bayliss-Smith T, Hviding E, Whitmore T. 2003. Rainforest composition and histories of human disturbance on Solomon Island. Ambio. 32:346-352.

Beaujard P. 2007. East Africa, the Comoros Islands and Madagascar before the sixteenth century: on a neglected part of the world system. AZANIA. 42: 15-35.

Beauejard P. 2012. Les mondes de l'océan Indien: Vol. 2. L'océan Indien, au cœur de la globalisation de l'ancien monde (7e-15e sciecle). Armand Colin. 576p.

Becking RW. 1957. The Zürich-Montpellier school of phytosociology. Bot Rev. 23:441-488.

Bell BD. 2002. The eradication of alien mammals from five offshore islands, Mauritius, Indian Ocean. Turning the tide: the eradication of invasive species. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, Gland, Switzerland. Pp: 40-45.

Bellard C, Rysman J-F, Leroy B, Claud C, Mace GM. 2017. A global picture of biological invasion threat on island. Nat Ecol Evol. 1: 1862-1869.

Belligham PJ, Peltzer DA, Walker LR 2005. Contrasting impacts of native and an invasive exotic shrub on food-plan succession. J Veg Sci. 135-142.

Bellard C, Leroy B, Thuiller W, Rysman J-F, Courchamp, F. 2016. Major drivers of invasion risks throughout the world. Ecosphere 7: 1-15.

Bergstrom DM, Chown SL. 1999. Life at the front: history, ecology and change on southern ocean islands. Trends Ecol Evol. 14: 472–477.

Bertile W. 2013. Mascareignes et Seychelles, archipels créoles de l’océan Indien. Études océan Indien. Inalco. Pp: 49-50. https://doi.org/10.4000/oceanindien.1811

Bigot L, Chabanet P, Cuet P, Cauvin B, Durville P, Mulochau T, Naim O, Nicet JB, Tessier E, Thomassin B, et al. 2019. Chapter 13 - French Territories in the Western Indian Ocean. In Sheppard C. eds. World Seas: An Environmental Evaluation (Second Edition). Academic Press. Pp: 279–302.

Binggeli P. 2003. Introduced and invasive plants. In: Goodman SM et Benstead JP. The Natural History of Madagascar. Univ Ch Press. Pp: 257-268

Bio&Agri: EpiBio-OI. 2017-2020. EpiBio-OI, un projet pour l'avenir des îles de l'océan Indien. [Consulté le 17/02/2017]. http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/en.

Blache J. 1936. Aubert de la Rue (E.). - L'homme et les îles. Rev. Géogr Alp. 24: 717-723.

Blackburn TM, Delean S, Pyšek P, Cassey P. 2016. On the island biogeography of aliens: a global analysis of the richness of plant and bird species on oceanic islands. Glob Ecol Biogeogr. 25: 859-868.

Blackburn TM, Cassey P, Lockwood JL. 2008. The island biogeography of exotic bird species. Glob Ecol Biogeogr. 17: 246-251.

Blackburn TM, Cassey P, Duncan RP, Evans KL, Gaston KJ. 2004. Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. Science. 305: 1955-1958.

Bolker B. 2020. Getting started with the glmmTMB package. 10p. [Consulté le 17/08/2020]. http://www.jstatsoft.org/v48/i11/.

Borregaard MK, Amorin IR, Borges PAV, Cabral JS, Fernández-Palacios JM, Field R, Heaney LR, Kreft H, Matthews TJ, Olesen JM, Price J, Rigal F, Steinbauer MJ, Triantis KA, Valente L, Weigelt P, Whittaker RJ. 2017. Oceanic island biogeography through the lens of the general dynamic model: assessment and prospect. Biol Rev. 92: 830-853.

Boullet V, Picot F. 2017. Index de la flore vasculaire de La Réunion. Version électronique. 2016.1. Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.

Boullet V, Picot F. 2016. Notice de l'index de la flore vasculaire de Mayotte. Version électronique. 2017.1. Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.

Boullet V. 2007. Carte de la végétation et des habitats de Mayotte: massif de Sohoa et baie de Tsingoni. CBNM - Notice d'accompagnement. 25p.

Boussougou GB, Brou YT, Mohamed I. 2015. Changements de la couverture forestière dans l'île d'Anjouan entre 1995 et 2014. Spatial Analysis and GEOmatics conference, SAGEO 2015, Nov 2015, Hammamet, Tunisie. 15p.

Bovo AA, Ferraz KM, Magioli M, Alexandrino ER, Hasui É, Ribeiro MC, Tobias JA. 2018. Habitat fragmentation narrows the distribution of avian functional traits associated with seed dispersal in tropical forest. Perspect Ecol Conser. 16: 90-96.

Brandis RG. 2012. Rehabilitation of abandoned coconut plantations at d'Arros Island, Republic of Seychelles. Ocean Coast Manage. 69: 340-346.

Brockie RE, Loope LL, Usher MB, Hamann O. 1988. Biological invasions of island nature reserves. Biol Conserv. 44: 9-36.

Buckland S, Flores O, Luckhurn R, Bissessur P, Baret S, Reynaud B, Strasberg D. 2015. List of alien species in the Mascarene Archipelago. FEDER Biodiversité 2015, Livrable 4A, Annexe 2.

Cadet T. 1977. La végétation de l'île de La Réunion: Etude phytoécologique et phytosociologique. Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille, France. 312p.

Callmander MW, Phillipson PB, Peter B, Schatz GE, Andriambololonera S, Rabarimanarivo M, Rakotonirina N, Raharimampionona J, Chatelain C, Gautier L, Lowry PP. 2011. The endemic and non-endemic vascular flora of Madagascar updated. Plant Ecol Evol. 144: 121-125.

Callaway RM, Walker LR. 1997. Competition and Facilitation: A Synthetic approach to interactions in plant communities. Ecology. 78: 1958-1965.

Camoin GF, Montaggioni LF, Braithwaite CJR. 2004. Late glacial to post glacial sea levels in the Western Indian Ocean. Mar Geology. 206: 119–146.

Carboneras C, Genovesi P, Vilà M, Blackburn T M, Carrete M, Clavero M, Wynde R. 2018. A prioritised list of invasive alien species to assist the effective implementation of EU legislation. J Appl Ecol. 55: 539-547.

Carrière SM, Randriambanona H. 2017. Biodiversité introduite et autochtone: antagonisme ou complémentarité? Le cas de l'Eucalyptus à Madagascar. Bois For Trop. 292: 5-21.

Carrière SM, Randrianasolo E, Hennenfent J. 2008. Aires protégées et lutte contre les bioinvasions: des objectifs antagonistes ? Le cas de *Psidium cattleyanum* Sabine (Myrtaceae) autour du parc national de Ranomafana à Madagascar. VertigO. 8: 1-14.

Caujapé-Castells J, Tye A, Crawford DJ, Santos-Guerra A, Sakai A, Beaver K, Lobin W, Florens FBV, Moura M, Jardim R. 2010. Conservation of oceanic island floras: present and future global challenges. Perspect Plant Ecol Evol Syst. 12: 107-129.

Charahabil MM, Akpo LE. 2018. Le goyavier rouge : *Psidium cattleyanum* var. *coriaceum* (Mart. ex O. Berg) Kiaersk. une espèce envahissante, à usage multiple en Grande-Comore. ESJ. 14: 436.

Choi S, Cha S. 2010. A survey of binary similarity and distance measures. J Syst Cyber Informatics. Pp: 43–48.

Chytrý M, Maskell LC, Pino J, Pyšek P, Vilà M, Font X, Smart SM. 2010. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. J Appl Ecol. 45: 448-458.

Clarkson BD. 1998. Vegetation succession (1967-89) on five recent montane lava flows, Mauna Loa, Hawaii. N Z J Ecol. 22:1-9.

Cocoual M. 2016. De la capitale des parfums aux îles aux parfums: les intérêts grassois à Madagascar et dépendances. Cah Mediter. 92: 287-304. [Consulté le 27/05/2020]. https://doi.org/10.4000/cdlm.8369

Cribari-Neto F, Zeleis A.2020. Beta regression in R. J Stat Soft 34, 24p. [Consulté le 06/07/2020]. http://www.jstatsoft.org/v34/i02/.

Crobock T, Kempel A, Fisher M, Kluenen M. 2011. Introduction bias: cultivated alien plant species germinate faster and more abundantly than native species in Switzerland. Basic Appl Ecol. 12: 244-250.

Cronk QCB, Fuller JL. 2014. Plant Invaders: the threat to natural ecosystems. Earthscan Publications. London, UK. 241p. ISBN 1 85383 741 4.

Crooks JA 2005. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion1. Ecoscience. 12: 316-329.

Cuenin N. 2020. Dynamique de la restauration écologique de la forêt semi-xérophile de La Réunion. Thèse de doctorat. Université de La Réunion. 220p.

Cybèle MC. 2018. Une analyse socio-économique de la gestion et du contrôle des plantes anvahissantes dans l'archipel des Mascareignes. Thèse de doctorat. Université de La Réunion. 363p.

D'Antonio CM, Dudley TL. 1995. Biological invasions as agents of change on islands versus mainlands. In In: Vitousek P.M., Loope L.L., Adsersen H. eds. Islands. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 115. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-78963-2_9

D'Antonio CM, Vitousek PM. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Annu Rev Ecol Syst. 23: 63-87.

Daehler CC. 2005. Upper-montane plant invasion in the Hawaiian islands: Patterns and opportunities. Perspect Plant Ecol Evol Syst. 7: 203-216.

Dawson W, Moser D, Kleunen MV, Kreft H, Pergl J, Pyšek P, Weigelt P, Winter M, Lenzner B, Blackburn TM, Dyer EE, Cassey P, Scrivens SL, Economo EP, Guénard B, Capinha C, Seebens H, García-Díaz P, Nentwig W, García-Berthou E, Casal C, Mandrak NE, Fuller P, Meyer C, Essl F. 2017. Global hotspots and correlates of alien species richness across taxonomic groups. Nat Ecol Evol. [Consulté le 15/01/2021]. https://doi.org/10.1038/s41559-017-0186.

Dawson W, Burslem DFRP, Hulme PE. 2011. The comparative importance of species traits and introduction characteristics in tropical plants invasions. Divers Distrib. 17: 1111-1121.

[DAF] Department of Agriculture and Fisheries. Restricted invasive plant. 2016. Practice management guidelines for emergency department. Biosecurity Queensland. [Consulté le 24/03/2019]. https://www.daf.qld.gov.au/business-priorities/biosecurity/plant.

Deáka B, Valko D, Nagy DD, Tötrök P, Torma A, Lőrinczid A, Kelemen A, Nagy A, Bede Á, Mizser S, Csathó M, Tóthmérészai B. 2020. Habitat islands outside nature reserves –

Threatened biodiversity hotspots of grassland specialist plant and arthropod species. Biol Conserv. 241: 108-254.

de la Bâthie HP. Les pestes végétales de Madafascar - Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée. Pp: 36-43.

De Lacombe BFL. 1840. Voyage à Madagascar et aux Iles Comores: (1823 à 1830). Tome I. 407p.

De Maximy R. 1968. Archipel des Comores : étude géographique. Thèse de doctorat. Aix en Province, France. 407p.

Delorme M. 1973. Le cocotier dans l'archipel des Comores. Oléagineaux. 7: 341-345.

Denslow JS. 2003. Weeds in Paradise: Thoughts on the invasibility of tropical islands. Ann. Mo Bot Gard. 90: 119-127.

Denslow JS. 2001. The ecology of insular biotas. Trnd Ecol Evol. 16: 423-424.

Dixon P. 2003. VEGAN, a package of R functions for community ecology. J Veg Sci. 14: 927-930.

Donlan CJ, Wilcox C. 2008. Diversity, invasive species and extinctions in insular ecosystems. J Appl Ecol. 45: 1114–1123.

Drake DR, Mueller-Dumbois D. 1993. Population development of rain forest trees on a chronosequence of Hawaiian lava flows. Esa. 74: 1012-1019.

Ducatillion C, Loup C. 1985. L'arbre dans le paysage agricole: pratiques agroforestières : description et perspectives. Centre fédéral d'appui au développement rural. Université des Sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier. 210p.

Dulloo ME, Kell SP, Jones CG. 2002. Impact and control of invasive alien species on small islands. Int For Rev. 4: 277-285.

Dumetz N. 1999. High plant diversity of lowland rainforest vestiges in eastern Madagascar. Biodivers Conserv. 8: 273–315.

Duvat V. 2006. Mondialisation touristique et environnement dans les petites îles tropicales. Cah O-M. 59: 513-539.

Elton CS. 2020. The Ecology of invasion by animal and Plants. Springer. Pp: 145-151.

Emerick CM, Duncan RA. 1982. Age progressive volcanism in the Comores Archipelago, western Indian Ocean and implications for Somali plate tectonics. Earth Planet Sci Lett. 60: 415-428.

Enoki T, Drake DR. 2017. Alteration of soil propreties by the invasive tree Psidium cattleyanum along a precipitation gradient on O'ahu Island, Hawaii. Plant Ecol. 218: 974-955.

Erlich Z, Gelbard R, Spiegler I. 2002. Data mining by means of binary representation: A model for similarity and clustering. Inf Syst Front. 4: 187–197.

Essl F, Bacher S, Blackburn TM, Booy O, Brundu G, Brunel S, Cardoso A-C, Eschen R, Gallardo B, Galil B, et al. 2015. Crossing frontiers in tackling pathways of biological invasions. BioScience 65: 769-782.

Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annu Rev Ecol Evol Syst. 34: 487-515.

FAO [Food and Agricultural Organisation]. 2010. Global forest resources assessment: Comoros forest information and data. [Consulté le 02/11/2020]. https://rainforests.mongabay.com/deforestation/2000/Comoros.htm.

Famin V, Michon L, Bourhane A. 2020. The Comoros archipelago: a right-lateral transform boundary between the Somalia and Lwandle plates. Tectonophysics 789: 228-539.

Fenouillas P, Ah-Peng C, Amy E, Bracco I, Dafreville S, Gosset M, Ingrassia F, Lavergne C, Lequette B, Notter J-C, Pausé J-M, Payet G, Payet N, Picot F, Poungavanon N, Strasberg D, Thomas H, Triolo T, Turquet V, Rouget M. 2021. Quantifying invasion degree by alien plants species in Reunion Island. Austral Ecol. [Consulté le 31/05/2021]. https://doi.org/10.1111/aec.13048.

Fleischmann K. 1997. Invasion of alien woody plants on the islands of Mahé and Silhouette, Seychelles. J Veg Sci. 8: 5-12.

Florens FBV, BaidercC, Martinb GMN, Seegoolamb NB, Zmanay Z, Strasberg D. 2016. Invasive alien plants progress to dominate protected and best-preserved wet forests of an oceanic island. J Nat Conserv. 34: 93-100.

Florens FBV. 2013. Conservation in Mauritius and Rodrigues: challenges and achievements from two ecologically devastated oceanic islands. In Sodhi NS, Gibson L, Raven PH. eds. Conservation Biology: Voices from the Tropics. Pp: 40-50.

Florens FBV, Baider C, Seegoolam NB, Zmanay Z, Strasberg D. 2013. Long-term declines of native trees in an oceanic island's tropical forests invaded by alien plants. Appl Veg Sci. 20: 94-105.

Flores O, Staménoff P, Rivière J-N, Lebreton G. 2014. Suivi et évaluation des processus de restauration et de reconstitution. Rapport scientifique final d'étude. UMR PVBT - Cirad / Université de La Réunion. 159p.

Foley JA, DeFries R, Asner GP, Barford1 C, Bonan G, Carpenter SR, F. Chapin S, Michael Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK. 2005. Global consequences of land use. Science. 309: 570-574.

Fonseca CR, Guadagnin DL, Emer C, Masciadri S, Germain P, Zalba SM. 2013. Invasive alien plants in the Pampas grasslands: a tri-national cooperation challenge. Bio Invasions. 15: 1751-1763.

Fontaine G. 1995. Mayotte. KARTHALA Editions. [Consulté le.20/03/2020]. http://www.karthala.com/203-mayotte.html.

Foster Huenneke L, Vitousek PM. 1990. Seedling and clonal recruitment of the invasive tree *Psidium cattleianum*: Implications for management of native Hawaiian forests. Biol Conserv. 53: 199-211.

Frenot Y, Gloaguen JC, Massé L, Lebouvier M. 2001. Human activities, ecosystem disturbance and plant invasion in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. Biol Conserv. 101: 33-50.

Fuller DQ, Boivin N. 2009. Crops, cattle and commensals across the Indian Ocean: current and potential archaeobiological evidence. Etud Ocean Indien. Pp: 42-43.

Gassó N, Pino J, Font X, Vilà M. 2011. Regional context affects native and alien plants species richness accross habitat types. Appl Veg Sci. 15: 4-13.

Gaston, K.J., Jones, A.G., Hänel, C., and Chown, S.L. 2003. Rates of species introduction to a remote oceanic island. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 270: 1091-1098.

Gérard A, Ganzhorn JU, Kull CA, Carrière SM. 2015. Possibles roles of introduced plants for native vertebrate conservation: the case of Madagascar. Restor Ecol. 23: 768-775.

Gevrey A. 1870. Essai sur les Comores. Procureur Impérial à Pondichéry. Asso Malg Arch. 307p.

Gillespie RG, Claridge EM, Roderick GK. 2008. Biodiversity dynamics in isolated communities: interaction between natural and human medioated processes. Mol Ecol. 17: 45-57.

GISD [Global Invasive Species Database]. 2021. Global registrer of introduced and invasive species. [Consulté le 31/05/2021]. http://www.iucngisd.org/gisd/

Greimler J, Stuessy TF, Swenso U, Baeza CM, Matthei O. 2002. Plant invasions on an oceanic archipelago. Biol Invasions. 4: 73-85.

Grün B, Kosmidis I, Zeileis A. 2012. Extended beta regression in R : Shaken, Stirred, Mixed, and Partitioned. J. Stat. Soft. 48: 25. [Consulté le 06/07/2020]. http://www.jstatsoft.org/v48/i11/.

Guennoc P, Nehlig P, Roest W. 2011. Diversité géodynamique de l'outre-mer français. Géo-sciences. BRGM. 15p.

Gurib-Fakim A, Brendler T. 2004. Medicinal and aromatic plants of Indian Ocean islands: Madagascar, Comoros, Seychelles and Mascarenes. Medpharm GmbH Scientific Publishers. 576p.

Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, et al. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Sci Adv. 1: 1-10.

Hajash A, Armstrong RL. 1972. Paleomagnetic and radiometric evidence for the age of the Comores Islands, west central Indian Ocean. Earth Planet Sci Lett. 16: 231-236.

Hammond DS, Gond V, Baider C, Florens FBV, Persand S, Laurance SGW. 2015. Threats to environmentally sensitive areas from peri-urban expansion in Mauritius. Envir Conserv. 42: 256-267.

Hassani-Mohamed F, Rouget M, Ahmed-Abdou A, Yahaya I. 2019. Identification des zones à enjeu patrimonial sur le massif de La Grille selon une méthodologie de type ZNIEFF. Mémoire de stage - M2. 91p.

He J, Huang J, Li C. 2017. The evaluation for the impact of land use change on habitat quality: a joint contribution of cellular automata scenario simulation and habitat quality assessment model. Ecol Model. 366: 58-67.

Hess MCM, Messléard F, Buisson E. 2019. Priority effects: emerging principles for invasive plant species management. Ecol Eng. 127: 48-57.

Hinsinger DD, Strijk JS. 2017. Toward phylogenomics of Lauraceae: The complete chloroplast genome sequence of *Litsea glutinosa* (Lauraceae), an invasive tree species on Indian and Pacific Ocean islands. Plant Gene. 9: 71-79.

Hoffmann BD, Courchamp F. 2016. Biological invasion and natural colonisation: are they that different? NeoBiota 29: 1-44.

Hourani GF, Carswell J. 1995. Arab seafaring in the Indian ocean in ancient and early medieval times. Cambr Univ Press. 189p. ISBN 0-691-00032-8

Hubálek Z. 1982. Coefficients of association and similarity, based on binary (presence-Absence) Data: An Evaluation. Biol Rev. 57: 669–689.

Humair F, Edwards PJ, Siegrist M, Kueffer C. 2014. Understanding misunderstandings in invasion science: why experts don't agree on common concepts and risk assessments. NeoBiota. 20: 1–30.

Huges RF, Uowolo A. 2006. Impacts of *Falcataria moluccana* invasion on decomposition in Hawaii lowland wet forests: the importance of stand-level controls. Ecosystems. 7: 977-991.

Hulme PE. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. J Appl Ecol. 46: 10-18.

Hulme PE, Bacher S, Kenis M, Klotz S, Kühn I, Minchin D, Nentwig W, Olenin S, Panov V, Pergl J, et al. 2008. Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. J Appl Ecol. 45: 403-414.

Humphreys AM, Govaerts R, Ficinski SZ, Nic Lughadha E, Vorontsova M S. 2019) Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery. Nat Ecol Evol. 3: 1043–1047.

Ibanez, T., Hart, P., Ainsworth, A., Gross, J., and Monello, R. 2019. Factors associated with alien plant richness, cover and composition differ in tropical island forests. Divers Distrib. 25: 1910-1923.

Ibouroi AT. 2014. Des esclaves Makua et de leurs descendants aux Comores. Thèse de doctorat. Université de La Réunion. 773p.

IGN [Institut national de linformation géographique et forestière]. 1995. Carte détaillée de La Grande Comore. 1: 50 000e.

Irl SDH, Schweiger AH, Hoffmann S, Beierkuhnlein C, Hartmann H, Pickel T, Jentsch A. 2019. Spatiotemporal dynamics of plant diversity and endemism during primary succession on an oceanic-volcanic island. J Veg Sci. 30: 587-598.

Isnard H. 1953. L'Archipel des Comores. Cah. O.-M. 6: 5-22.

Jacq F, Hladik A, Bellefontaine R. 2005. Dynamique d'un arbre introduit à Mayotte, *Litsea glutinosa* (Lauraceae): une espèce envahissante ? Rev Ecol - Terre Vie. 60: 21-32.

Juillet N, Buckland O, Flores O, Lavergne C, Strasberg D, Rouget M. 2017. Liste régionale des plantes invasives des iles de la zone sud-ouest de l'Océan Indien: phase 1 du programme EPIBIO [Regional list of invasive plants for south-western Indian Ocean : Phase 1 of EPIBIO programme]. CIRAD, Saint-Pierre. 19p. French.

Kamdjo T, Kitayama K, Sugawara A, Urushimichi S, Sasai K. 2002. Primary succession of the warm-temperate broad-leaved forest in a volcanic island, Miyake-Jima, Japan.Folia Geobot. 37: 71-91.

Keith P, Abdou A, Labat JN. 2006. Inventaire faunistique des rivières des Comores et inventaire botanique. Located at: National Museum of Natural History, Paris, MNHN. 109p.

Kitayama K, Mueller-Dumbois D. 1995. Biological invasion on oceanic island mountain: do alien plant species have wider ecological ranges than native species? J Veg Sci. 6: 667-674.

Kitayama K, Mueller-Dumbois D, Vitousek PM. 1995. Primary succession of Hwaian rain forest on a chronosequence of eight lava flows. J Veg Sci. 6: 211-222.

Koh LP, Ghazoul J. 2010. A matrix-calibrated species-area model for predicting biodiversity losses dur to land-use change. Conserv Biol. 24: 994-1001.

König C, Weigelt P, Taylor A, Stein A, Dawson W, Essl F, Pergl J, Pyšek P, Kleunen MV, Winter M, Chatelain C, Wieringa JJ, Krestov P, Kreft H. 2020. Source pools and disharmony of the world's island flora. Ecography. 44: 44-45.

Kouassi AM, Kouamé KF, Koffi YB, Dje KB, Paturel JE, Oulare S. 2010. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Cybergeo Eur. J. Geogr [Consulté le 24/11/2020]. https://doi.org/10.4000/cybergeo.23388

Kowarik I. 2003. Human agency in biological invasion: secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. Biol Invasions. 5: 293-312.

Kral A. 2014. Archives nationales du monde du travail. Bordeaux - Grionde, France. 9p.

Kueffer C, Daehler CC, Torres-Santana CW, Lavergne C, Meyer J-Y, Otto R, Silva S. 2010. A global comparison of plant invasions on oceanic islands. Perspect Plant Ecol Evol Syst. 12: 145-161.

Kueffer C, Lavergne C. 2004. Case studies on the status of invasive woody plant species in the Western Indian Ocean. 4. Réunion. FAO - Forest Health and Biosecurity Working Paper. 43p.

Kueffer C, Vos P, Lavergne C, Mauremootoo J. 2004. Case studies on the status of invasive woody plant species in the Western Indian Ocean. 1. Synthesis. FAO - Forest Health and Biosecurity Working Paper. 67p.

Kueffer C, Edwards PJ, Fleischmann K, Schumacher E, Dietz H. 2003. Invasion of woody plants into the Seychelles tropical forests: habitat invasibility and propagule pressure. Bull Geobot Inst ETH. 69: 65-75.

Kull CA, Tassin J, Carrière SM. 2014. Approaching invasive species in Madagascar. Madag Conserv Dev. 9: 60-70.

Kull CA, Tassin J, Moreau S, Ramiarantsoa HR, Blanc-Pamard C, Carrière SM. 2012. The introduced flora of Madagascar. Biol Invasions. 14: 875-888.

Labat J-N, Pignal M, Rouhan G, Yahaya I, Andy A, Loup C, Bidault E. 2010. Le patrimoine naturel caché des Comores : passé, présent et avenir de la diversité des plantes à fleurs. Scripta Bot Belg. 46p.

Lagabrielle E, Rouget M, Payet K, Wistebaar N, Durieux L, Baret S, Lombard A, Strasberg D. 2009. Identifying and mapping biodiversity processes for conservation planning in islands: a case study in Réunion Island (Western Indian Ocean). Biol Conserv. 142: 1523-1535.

Lambdon PW, Lloret F, Hulme PE. 2008. Do alien plants on Mediterranean islands tend to invade different niches from native species? Biol. Invasions 10: 703-716.

Lambin EF. Meyfroidt P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. PNAS. 108: 3465-3472.

Lambin EF, Turner BL, Geist HG, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishan PS, Richard JF, Skåness H. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. 11: 261-269.

Latombe G, Pyšek P, Jeschke JM, Blackburn TM, Bacher S, Capinha C, Costello MJ, Fernández M, Gregory RD, Hobern D, et al. 2017. A vision for global monitoring of biological invasions. Biol Conserv. 213: 295-308.

Lavergne C. 2016. Méthode d'hiérarchisation des espèces végétales exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes de Mayotte – Note méthodologique pour l'élaboration d'une liste hiérarchisée d'espèces exotiques envahissantes en vue de leur gestion. Version 1. Septembre 2016. Note non publiée. Conservatoire Botanique National et Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement de Mascarin, Saint-Leu, La Réunion, 57 p.

Lavergne C, Rameau J-C, Figier J. 1999. The invasive weed *Lingustrum robustum* subsp. *walkeri* threatens native forest on La Reunion. Biol Invasions. 1: 377-392.

Lebourgeois T, Baret S. 2003. Programme de recherche pour une lutte biologique contre *Rubus alceifolius* espèce envahissante à La Réunion. Actes de l'atelier regional sur les plantes envahissantes des espaces pastoraux. 24-28 Novembre 2003. Koné, Nouvelle Calédonie. 6p.

Leclerc C, Courchamp F, Bellard C. 2018. Insular threat associations within taxa worldwide. Scientific Report. 8p.

Lejeune B, Lejeune-Resnick E. 1998. Maurice et La Réunion : deux îles de l'océan Indien face à la France de 1848. Rev Hist XIXe s - 1848. 16: 115–123.

Lefèvre G. Plantes et sociétés. Inalco. 2009. 42-43. [Consulté le 28/05/2021]. https://doi.org/10.4000/oceanindien.61

Legris P. 1969. La grande Comore: climats et végétation. Institut français de Pondichéry. 48p.

Lemenkova P. 2018. R scripting libraries for comparative analysis of the correlation methods to identify factors affecting Mariana Trench formation. J Mar Tech Environ. Pp: 35-42.

Lenth R. 2020. Emmeans: estimated marginal means, aka least-square means. R package version 1.4.8. [Consulte le 05/06/2020]. https://CRAN.R-project.org/package=emmeans.

Lenzner B, Latombe G, Capinha C, Bellard C, Courchamp F, Diagne C, Dullinger S, Golivets M, Irl SDH, Kühn I, et al. 2020. What will the future bring for biological invasions on islands? An expert-based assessment. Front. Ecol. Evol. 8: 1-16.

Lénat J-F, Bachèlery P, Merle O. 2012. Anatomy of Piton de la Fournaise volcano (La Réunion, Indian Ocean. Bull Vulcanol. 74: 1945-1961.

Le Roux PC, Romaswiela T, Kalwij JM, Shaw JD, Ryan PG, Treasure AM, McClelland TW, McGeoch MA, Chown SL. 2013. Human activities, propagule pressure and alien plants in the sub-Antarctic: test of generalities and evidence in support of management. Biol Conserv. 161: 18-27.

Lewis AR. 1976. Les marchands dans l'Océan Indien. Rev Hist Econo Soc. 54: 441-475.

Lockwood JL, Cassey P, Blackburn TM. 2009. The more you introduce the more you get: the role of colonization pressure and propagule pressure in invasion ecology. Divers Distrib. 15: 904-910.

Lorence DH. 1988. Diversity, density, and invasion in a Mauritian wet forest. Monogr Sys Bot Missouri Bot Gard. 25: 187-204.

Lososová Z, Chytrý M, Tichý L, Danihelka J, Fajmon K, Hájek O, Kintrová K, Láníková D, Otýpková Z, Řehořek V. 2012. Biotic homogenization of Central European urban floras depends on residence time of alien species and habitat types. Biol Conserv. 145: 179-184.

MacArthur RH, Wilson EO. 1967. The theory of island biogeography. Princ Univ Press. 201p.

MacDonald IAW, Cooper J. 1995. Insular lessons for global biodiversity conservation with particular reference to alien invasions. In Islands: Biological Diversity and Ecosystem Function. Vitousek PM, Loope LL, Adsersen H. eds. Springer. Pp. 189-203.

MacDonald IAW. 1992. Global change and alien invasions: implications for biodiversity and protected area management. In Solbrig OT, Emden HM, Oordt PGWJ. eds. Biodiversity and global change. IUBS - Paris. Pp: 197-207.

MacDonald IAW, Thébaud C, Strahm WA, Strasberg D. 1991. Effects of alien plant invasions on native vegetation remnants on La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean). Environ Conserv. 18: 135-145.

Mačić V, Albano PG, Almpanidou V, Claudet J, Corrales X, Essl F, Evagelopoulos A, Giovos I, Jimenez C, Kark S, Marković O, Mazaris AD, Ólafsdóttir GÁ, Panayotova M, Petović S, Rabitsch W, Ramdani M, Rilov G, Tricarico E, Vega Fernández T, Sini M,

Trygonis V and Katsanevakis S (2018) Biological invasions in conservation planning: A global systematic review. Front. Mar. Sci. 5:178. doi: 10.3389/fmars.2018.00178

Mack MC, D'Antonio CM. 1998. Impacts of biological invasions on disturbance regimes. Trends Ecol Evol. 13: 195-198.

Mandon-Dalger I, Clergeau P, Tassin J, Rivière JN, Gatti S. 2004. Relationships between alien plant and alien birds species on Reunion island. J Trop Ecol. 20: 635-642.

Markl JS, Schleuning M, Forget PM, Jordano P, Lambert JE, Traveset A, Wright SJ, Böhning-Gaese K. 2012. Meta-analysis of the effects of human disturbances on seed dispersal by animal. Conserv Biol. 26: 1072-1081.

Marshall NA, Friedel M, van Klinken RD, Grice AC. 2011. Considering the social dimension of invasive species: the case of buffel grass. Environ Sci Policy. 14: 327–338.

Matthew S, Michel F, Marie-Laure F. 2020. Plants used in traditional medicine in the Comoros archipelago. ORBI. 24: 117-147 .

Maugé LA, Ségoufin J, Vernier E, Froget C. 1982. Geomorphologie et origine des bancs du nord-est du canal de Mozambique — Ocean Indien occidental (geomorphology and origin of the reef-banks of the north-eastern Mozambique Channel — Western Indian Ocean). Mar Geol. 47: 37-55.

Mauremootoo JR. 2015. Mid term review of the Invaz'iles project (Preparation and testing of a comprehensive model for preventing and managing the spread of invasive species on island ecosystems). Report submitted to UICN and the delegation to EC Mauritius, Comores and Seychelles. Inspiral pathways, Bristol, UK. 88p.

Mauremootoo JR, Towner-Mauremootoo CV. 2002. Restoring paradise: alien species management for the restoration of terrestrial ecosystems in Mauritius and Rodrigues. Pp: 55-70. In: MacDonald AW, Reaser JK, Bright C, Neville LE, Howard GW, Murphy ST, Preston G. eds. 2002. Prevention and management of invasive alien species. Proceedings of a workshop on forging cooperation throughout Southern Africa. 10-12 June 2002. Lusaka, Zambia. GISP. 90p.

McCulloch GA, Madeira PT, Makinson JR, Dutoit L, Blair Z, Walter GH, Nawaz M, Purcell MF. 2020. Phylogenomics resolves the invasion history of Acacia auriculiformis in Florida. J Biogeog. 453-464.

McKinney ML. 2006. Correlated non-native species richness of birds, mammals, herptiles and plants: scale effects of area, human population and native plants. Biol. Invasions 8: 415-425.

McKinney ML. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impact of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. BioScience. 52: 883-890.

McLaughlin OB, Emmerson MC, O'Gorman EJ. 2013. Habitat isolation reduces the temporal stability of island ecosystems in the face of flood disturbance. Adv Ecol Res. 48: 225-284.

Mejia CV, Brandt S. 2015. Managing tourism in the Galapagos Islands through price incentives: a choice experiment approach. Ecol Econ. 117: 1-11.

Merton D, Climo G, Laboudallon V, Robert S, Mander C. 2002. Alien mammal eradication and quarantine in inhabited islands in the Seychelles. Inv Ecol. 7: 182-198. In: Veitch CR, Clout MR. eds. Turning the tide: the eradication of alien species. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge. UK. 414p.

Messerli P. 2006. Exploring innovative strategies for livelihoods in a slash-and-burn context in Madagascar: experiencing the role of huma geography in sustainability-oriented research, Geogr Helv. 61: 266–274.

Météo France. 2019. Atlas climatique de La Réunion - Cartes annuelles pluviométriques. [Consulté le 07/06/2020]. http://www.meteofrance.re/climat/pluies-annuelles

Meyer JY, Laitame T, Gaertner JC. 2019. Short-term recovery of native vegetation and threatened species after restoration of a remnant forest in a small oceanic island of the South Pacific. Plant Ecol Divers. 12: 75-85.

Meyer JY. 2000. Preliminary review of the invasive plant in the Pacific islands. Pp 85-114. In invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy. Tahiti, French Polynesia. SPREP. 197p.

Meyer JY. 2004. Threat of invasive alien plant to native flora and forest vegetation of eastern Polynesia. Pac Sci. 58: 357-575.

Michon L. 2016. The volcanism of the Comoros archipelago integrated at a regional scale. In Active volcanoes of the ssouthwest Indian Ocean: Piton de La Fournaise and Karthala. Bachelery P, Lenat J-F, Di Muro A, Michon L. eds. Springer. Pp. 333-344.

Middleton K. 2009. From Ratsiraka to Ravalomanana. Changing narratives of prickly pears in dryland Madagascar. Inalco. Pp: 47-83. [Consulté le 29/05/2021]. https://doi.org/10.4000/oceanindien.729

Moges A, Beyene A, Ambelu A, Mereta ST, Triest L, Kelbessa E. 2017. Plant species composition and diversity in wetlands under forest, agriculture and urban land uses. Aquat Bot. 138: 9-15.

Mohamed AA. 2007. Etude écologique de la forêt du mont Karthala (Grande Comore): Ethnobotanique, Typologie, Régénération naturelle, Evolution spatio-temporelle et Zonation potentielle en site de conservation. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo. 140p.

Monty MLF, Florens FBV, Baider C. 2013. Invasive alien plants elicit reduced production of flowers and fruits in various native forest species on the tropical island of Mauritius (Mascarenes, Indian Ocean). Trop Conserv Sci. 6: 35-49.

Mouly A. 2009. Les Rubiaceae émergents de la canopée endémique de l'archipel des Comores : affinités floristiques dans l'Océan Indien et taxonomie. Adansonia. 31: 197-206.

Motte V, Jacquot É, Cornec T. 2018. L'océan Indien, des terres nouvelles pour l'archéologie. Les nouvelles de l'archéologie. Pp: 52–58.

Mudzengi CP, Kativu S, Murungweni C, Dahwa PX, Shoko MD. 2013. Woody species composition and structure in a semi-arid environment invaded by Dichrostachys cinerea (I.). Wight & Arn (Fabaceae). Int J Sci Res Publ. 3: 2250-3153.

Mueller-Dumbois D. 1987. Forest dynamics in Hawaii. Trends Ecol Evol. 2: 216-220.

Muthukumar T, Udaiyan K. 2010. Growth response and nutrient utilization of *Casuarina equisetifolia* seedlings inoculated with bioinoculants under tropical nursery conditions. New For. 40: 101 - 118.

Msaidie S, Ducourneau A, Boetsch G, Longepied G, Papa K, Allibert C, Yahaya AA, Chiaroni J, Michael J Mitchell MJ. 2011. Genetic diversity on the Comoros Islands shows early seafaring as major determinant of human biocultural evolution in the Western Indian Ocean. Eur J Hum Genet. 19: 89-94.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GA, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. 403: 853-858.

Naem S, Knops JMH, Tilman D, Howe KM, Kennedy T, Gale S. 2003. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors. OIKOS. 91: 97-108.

Nassor H. 2001. Contribution à l'étude du risque volcanique sur les grands volcans boucliers basaltiques : le Karthala et le Piton de la Fournaise. These de doctorat. Université de La Réunion. 292 p.

Nekola JC, White PS. 2004. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. J Biogeogr. 26: 867 - 878.

Nobis A, Zmihorski M, Kotowsla D. 2016. Linking the diversity of native flora to land cover heterogeneity and plant invasions in a river valley. Conserv Biol. 203: 17-24.

Norder SJ, Seijmonsbergen AC, Rughooputh SDDV, van Loon EE, Tatayah V, Kamminga AT, Rijsdik KF. 2017. Assessing temporal coupling in social-ecological island systems: historical deforestation and soil loss on Mauritius (Indian Ocean). Ecol Soc. 22: 1-29.

Nordstokke D, Stelnicki AM. 2014. Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Dordrecht. Michalos AC. Chapter - Pairwise comparisons. Springer Netherlands; p. 4575-4576

Nougier J, Cantagrel JM, Karche JP. 1986. The Comores archipelago in the western Indian Ocean: volcanology, geochronology and geodynamic setting. J Afr Earth Sci. 1983 5: 135-145.

Nuñez, M.A., and Pauchard, A. 2010. Biological invasions in developing and developed countries: does one model fit all? Biol Invasions 12: 707-714.

Ööpik M, Kukk T, Kull K, Kull T. 2008. The importance of human mediation in species establishment: analysis of the alien flora of Estonia. Boreal Environ Res. 13: 53-67.

Ottino P. 1974. L'Océan Indien comme domaine de recherches. In. L'Homme [1974]. Persée. 14: 143-151.

Pagad S, Genovesi P, Carnevali L, Scalera R, Clout M. 2015. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group: invasive alien species information management supporting practitioners, policy makers and decision takers. Manage Biol Invasions. 6: 127-135.

Panitsa M, Tzanoudakis D, Triantis KA, Sfenthourakis S. 2006. Pattern of species richness on very small islands: the plants of Aegean archipelago. J Biogeogr. 33: 1223-1234.

Parr SJ, Hill MJ, Nevill J, Merton DV, Shah NJ. 2000. Alien species case-study: eradication of introduced mammals in Seychelles in 2000. Conservation. 23p.

Paulay, G. 1994. Biodiversity on Oceanic Islands: Its Origin and Extinction1. Integr Comp Biol. 34: 134-144.

Pascal O. 1997. La végétation naturelle de Mayotte, études quantitatives et qualitatives [The natural vegetation of Mayotte, quantitative and qualitative studies]. 107p. French.

Pauchard A, Alaback PB. 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of South-Central Chile. Biol Conserv. 18: 238-248.

Patel S. 2012. Exotic tropical plant Psidium cattleianum: a review prospect and threat. Rev Environ Sci Biotechnol. 11: 243-248.

Peltier A, Bachèlery P, Staudacher T. 2009. Magma transport and storage at Piton de La Fournaise (La Réunion) between 1972 and 2007: A review of geophysical and geochemical data. J Vulcanol Geotherm Res. 184: 93-108.

Pergl J, Pyšek P, Bacher S, Essl F, Genovesi P, Harrower CA, Hulme PE, Jeschke JE, Kenis M, Kühn I, et al. 2017. Troubling travellers: are ecologically harmful alien species associated with particular introduction pathways? NeoBiota 32: 1-20.

Pernet R, Meyer G. 1957. Pharmacopée de Madagascar. IRST. 89p.

Podani J. 2006. Braun-Blanquet's legacy and data analysis in vegetation science. J Veg Sci. 17: 113-117.

Pollard E, Kinyera OC. 2017. The swahili coast and the Indian Ocean trade pattern in the 7th-10th centuries CE. J South Afr Stud. 43: 927-947.

Potgieter LJ, Wilson JRU, Strasberg D, Richardson DM. 2014. *Casuarina* invasion alters primary succession on lava flows on La Réunion island. Biotropica. 46: 268 - 275.

Poux C, Madsen O, Marquard E, Vieites DR, de Jong WW, Vences M. 2005. Asynchronous colonization of Madagascar by the four endemic clades of primates, tenrecs, carnivores, and rodents as inferred from nuclear genes. Syst Biol. 54: 719–730.

Pretto F, Celesti-Grapow L, Carli E, Blasi C. 2010. Influence of past land use and current human disturbance on non-native plants species in small Italian islands. Plant Ecol. 210: 225-239.

Pyšek P, Pergl J, Essl F, Lenzner B, Dawson W, Kreft H, Kleunen MV. 2017. Naturalized alien flora of the world. Preslia. 89: 203-274.

Pyšek P, Jarošík V, Hulme PE, Pergl J, Hejda M, Schaffner U, Vilà M. 2012. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. Glob Chang Biol. 18: 1725-1737.

Pyšek P, Richardson DM, Rejmánek M, Webster GL, Williamson M, Kirschner J. 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. Taxon. 53: 131-143.

Pyšek P, Prach K, Smilauer P. 1995. Relating invasion success to plant traits: an analysis of the Czech alien flora. Plant invasions: general aspects and special problems. Pp: 39-60.

Rajendran K, Deravaj P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass Bioenerg. 26: 235-249.

Randall RP. 2012. A global compendium of weeds. 2nd Edition. Department of Agriculture and Food, Western Australia. [Consulté le 27/07/2020]. Pp: 298-432.

Raxworthy CJ, Pearson RG, Rabibisoa N, Rakotondrazafy AM, Ramanamanjato J-B, Raselimanana AP, Wu S, Nussbaum RA, Stone DA. 2008. Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. Glob Chang Biol. 14: 1703–1720.

Read J, Hill R. 1983. Rainforest invasion onto Tasmanian old-fields. Australian J Ecol. 8: 149-161.

Reaser JK, Meyerson LA, Cronk Q, De Poorter M, Eldrege LG, Green E, Kairo M, Latasi P, Mack RN, Mauremootoo J, O'dowd D, Orapa W, Sastroutomo S, Saunders A, Shine C, Thrainsson S, Vaiutu L. 2007. Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. Environ Conserv. 34: 98-111.

Rejmánek M, Richardson DM. 2013. Trees and shrubs as invasive alien species – 2013 update of the global database. Divers Distrib. 19: 1093-1094.

Rejmánek M. 1996. Species richness and resistance to invasions. In: Orians G.H., Dirzo R., Cushman J.H. (eds) Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Springer. Pp: 153-172.

Rembold K, Mangopo H, Tjitrosoedirdjo SS, Kreft H. 2017. Plant diversity, forest dependency, and alien plant invasions in tropical agricultural landscapes. Biol Conserv. 213: 234-242.

Richardson DM, Rejmánek M. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. Divers Distrib. 17: 788-809.

Rivals P. 1952. Etude sur la vegetation naturelle de l’île de La Réunion. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 214p.

Rocamora G, Henriette R. 2015. Invasive alien species in Seychelles. Why and how to eliminate them. Identification and management of priority species. Collection Inventaire et Biodiversité. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris & University of Seychelles. Biotope Editions, Mèze.

Rodgers JC, Ambinakudige S. 2012. Distribution patterns of invasive *Casuarinas* (*Casuarina equisetifolia* L.) within beach environments on san salvador island, the Bahamas. Nat. Areas J. 32: 386 - 390.

Romeiras MM, Catarino S, Filipe AF, Magalhães MF, Duarte MC, Beja P. 2016. Species conservation assessments in oceanic Islands: the consequences of precautionary versus evidentiary attitudes. Conserv Lett. 9: 275–280.

Russell JC, Meyer J-Y, Holmes ND, Pagad S. 2017. Invasive alien species on islands: impacts, distribution, interactions and management. Environ. Conserv. 44: 359-370.

Rotherham ID, Lambert RA. 2012. Invasive and introduced plants and animals: human perception, attitudes and approaches to management. Earthscan. 392p.

Said-Ahmed SA. 2015. L'archipel des Comores: milieu insulaire et géopolitique. Thèse de doctorat. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III. 616p.

Samways MJ, Hitchinis PM, Bourquin O, Henwood J. 2010. Restoration of a tropical island: Cousine Island, Seychelles. Biodivers Conserv. 19: 425-434.

Sanchez SF. 2009. Plans de colonisation, idées chimériques ? Nosy Be et Mayotte dans les projets français d'expansion dans l'océan Indien occidental et vers Madagascar (1839-1857). Presses Universitaires, Paris Sorbonne; Dodille N. Idées et représentations coloniales dans l'océan Indien du XVIIIe au XXe siècles. Pp: 167-198.

Sandilyan S, Klooster CIEA. 2016. The other side of invasive alien plants of India - with special reference to medicinal values. J Nat Conserv. 31: 16-21.

Sax DF, Gaines SD, Brown JH. 2002. Species invasions exceed extinctions on islands worldwide: A comparative study of plants and birds. Am Nat. 160: 766-783.

Sax DF, Gaines SD. 2008. Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands. Proc Natl Acad Sci. U.S.A. 105: 11490-11497.

Schrader J, König C, Triantis KA, Trigas P, Kreft H, Weigelt P. 2020. Species-area relationship differ among plant grow forms. Glob Ecol Biogeogr. 29: 814-829.

Seebens H, Essl F, Dawson W, Fuentes N, Moser D, Pergl J, Pyšek P, Kleunen M, van Weber E, Winter M, et al. 2015. Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. Glob. Change Biol. 21: 4128-4140.

Selge S, Fischer A, van der Wal R. 2011. Public and professional views on invasive non-native species – A qualitative social scientific investigation. Biol Conserv. 144: 3089-3097.

Sellström T. 2015. Africa in the Indian Ocean: Islands in Ebb and Flow. Brill, Netherlands. 410p.

Seychelles National Herbarium. 2017. Table communiquée par K. Beaver le 09 Avrill 2017.

Shah NJ. 2001. Eradication of alien predators in the Seychelles: an example of conservation action on tropical islands. Biodivers Conserv. 10: 1219-1220.

Shepherd G. 1980. The Comorians and the East African slave trade. Asian and African systems of slavery. In James LW. eds. Asian and African System of Slavery. Oxford, Basil, Blackwell. 99p.

Shaw JD. 2013. Southern Ocean Islands invaded: conserving biodiversity in the world's last wilderness. In: Foxcroft L, Pyšek P., Richardson D, Genovesi P. eds. Plant Invasions in Protected Areas. Inv Ecol. 7: 449-470.

Shea, K., and Chesson, P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. Trends Ecol Evol. 17: 170-176.

Shrestha BB, Shrestha UB, Sharma KP, Thapa-Parajuli RB, Devkota A, Siwakoti M. 2019. Community perception and prioritization of invasive alien plants in Chitwan-Annapurna Landscape, Nepal. J Environ Manage. 229: 38-47.

Shirkhorshidi AS, Aghabozorgi S, Wah TY. 2015. A comparison study on similarity and dissimilarity measures in clustering continuous data. PLoS One 10.

Shultis JD, Way PA. 2009. Changing conceptions of protected areas and conservation: linking conservation, ecological integrity and tourism management. J Sustainable Tour. 14: 223-237.

Simberloff, D. 1995. Why do introduced species appear to devastate islands more than mainland areas. Pac Sci. 49: 87-97.

Smathers GA, Mueller-Dumbois D. 1974. Invation and recovery of vegetation after a volcanic eruption in Hawaii. Nat Parks Serv Sci Monogr. 5: 1: 129.

Smith C. 1985. Impact of alien plants on Hawa'i's native biota. [Consulté le 03/11/2018]. 71p.

Starr F, Starr K, Loope L. 2003. *Accacia auriculiformis* (Earpod wattle), Fabaceae. United States Geological Survey--Biological Resources Division Haleakala Field Station, Maui, Hawai'i. 4p.

Steinbauer MJ, Dolos K, Field R, Reineking B, Beierkuhnlein C. 2013. Re-evaluating the general dynamic theory of island biogeography. Front Biogeogr. 5: 185-194.

Strasberg D, Rouget M, Richardson DM, Baret S, Dupont J, Cowling RM. 2005. An assessment of habitat diversity and transformation on La Réunion island (Mascarene islands, Indian Ocean) as basis for identifying broad-scale conservation priorities. Biodivers Conserv. 14: 3015-3032.

Strasberg D. 1994. Dynamique des forêts tropicales de l'ile de La Réunion: processus d'invasion et régénération sur les coulées volcaniques. Thèse de doctorat. Université de Montpellier II. 202p.

Sultan M, Wigle DA, Cumbaa CA, Maziarz M, Glasgow J, Tsao MS, Jurisica I. 2002. Binary tree-structured vector quantization approach to clustering and visualizing microarray data. Bioinformatics. 18: S111–S119.

Sugden AM. 1986. The montane vegetation and flora of Margarita island, Venezuela. J Arno Arbor. 67: 187-232. [Consulté le 27/05/ 2021]. http://www.jstor.org/stable/43782188.

Suzuki E, Parthomihardjo T, Turmudi E. 1995. A ten-sear succession of *Saccharum spontaneum* and *Casuarina equisetifolia* vegetations on Anak Krakatau, Indonesia. Tropics. 4: 127-131.

Tagawa H. 1992. Primary succession and the effect of first arrivals on subsequent development of forest types. GeoJournal. 28: 175-183.

Tabarelli M, Mantovani W, Peres CA. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. Biological Conservation. 91: 119-127.

Tassin J, Triolo J, Lavergne C. 2007. Ornamental plant invasions in mountain forest of Réunion (Mascarene Archipelago): a status review and management directions: Invasive ornamental plant species on Reunion. Afr J Ecol. 45: 444-445.

Tassin J, Derroire G, Rivière J.-N. 2004. Gradient altitudinal de la richesse spécifique et de l'endémicité de la flore ligneuse indigène à l'île de La Réunion (archipel des Mascareignes). Acta Botanica Gallica 151, 181–196.

Tershy BR, Shen K-W, Newton KM, Holmes ND, Croll DA. 2015. The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. BioScience. 65: 592–597.

Thébaud C, Strasberg D, Warren BH, Cheke A. 2009. Mascarene Islands, biology. In Gillespie RG, Clague DA. eds. The encyclopedia of islands. University of California Press. Pp. 612-619.

Thornton IW, Zann RA, Rawlison CR, Tidemann CR, Adikerana AS, Widjoya AH. 1988. Colonisation of the Kratatau islands by vertebrates: equilibrium, succession and possible delayed extinction. Europe PMC. 85: 515-518.

Tobias JA, Şekercioğlu ÇH, Vargas FH. 2013. Bird conservation in tropical ecosystems. In Key Topics in Conservation Biology 2. John Wiley & Sons. Pp. 258-276.

Toral-Granda MV, Causton CE, Jäger H, Trueman M, Izurieta JC, Araujo E, Cruz M, Zander KK, Izurieta A, Garnett ST. 2017. Alien species pathways to the Galapagos Islands, Ecuador. PLoS One 12, e0184379.

Trimanto T, Hapsari L. 2016. Botanical survey in threeten montane forest of Bawean Island Nature Reserve, East Java Indonesia: Flora diversity, conservation status, and bioprospeting. Biodiversitas. 17: 832-846.

Turbelin AJ, Malamud BD, Francis R.A. 2017. Mapping the global state of invasive alien species: patterns of invasion and policy responses: Mapping the global state of invasive alien species. Global Ecol. Biogeogr. 26: 78–92.

Tropicos. 2017. http://www.tropicos.org/ Consulté le 27 avril 2017.

Tzanopoulos J, Mitchley J, Pantis JD. 2007. Vegetation dynamics in abandoned crops fields on a Mediterranean island: development of succession model and estimation of disturbance thresolds. Agric Ecosyst. Environ. 120: 370-376.

UNEP [United Nation Environment Programme]. 2002. Atlas des ressources côtières de l'Arfique orientale - République Frédérale Islamique des Comores (RFIC). UNEP. 94p.

UNO [United Nation Organisation]. 2020. The 2019 revision of world population prospects. Population density (persons per square km). DESA [Consulté le 30/07/2020]. https://population.un.org/wpp/DataQuery/

UNO [United Nation Organisation]. 2007. Convention on biological diversity (Secretariat of the convention on biological diversity).

Van Kleunen M, Essl F, Pergl J, Brundu G, Carboni M, Dullinger S, Dehnen-Schmutz K. 2018. The changing role of ornamental horticulture in alien plant invasions. Biological Reviews. 93: 1421-1437.

Vicente JR, Pereira HM, Randin CF, Gonçalves J, Lomba A, Alves P, Metzger J, Cezar M, Guisan A, Honrado J. 2014. Environment and dispersal paths override life strategies and residence time in determining regional patterns of invasion by alien plants. Perspect Plant Ecol Evol Syst. 16: 1-10.

Vitousek PM, Walker LR. 1989. Biological invasion by Myrica faya in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects.Ecol Monogr. 59: 247-265.

Vitousek PM. 1988. Diversity and biological invasions of oceanic islands. In: Wilson EO. 1988. Biodiversity. Nat Acad Press. Pp: 181-189.

Vitousek PM, Loope LL, Stones CP. 1987. Introduced species in Hawaii. Biological effects and opportunities for ecological research. Trends Ecol Evol. 2: 224-227.

Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmanek M, Westbrooks R. 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. N Z J Ecol. 21: 1-16.

Vorontsova MS, Lowry PP, Andriambololonera SR, Wilmé L, Rasolohery A, Govaerts R, Humphreys AM. 2021. Inequality in plant diversity knowledge and unrecorded plant extinctions: an example from the grasses of Madagascar. Plants People Planet. 3: 45-60.

Vos P. 2004. Case studies on the status of invasive woody plant species in the Western Indian Ocean. 2. The Comoros archipelago (Union of the Comoros and Mayotte). Forest Health and Biosecurity Working Paper. 38p.

Walker LR, Vitousek PM. An invaders alters germination and growth of native dominant tree in Hawai'i. Ecology. 72: 1449-1455.

Wang Y, Chen C, Millien V. 2018. A global synthesis of the small-island effect in habitat islands. Proc R Soc B. 285: 1-8.

Warren BH, Strasberg D, Bruggemann H, Prys-Jones R, Thébaud C. 2010. Why does the biota of Madagascar region have such a strong Asiatic flavour ? Cladistics. 26: 526-538.

Warren BH, Simberloff D, Ricklefs RE, Aguilée R, Condamine FL, Gravel D, Morlon H, Mouquet N, Rosindell J, Casquet J, Conti E, Cornuault J, Fernández-Palacios JM, Hengl T, Norder SJ, Rijsdijk KF, Sanmartín I, Strasberg D, Triantis KA, Valente LM, Whittaker RJ, Gillespie RJ, Emerson BC, Thébaud C. 2015. Islands as model system in ecology and evolution: prospects fifty years after MacArthur-Wilson. Ecol Lett. 18: 200-217.

Waddell EH, Banin LF, Fleiss S, Hill JK, Hughes M, Jelling A, Chapman DS. 2020. Land-use change and propagule pressure promote plant invasions in tropical rainforest remnants. Lands Ecol. 35: 1891-1906.

Walsh JC, Venter O, Watson JE, Fuller RA, Blackburn TM, Possingham HP. 2012. Exotic species richness and native species endemism increase the impact of exotic species on islands. Glob Ecol Biogeogr. 21: 841-850.

Watson J Trueman M, Tufet M, Henderson S, Atkinson R. 2010. Mapping terrestrial anthropogenic degradation on the inhabited islands of the Galapagos Archipelago. Oryx 44: 79-82.

Westphal MI, Browne M, MacKinnon K, Noble I. 2008. The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. Biol Invasions 10: 391-398.

Whittaker RJ, Triantis KA Ladle RJ. 2008. A general theory of oceanic islands biogeography 35: 977-994.

Whittaker RJ, Fernández-Palacios JM, Matthews TJ, Borregaard MK. 2017. Island biogeography: taking the long view of nature's laboratories. Science. 357: 1-9.

Whittaker RJ, Triantis KA, Ladle RJ. 2008. A general dynamic theory of oceanic island biogeography. J Biogeogr. 35: 977-994.

Whittaker RJ, Jones SH, Partomihardjo T. 1997. The rebuilding of an isolated rain forestassemblage: how disharmonicis the flora of Krakatau?. Biodivers Conserv. 6: 1671-1696.

Wilgen BW. Raghu S, Sheppard AW, Schaffner U. 2020. Quantifying the social and economic benefits of the biological control of invasive alien plants in natural ecosystems. Curr Opin Insect Sci. 38: 1-5.

Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. BioScience. 48: 607-615.

Williamson M. 1999. Invasions. Ecography 22: 5-12.

Wilson JRU, Faulkner KT, Rahlao SJ, Richardson DM, Zengeya TA, van Wilgen BW. 2018. Indicators for monitoring biological invasions at a national level. J Appl Ecol. 55: 2612-2620.

UNO [United Nations Organisation]. 2017. World Population Prospects - Population Division - Word Bank (2017)

Wright H, Sinopoli C, Wojnaroski L, Hoffman E, Scott S, Redding R, Goodman S. 1984. Early seafarers of the Comoro Islands: The Dembeni Phase of the IXth-Xth Centuries AD. Azania. 19: 13-59.

Yahaya I, Lavergne C, Ahmed-Abdou A, Dimassi A, Traclet S, Ramadhoini AI, Guezou A, Faydati D, Tye A, Abdou Azali H, Abdallah N, Abdillahi M, Hassane K, Mliva I, Yahaya D, Saindou I, Yahaya N. 2018. Liste des plantes envahissantes et potentiellement envahissantes aux Comores [Données non publiées].

Yahaya I. 2018. Coordination national du projet inva'ziles pour la gestion des espèces envahissantes aux Comores. Rapport narratif. 37p.

Youngh HS, Raab TK, McCauley DJ, Briggs AA and Dirzo R. 2010. The coconut palm, Cocos nucifera, impacts forest composition and soil characteristics at Palmyra Atoll, Central Pacific. J Veg Sci. 21: 1058-1068.

Zimmerman N, R. Hughes F, Cordell S, Hart P, Chang KH, Perez D, Like RK, Ostertag R. 2007. Pattern of primary succession of native and introduced plants in lowland wet forest in eastern Hawaii. Biotropica. 40: 277-284.

7 Annexes

Annexe 1.1 : ***Chronologie et types d'éruptions du volcan Karthala à La Grande Comore (Bachèlery et Coudray 1993).***

Année	Dates	Localisation	Type d'éruption	Surface couverte (10^6 m^2)	Volume de magma estimé (10^6 m^3)	Sismicité ressentie	Dégâts
1991	11 juillet	Cratère principal	Phréatique	-	Pas de magma	oui	Oui
1977	5 au 10 avril	Flanc sud-ouest	Magmatique excentrique	1.8	10.8	Oui	Oui
1972	8 sept au 5 oct.	Caldeira	Magmatique sommitale	2.5	12	-	-
1965	12 juillet	Caldeira et cratère IIre	Magmatique sommitale	0.05	0.15	-	-
1952	10 au 14 février	Cratère principal	Magmatique sommitale	-	-	-	-
1948	22 avril au 4 mai	Cratère IIre	Magmatique sommitale				
1948	13 au 16 juin	Cratère principal	Magmatique sommitale et phréatomagmatique	16	6	oui	oui
1918	11 au 13 août	Rift zone nord	Magmatique latérale	2.7	10	oui	-
1918	25 et 26 août	Cratère principal	Phréatique	25	Pas de magma	oui	oui
1904	25 fév. à avril	Rift zone nord	Magmatique latérale	11	44	oui	Oui 1 pers. tuée
1903	-	Rift zone sud-est	Emissions gazeuses	-	-	-	Oui 17 prs. tuées
1880	-	Rift zone sud-est	Magmatique latérale	2.4	10	oui	Oui
1876	-	Rift zone sud-est	Magmatique latérale	4	17	-	-
1872	-	Rift zone nord	Magmatique latérale	1.6	7.2	-	-
1860	décembre	Rift zone sud-est	Magmatique latérale	5.5	30	-	-
1859	-	Rift zone	Magmatique latérale	3.9	20	-	-
1858	-	Caldeira et rift zone	Magmatique latérale	12.5	63	-	-
1857	-	Rift zone sud-est et caldeira	Magmatique latérale	10	56	-	Oui
1848	-	Flanc sud-ouest	Magmatique excentrique	3	16	-	-
1830	-	-	Magmatique	-	-	-	-
1828	-	-	Magmatique	-	-	-	-
1821	-	-	Magmatique	-	-	-	-
1814	-	-	Magmatique	-	-	-	-
1808	-	-	Magmatique	-	-	-	-

Annexe 2.1 : ***Liste des plantes cultivables introduites et non introduites aux Comores (Gevrey 1780).***

Nom vernaculaire	Nom latin	Famille
Takamaka	*Calophyllum inophyllum*	Calophyllaceae
Badamier	*Terminalia catappa*	Combretaceae
Grand natte	*Mumusops ballata*	Sapotaceae
Petite natte	*Mumusops comorensis*	Sapotaceae
Bois de fer	-	-
Arbre à guitta-percha	*Eucommia ulmoides*	Sapotaceae
Aréquier	*Areca catechu*	Arecaceae
Latanier	-	-
Mouranda	-	-
Mouhinga	-	-
Rafia/Raphia	*Raphia farinifera*	Arecaceae
Terminalier	*Terminalia sp*	Combretaceae
Corail végétal	-	-
Mourongue	*Moringa oleifera*	Moringaceae
Andrèsse	-	-
Hibuscus	*Hibiscus sp*	Malvaceae
Baobab	*Adansonia digitata*	Bombacaceae
Ouatier	*Ceiba pentandra*	Malvaceae
Adabou	*Ficus sycomorus*	Moraceae
Azyme	-	-
Acajou	*Anacardium occidentale*	Anacardiaceae
Pallisandre	*Dalbregia trichocarpa*	Fabaceae
Ebenier	*Laburnum anagyroides*	Fabaceae
Ficus	*Ficus sp.*	Moraceae
Sandal	-	-
Mourmouroni	-	-
Cadoque	*Caesalpinia bonduc*	Fabaceae
Citronnier	*Citrus limon*	Rutaceae
Vagansaillier	-	-

Annexe 2.1 (suite)

Liste des plantes cultivables aux Comores d'origine douteuse (Gevrey 1780).

Nom vernaculaire	**Nom latin**	**Famille**
Cféier sauvage	*Tabernaemontana coffeoides*	Apocynaceae
Cotonier	*Gossypium hirsutum*	Malvaceae
Canne	*Sacharum officinarum*	Poaceae
Patate	*Impomoea batatas*	Solanaceae
Indigotier	*Indigofera hirsuta*	Fabaceae
Igname	*Discorea comorensis*	Discoreaceae
Sorgho	*Sorghum bicolor*	Poaceae
Pipangaye	*Luffa acutangula*	Cucurbitaceae
Cresson	*Nasturtium officinale*	Brassicaceae
Brèdes	*Acmella oleracea*	Asteraceae
Pourpier	*Portulaca oleracea*	Portulaceae
Ananas	*Ananas comosus*	Bromeliaceae
Cocotier	*Cocos nucifera*	Arecaceae
Bananier	*Musa paradisiaca*	Musaceae
Manguier	*Mangifera indica*	Anacardiaceae
Papayer	*Careca papaya*	Caricaceae

Annexe 2.1 (suite)

Liste des plantes cultivables certainement introduites aux Comores (Gevrey 1780)

Nom vernaculaire	**Taxa**	**Famille**
Riz	*Oriza sativa*	Poaceae
Maïs	*Zea mays*	Poaceae
Catronille	-	-
Potiron	*Cucurbita maxima*	Cucurbitaceae
Haricot	*Phaseolus vulgaris*	Fabaceae
Pois	*Pisum sativum*	Fabaceae
Lentille	*Lens culinaris*	Fabaceae
Fève	*Vicia faba*	Fabaceae
Millet	*Panicum miliaceum*	Poaceae
Indigo (var.)	*Indigofera tinctoria*	Fabaceae
Bambou	*Bambusa vulgaris*	Poaceae
Goyavier	*Psidium cattleyanum*	Myrtaceae
Attier	*Annona squamosa*	Annonaceae
Cœur de bœuf	*Annona reticulata*	Annonaceae
Corosol	*Annona muricata*	Annonaceae
Arbre à pain	*Artocarpus altilis*	Moraceae
Ravenal	*Ravenala madagascariensis*	Strelitziaceae
Giroflier	*Syzygium aromaticum*	Myrtaceae
Vétiver	*Chrysopogon vetiver*	Poaceae
Vacona (var.)	*Pandanus sp.*	Pandanaceae
Aubergine	*Solanum melongena*	Solanaceae
Cannellier	*Cinnamomum verum*	Lauraceae
Avocatier	*Persea americana*	Lauraceae
Cacaoyer	*Theobroma cacao*	Sterculiaceae
Tomate	*Solanum lycopersicum*	Solanaceae
Henné	*Lawsonia inermis*	Lythraceae
Bois noir	*Albizia lebeck*	Fabaceae
Filao	*Casuarina equisetifolia*	Casuarinaceae
Evis	*Spondias dulcis*	Anacardiaceae
Jacquier	*Artocarpus heterophyllus*	Moraceae
Pêcher	*Prunus persica*	Rosaceae
Sapotte	*Pouteria sapota*	Sapotaceae
Abresadier	-	-
Jambrosat	*Syzygium jambos*	Myrtaceae
Bibassier	*Erybotria japonica*	Rosaceae
Cersisier de chine	*Prunus serrulata*	Rosaceae
Orangine	*Triphasia trifoliata*	Rutaceae
Mûrier	*Morus sp.*	Moraceae
Bilimbi	*Averrhoa bilimbi*	Oxalidaceae
Letchi	*Litchi sinensis*	Sapindaceae
Acacia	*Acacia auriculiformis*	Fabaceae

Palmier (à colonne)	*Roystonea oleracea*	Arecaceae
Palmiste	-	-
Lilas	*Syringa vulgaris*	Oleaceae
Flamboyant	*Caesalpinia pulcherrima*	Fabaceae
Bancoulier	*Aleurites moluccanus*	Euphorbiaceae
Mimosa	*Mimosa pudica*	Fabaceae
Pamplemoussier	*Citrus maxima*	Rutaceae
Mangoustan	*Garcinia mangostana*	Clusiaceae
Manguier (var.)	*Mangifera indica*	Anacardiaceae
Figuier	*Ficus sp*	Moraceae
Caféier (var.)	*Cofea arabica*	Rubiaceae
Canne (var.)	*Saccharum officinarum*	Poaceae
Vanille	*Vanilla planifolia*	Orchidaceae
Dattier	*Phoenix dactilyfera*	Arecaceae
Vigne	*Vitis vinifera*	Vitaceae

Annexe 2.2 : ***Liste des plantes introduites et envahissantes de l'archipel des Comores (Yahaya et al. 2018).***

Nom botanique valide	Famille	Statut général	Statut spontané	Statut cultural	Invaz Grande Comore	Invaz Moheli	Invaz Anjouan	Invaz rétenu
Asystasia gangetica (L.) T. Anderson	Acanthaceae	K	K	0	3	3	3	3
Avicennia marina (Forssk.) Vierh.	Acanthaceae							X
Barleria lupulina Lindl.	Acanthaceae							-
Graptophyllum pictum (L.) Griff.	Acanthaceae	Q	0	C			1	1
Justicia brandegeeana Wassh. & L.B.Sm.	Acanthaceae	Q		C			1	1
Justicia gendarussa Burm. f.	Acanthaceae	-	-	-	-	-	-	-
Justicia spicigera Schltdl.	Acanthaceae	-	-	-	-	-	-	-
Odontonema cuspidatum (Nees) Kuntze	Acanthaceae	Q	0	C			1P	1P
Pachystachys lutea Nees	Acanthaceae	Q	0	C				-
Phaulopsis imbricata (Forssk.) Sweet	Acanthaceae	N		0				0
Sanchezia speciosa Leonard	Acanthaceae	Q		C	1P		1P	1P
Thunbergia alata Bojer ex Sims	Acanthaceae	N		0	2		2	2
Thunbergia erecta (Benth.) T. Anderson	Acanthaceae	Q	0	C			1P	1P
Thunbergia grandiflora (Roxb. ex Rottler) Roxb.	Acanthaceae							-
Thunbergia laevis Wall. ex Nees	Acanthaceae							-
Thunbergia mysorensis (Wight) T. Anderson ex Bedd.	Acanthaceae							-
Actinidia deliciosa (A.Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson	Actinidiaceae				1			1
Pityrogramma calomelanos (L.) Link var. calomelanos	Adiantaceae							-
Agave americana L.	Agavaceae	Q	0	C				1P
Agave americana L. cv. Marginata	Agavaceae	Q	0	C				0
Agave sisalana Perrine	Agavaceae	QN	N	C	2	2		2
Chlorophytum comosum (Thunb.) Jacques	Asparagaceae	Q	0	C	1			1

Ophiopogon intermedius D. Don (	Asparagaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Furcraea foetida (L.) Haw.	Asparagaceae	Z	Z	0	3+	3+	3+	3+
Mesembryanthemum cordifolium L. f.	Aizoaceae	Q	0	C				-
Sesuvium portulacastrum (L.) L.	Aizoaceae	I	S	0				X
Tetragonia tetragonioides (Pall.) Kuntze	Aizoaceae							-
Trianthema portulacastrum L.	Aizoaceae	I	S	0				X
Zaleya pentandra (L.) C.Jeffrey	Aizoaceae							-
Sagittaria guayanensis Kunth	Alismataceae							-
Allium cepa L.	Alliaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Allium cepa L. var. cepa	Alliaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Allium porrum L.	Alliaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Allium sativum L.	Alliaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Allium tuberosum Rottler ex Spreng.	Alliaceae							-
Allium neapolitanum Cirillo	Alliaceae	Q	0	C	1			1
Achyranthes aspera L.	Amaranthaceae	I(Z)	S	Adv	3	3	3	3
Aerva javanica (Burm.f.) Juss. ex Schult.	Amaranthaceae							-
Aerva lanata (L.) Juss.	Amaranthaceae	I		0	2	2	2	X
Alternanthera ficoidea (L.) Sm.	Amaranthaceae							-
Alternanthera pulchella Kunth	Amaranthaceae							-
Alternanthera pungens Kunth	Amaranthaceae	N			2			2
Alternanthera bettzickiana (Regel) G.Nicholson	Amaranthaceae				1P			1P
Alternanthera brasiliana (L.) Kuntze	Amaranthaceae				2	2	2	2
Alternanthera philoxeroides (Mart.) Griseb.	Amaranthaceae							-
Alternanthera sessilis (L.) R.Br. ex DC.	Amaranthaceae	I						X
Amaranthus hybridus L.	Amaranthaceae	KQ	K	C	3	3	3	3
Amaranthus viridis L.	Amaranthaceae	KQ	K	C	3	3	3	3
Amaranthus blitum (L.) Costea	Amaranthaceae	N			3	3	3	3
Amaranthus dubius Mart. ex Thell.	Amaranthaceae	NQ		C	3	3	3	3
Amaranthus spinosus L.	Amaranthaceae	N		0	3	3	3	3
Celosia argentea L.	Amaranthaceae	NQ		C	2	2	2	2

Celosia argentea L. f. cristata (L.) Schinz	Amaranthaceae	Q	0	C			1	1
Celosia trigyna L.	Amaranthaceae							-
Chenopodium album L.	Amaranthaceae							-
Cyathula prostrata (L.) Blume	Amaranthaceae	K		0	3	3	3	3
Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants	Amaranthaceae	N		0	3	3	3	3
Gomphrena celosioides Mart.	Amaranthaceae							-
Gomphrena globosa L.	Amaranthaceae	Q		C	1P		1P	1P
Iresine herbstii Hook.	Amaranthaceae	Q		C			1	1
Agapanthus praecox Willd. subsp. orientalis (F. M. Leight.) F. M. Leight.	Amaryllidaceae							-
Crinum asiaticum L.	Amaryllidaceae	Q	0	C	1P	1P	1P	1P
Habranthus robustus Herb. ex Sweet	Amaryllidaceae							-
Hippeastrum puniceum (Lam.) Voss	Amaryllidaceae							-
Hippeastrum reginae (L.) Herb.	Amaryllidaceae							-
Hippeastrum reticulatum (L'Hér.) Herb	Amaryllidaceae	Q		C	1			1
Hymenocallis littoralis (Jacq.) Salisb.	Amaryllidaceae	Q	0	C	1P		1P	1P
Pancratium zeylanicum L.	Amaryllidaceae	Q		C	1			1
Zephyranthes rosea Lindl.	Amaryllidaceae	N			2	2	2	2
Anacardium occidentale L.	Anacardiaceae	QS	S	C	2	2	2	2
Mangifera indica L.	Anacardiaceae	QZ	Z	0	2	2	2	2
Operculicarya gummifera (Sprague) Capuron	Anacardiaceae	I						X
Schinus terebinthifolia Raddi	Anacardiaceae	Z	S	0	2	2	2	2
Searsia natalensis (Bernh. ex C.Krauss) F.A.Barkley	Anacardiaceae	I						X
Sorindeia madagascariensis Thouars ex DC.	Anacardiaceae	I						X
Spondias dulcis Sol. ex Parkinson	Anacardiaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Annona muricata L.	Annonaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Annona reticulata L.	Annonaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Annona senegalensis Pers.	Annonaceae	(I?)Z	S	0	0	0	0	0
Annona squamosa L.	Annonaceae	ZQ	Z	C	2	2	2	2
Annona cherimola Mill.	Annonaceae	Q	0	C	1	1	1	1

Cananga odorata (Lam.) Hook. f. et Thomson	Annonaceae	Q	S	C	1	1	1	1
Rollinia mucosa (Jacq.) Baill.	Annonaceae	Q	0	C	1			1
Aphloia theiformis (Vahl) Benn.	Aphloiaceae	I						X
Anethum graveolens L.	Apiaceae	Q?		C?	0	0	0	0
Apium graveolens L.	Apiaceae	Q?		C?	0	0	0	0
Centella asiatica (L.) Urb.	Apiaceae	I?			3	3	3	3
Coriandrum sativum L.	Apiaceae	Q			1			1
Cyclospermum leptophyllum (Pers.) Sprague	Apiaceae				0	0	0	0
Daucus carota L.	Apiaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Daucus carota L. subsp. sativus (Hoffm.) Arcang.	Apiaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Petroselinum crispum (Mill.) Nyman ex A.W. Hill	Apiaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Torilis nodosa (L.) Gaertn.	Apiaceae				0	0	0	0
Adenium obesum (Forssk.) Roem. & Schult.	Apocynaceae							-
Allamanda blanchetii A.DC.	Apocynaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Allamanda cathartica L.	Apocynaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Ancylobothrys petersiana (Klotzsch) Pierre	Apocynaceae	I						X
Asclepias curassavica L.	Apocynaceae							-
Calotropis gigantea (L.) W.T. Aiton	Apocynaceae							-
Calotropis procera (Aiton) Dryand.	Apocynaceae							-
Cascabela thevetia (L.) Lippold f. aurantiaca	Apocynaceae	Q	0	C	1P	1P	1P	1P
Catharanthus roseus (L.) G. Don	Apocynaceae	ZQ	Z	C	2	2	2	2
Catharanthus lanceus (Bojer ex A.DC.) Pichon	Apocynaceae	Q		C	1	1	1	1
Cryptostegia grandiflora R. Br.	Apocynaceae							0
Cryptostegia madagascariensis Bojer ex Decne.	Apocynaceae							0
Cynanchum callialatum Buch.-Ham. ex Wight	Apocynaceae							0
Gomphocarpus fruticosus (L.) W.T. Aiton	Apocynaceae	N(Q)	S	C	2			2
Leptadenia madagascariensis Decne.	Apocynaceae	I						X
Nerium oleander L.	Apocynaceae	Q	0	C	1P	1P	1P	1P
Plumeria alba L.	Apocynaceae	Q	0	C	1	1	1	1
Plumeria rubra L.	Apocynaceae	Q	0	C	1	1	1	1

Plumeria pudica Jacq	Apocynaceae				1	1	1	1
Tabernaemontana coffeoides Bojer ex A.DC.	Apocynaceae	I?						X
Cynanchum viminale (L.) L.	Apocynaceae	I?						X
Alocasia cucullata (Lour.) G. Don	Araceae	Q	S	C	3		3	3
Alocasia macrorrhizos (L.) G. Don	Araceae	Q	S	C	1P	1P	1P	1P
Alocasia sanderiana W. Bull	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Anthurium andraeanum Linden ex André	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Caladium bicolor (Aiton) Vent.	Araceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Colocasia affinis Schott	Araceae							0
Colocasia antiquorum Schott	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Colocasia esculenta (L.) Schott	Araceae	ZQ	S	C	3+	3+	3+	3+
Colocasia gigantea (Blume) Hook.f.	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Dieffenbachia seguine (Jacq.) Schott	Araceae	Q		C	3	3	3	3
Epipremnum aureum (Linden & André) G.S.Bunting	Araceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Epipremnum pinnatum (L.) Engl. cv. aureum	Araceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Monstera deliciosa Liebm.	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Philodendron erubescens K.Koch & Augustin	Araceae	Q		C	1	1	1	1
Philodendron lacerum (Jacq.) Schott	Araceae	Q		C	1		1	1
Pistia stratiotes L.	Araceae	N	S	0	1P		1P	1P
Spathiphyllum wallisii Regel	Araceae	Q		C	1			1
Syngonium auritum (L.) Schott	Araceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Syngonium podophyllum Schott	Araceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Typhonodorum lindleyanum Schott.	Araceae	I					X	X
Cussonia spicata Thunb.	Araliaceae	I						X
Hydrocotyle bonariensis Comm. ex Lam.	Araliaceae							-
Polyscias sp.	Araliaceae	Q		C	0			0
Polyscias duplicata (Thouars ex Baill.) Lowry & G.M.Plunkett	Araliaceae	I						X
Polyscias fruticosa (L.) Harms	Araliaceae	Q?						0
Polyscias guilfoylei (W. Bull) L.H. Bailey	Araliaceae	Q		C	1	1	1	1

Areca catechu L.	Arecaceae	Z(Q)	C	2	2	2	2
Bismarckia nobilis Hildebrandt & H.Wendl.	Arecaceae	Q	C	1	1	1	1
Cocos nucifera L.	Arecaceae	Q	C	1	1	1	1
Dypsis decaryi (Jum.) Beentje & J.Dransf	Arecaceae						-
Dypsis lanceolata (Becc.) Beentje & J.Dransf.	Arecaceae	I					X
Dypsis lutescens (H.Wendl.) Beentje & J.Dransf.	Arecaceae	Q	C	1	1	1	1
Dypsis madagascariensis (Becc.) Beentje & J.Dransf.	Arecaceae						-
Phoenix dactylifera L.	Arecaceae	Q	C	1	1	1	1
Phoenix reclinata Jacq.	Arecaceae	I					X
Raphia farinifera (Gaertn.) Hyl.	Arecaceae	I?					X
Ravenea hildebrandtii H.Wendl. ex C.D.Bouché	Arecaceae	I					X
Asparagus setaceus (Kunth) Jenop	Asparagaceae	I?	non cultivé	0	0	0	0
Cordyline fruticosa (L.) A.Chev.	Asparagaceae	Q	C	1	1	1	1
Dracaena braunii Engl.	Asparagaceae	Q	C	1	1	1	1
Dracaena marginata hort.	Asparagaceae	Q	C	1	1	1	1
Dracaena reflexa Lam.	Asparagaceae	I					X
Dracaena xiphophylla Baker	Asparagaceae	I					X
Polianthes tuberosa L.	Asparagaceae	Q	C			1	1
Sansevieria canaliculata Carrière	Asparagaceae	I					X
Sansevieria madagascara	Asparagaceae						0
Sansevieria trifasciata Prain	Asparagaceae	Q	C	3+	3+	3+	3+
Asplenium nidus L.	Aspleniaceae	I					X
Acanthospermum australe (Loefl.) Kuntze	Asteraceae						0
Acanthospermum hispidum DC.	Asteraceae						0
Acmella caulirhiza Delile	Asteraceae						1
Acmella oleracea (L.) R.K.Jansen	Asteraceae	Q	C	1	1	1	1
Ageratina riparia (Regel) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae						0
Ageratum conyzoides L.	Asteraceae	Z	0	3+	3+	3+	3+
Ageratum houstonianum Mill.	Asteraceae						-
Ambrosia maritima L.	Asteraceae						-

Ambrosia tenuifolia Spreng.	Asteraceae							-
Artemisia verlotiorum Lamotte	Asteraceae	Q		C			1P	1P
Austroeupatorium inulaefolium (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae							-
Bidens bipinnata L.	Asteraceae				3+	3+	3+	3+
Bidens pilosa L.	Asteraceae	Z			4	4	4	4
Blumea lacera (Burm.f.) DC.	Asteraceae				2	0	0	2
Chromolaena odorata (L.) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae							-
Conyza sumatrensis (S.F.Blake) Pruski & G.Sancho	Asteraceae	Z			3	3	3	3
Cosmos caudatus Kunth	Asteraceae	QS			2			2
Cosmos sulphureus Cav.	Asteraceae	Q	S				1P	1P
Crassocephalum crepidioides (Benth.) S.Moore	Asteraceae	Z			3	3	3	3
Crassocephalum rubens (Juss. ex Jacq.) S. Moore	Asteraceae	Z			3	3	3	3
Cyanthillium cinereum (L.) H. Rob.	Asteraceae	K			3+	3+	3+	3+
Dendranthema grandiflorum (Ramat.) Kitam.	Asteraceae	Q					1	1
Eclipta prostrata (L.) L.	Asteraceae	A				0		0
Elephantopus mollis Kunth	Asteraceae	K			3+	3+	3+	3+
Elephantopus scaber L.	Asteraceae				3	3		3
Emilia citrina DC.	Asteraceae							-
Emilia humifusa DC.	Asteraceae							-
Emilia sonchifolia (L.) DC. ex DC.	Asteraceae							0
Erigeron canadensis L.	Asteraceae							-
Erigeron karvinskianus DC	Asteraceae	Z			4		3	4
Galinsoga parviflora Cav.	Asteraceae				3	3	3	3
Gerbera jamesonii Bolus ex Hook.f.	Asteraceae							-
Glebionis coronaria (L.) Cass. ex Spach	Asteraceae	Q			1			1
Gamochaeta purpurea (L.) Cabrera	Asteraceae							-
Gymnanthemum coloratum (Willd.) H.Rob. & B.Kahn	Asteraceae	I						X
Helianthus annuus L.	Asteraceae							-
Helichrysum forskahlii (J.F.Gmel.) Hilliard & B.L.Burtt	Asteraceae				0		0	0

Hypochaeris radicata L.	Asteraceae							-
Lactuca indica L.	Asteraceae				3	3	3	3
Lactuca sativa L.	Asteraceae				1	1	1	1
Laggera alata Nanth.	Asteraceae							-
Lapsana communis L.	Asteraceae				3	3	3	3
Leucanthemum vulgare (Vaill.) Lam	Asteraceae	N	S		1			1
Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Asteraceae	I						X
Mikania micrantha Kunth	Asteraceae				0			0
Neojeffreya decurrens (L.) Cabrera	Asteraceae							-
Parthenium hysterophorus L.	Asteraceae							-
Pseudelephantopus spicatus (B.Juss. ex Aubl.) Rohr ex C.F.Baker	Asteraceae						2	2
Pseudogynoxys chenopodioides (Kunth) Cabrera	Asteraceae				3	3	3	3
Pseudogynoxys scabra (Benth.) Cuatrec.	Asteraceae				3	3	3	3
Solanecio angulatus (Vahl) C.Jeffrey *(Senecio anguilarus)*	Asteraceae	I						X
Senecio sunchine	Asteraceae				0			0
Sigesbeckia orientalis L.	Asteraceae				3	3	3	3
Sonchus asper (L.) Hill	Asteraceae				3	3	3	3
Sonchus oleraceus L.	Asteraceae				3	3	3	3
Sphaeranthus angustifolius DC.	Asteraceae							-
Sphaeranthus cotuloides DC.	Asteraceae							-
Sphagneticola trilobata (L.) Pruski	Asteraceae	QN	S	C	2	2	2	2
Synedrella nodiflora (L.) Gaertn.	Asteraceae				1P			1P
Tagetes erecta L.	Asteraceae	Q		C	1		1	1
Taraxacum sect. Ruderalia Kirschner, H. Øllg. et Stepanek (Taraxacum mongolicum Hand.-Mazz.)	Asteraceae				3+			3+
Tithonia diversifolia (Hemsl.) A.Gray	Asteraceae	Z			3+	3+	3+	3+
Tridax procumbens L.	Asteraceae				3	3	3	3
Xanthium strumarium L.	Asteraceae							-
Youngia japonica (L.) DC.	Asteraceae	Z			3	3	3	3

Zinnia peruviana (L.) L.	Asteraceae	Q					1P	1P
Anredera cordifolia (Ten.) Steenis	Basellaceae							-
Basella alba L.	Basellaceae							-
Begonia heracleifolia Cham. & Schltdl.	Begoniaceae	Q			1	1	1	1
Begonia maculata Raddi	Begoniaceae	Q			1	1	1	1
Begonia cucullata Willd.	Begoniaceae	Q			1P			1P
Crescentia cujete L.	Bignoniaceae	Q			1	1	1	1
Dolichandra unguis-cati (L.) L. G. Lohmann	Bignoniaceae	NQ			3		2	3
Jacaranda mimosifolia D. Don	Bignoniaceae	Q			1P			1P
Mansoa alliacea (Lam.) A.H.Gentry	Bignoniaceae				1			1
Pyrostegia bibracteata ?	Bignoniaceae	Q			0			0
Pyrostegia venusta (Ker Gawl.) Miers	Bignoniaceae	Q		C	1		1	1
Spathodea campanulata P. Beauv.	Bignoniaceae	NQ	S	C	2	2	2	2
Tecoma capensis (Thunb.) Lindl.	Bignoniaceae							-
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Bignoniaceae	Q	S	C	2		4	4
Bixa orellana L.	Bixaceae	Q		C	1			1
Bothriospermum tenellum (Hornem.) Fisch. & C.A.Mey.	Boraginaceae							-
Cordia myxa L.	Boraginaceae	N	S		2	2	2	2
Cordia subcordata Lam.	Boraginaceae	I						X
Heliotropium amplexicaule Vahl	Boraginaceae							-
Heliotropium indicum L.	Boraginaceae					2		2
Heliotropium ovalifolium Forssk.	Boraginaceae							-
Trichodesma zeylanicum (Burm. f.) R. Br.	Boraginaceae	K			3	3	3	3
Barbarea verna (Mill.) Asch.	Brassicaceae							-
Brassica oleracea L.	Brassicaceae	Q		C	1	1	1	1
Brassica rapa L.	Brassicaceae	Q		C	1	1	1	1
Cardamine hirsuta L.	Brassicaceae							-
Cardamine africana	Brassicaceae	I						X
Lepidium africanum (Burm.f.) DC.	Brassicaceae							-
Lepidium didymum L.	Brassicaceae							-

Raphanus raphanistrum L.	Brassicaceae							-
Raphanus sativus L.	Brassicaceae				1	1	1	1
Ananas comosus (L.) Merr.	Bromeliaceae				1	1	1	1
Hylocereus undatus (Haw.) Britton & Rose	Cactaceae	Q		C	1P			1P
Opuntia ficus-indica (L.) Mill.	Cactaceae	QN	S	C	2P	2P		2P
Opuntia monacantha (Willd.) Haw.	Cactaceae	Q		C	1P			1P
Hippobroma longiflora (L.) G. Don	Campanulaceae	N			2	2	2	2
Lobelia cliffortiana L.	Campanulaceae							-
Lobelia fervens Thunb.	Campanulaceae	N	S		3	3	3	3
Lobelia anceps L. f.	Campanulaceae							-
Canna indica L.	Cannaceae	Q	S	C	2	2	2	2
Carica papaya L.	Caricaceae	Q		C	1	1	1	1
Vasconcellea cauliflora (Jacq.) A.DC.	Caricaceae							-
Cerastium glomeratum Thuill.	Caryophyllaceae							-
Cerastium lanceolatum (Poir.) Volponi	Caryophyllaceae				0			0
Drymaria cordata (L.) Willd. ex Schult.	Caryophyllaceae				3+	3+	3+	3+
Polycarpaea corymbosa (L.) Lam.	Caryophyllaceae							-
Spergula arvensis L.	Caryophyllaceae							-
Stachytarpheta jamaicensis (L.) Vahl	Verbenaceae				3	3	3	3
Stachytarpheta urticifolia Sims	Verbenaceae				3+	3+	3+	3+
Stellaria media (L.) Vill.	Caryophyllaceae							-
Casuarina equisetifolia L. subsp. equisetifolia	Casuarinaceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Cleome gynandra L.	Cleomaceae							-
Cleome hirta (Klotzsch) Oliv.	Cleomaceae						0	0
Cleome rutidosperma DC.	Cleomaceae							-
Cleome viscosa L.	Cleomaceae				3	3	3	3
Calophyllum inophyllum L.	Clusiaceae	I						X
Gloriosa superba L.	Colchicaceae	Q			1P			1P
Lumnitzera racemosa Willd.	Combretaceae	I						X
Quisqualis indica L.	Combretaceae	Q			1P	1P	1P	1P

Terminalia catappa L.	Combretaceae	I					X
Terminalia mantaly H. Perrier	Combretaceae			1	1	1	1
Terminalia bentzoë (L.) L. f.	Combretaceae	Q	C	1			1
Terminalia boivinii Tul.	Combretaceae	I			X		X
Combretum constrictum (Benth.) Lawson	Combretaceae	Q		1	1	1	1
Combretum coccineum (Sonn.) Lam.	Combretaceae	Q	C	1	1	1	1
Callisia repens (Jacq.) L.	Commelinaceae	Q	C			1	1
Commelina africana L.	Commelinaceae	I					X
Commelina benghalensis L.	Commelinaceae	I					X
Commelina diffusa Burm.f.	Commelinaceae	I					X
Tradescantia elastica	Commelinaceae						0
Tradescantia pallida (Rose) D.R.Hunt	Commelinaceae	Q	C	1	1	1	1
Tradescantia zebrina Bosse	Commelinaceae	Q	C	1	1	1	1
Tradescantia spathacea Sw.	Commelinaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Argyreia nervosa (Burm. f.) Bojer	Convolvulaceae						-
Calystegia sepium (L.) R. Br.	Convolvulaceae						0
Convolvulus arvensis L.	Convolvulaceae						-
Cuscuta campestris Yunck.	Convolvulaceae			3	3	3	3
Dichondra repens J.R. Forst. & G. Forst.	Convolvulaceae	?					0
Evolvulus alsinoides (L.) L.	Convolvulaceae	Q	C	1		1	1
Ipomoea alba L.	Convolvulaceae	N		2	2	2	2
Ipomoea aquatica Forssk	Convolvulaceae						-
Ipomoea asarifolia (Desr.) Roem. & Schult	Convolvulaceae			3			3
Ipomoea sp.	Convolvulaceae			3			3
Ipomoea batatas (L.) Lam.	Convolvulaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Ipomoea carnea Jacq. subsp. fistulosa (Mart. ex Choisy) D.F. Austin	Convolvulaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Ipomoea coptica (L.) Roth ex Roem. & Schult.	Convolvulaceae						-
Ipomoea eriocarpa R. Br.	Convolvulaceae	I					X
Ipomoea hederifolia L.	Convolvulaceae						-

Ipomoea indica (Burm.) Merr.	Convolvulaceae	N	2			2
Ipomoea nil (L.) Roth	Convolvulaceae	N	2		2	2
Ipomoea obscura (L.) Ker Gawl.	Convolvulaceae	I				X
Ipomoea pes-caprae (L.) R. Br.	Convolvulaceae	I				X
Ipomoea purpurea (L.) Roth	Convolvulaceae	Z	3	3	3	3
Ipomoea quamoclit L.	Convolvulaceae					-
Ipomoea triloba L.	Convolvulaceae	N	2			2
Jacquemontia tamnifolia (L.) Griseb.	Convolvulaceae	I				X
Jacquemontia paniculata (Burm. f.) Hallier f.	Convolvulaceae	I				X
Distimake aegyptius (L.) Simões & Staples	Convolvulaceae					-
Distimake dissectus (Jacq.) Simões & Staples	Convolvulaceae	N	2			2
Merremia emarginata (Burm. f.) Hallier f.	Convolvulaceae					-
Decalobanthus peltatus (L.) Simões & Staples	Convolvulaceae	I?	5	5	5	5
Distimake tuberosus (L.) Simões & Staples	Convolvulaceae					-
Camonea umbellata (L.) Simões & Staples	Convolvulaceae					-
Operculina turpethum (L.) Silva Manso	Convolvulaceae	I			X	X
Xenostegia tridentata (L.) D. F. Austin & Staples	Convolvulaceae	I		X		X
Alangium salviifolium (L.f.) Wangerin	Cornaceae	I	2	4	2	4
Bryophyllum delagoense (Eckl. & Zeyh.) Druce	Crassulaceae		2	2	2	2
Bryophyllum pinnatum (Lam.) Oken	Crassulaceae		2	2	2	2
Kalanchoe blossfeldiana Poelln.	Crassulaceae		1			1
Kalanchoe daigremontiana Raym.-Hamet & H. Perrier	Crassulaceae		1P	1P	1P	1P
Kalanchoe tetraphylla H. Perrier	Crassulaceae		1	1	1	1
Coccinia grandis (L.) Voigt	Cucurbitaceae		0	0		0
Cucumis anguria L.	Cucurbitaceae			2		2
Cucumis melo L.	Cucurbitaceae		1	1	1	1
Cucumis sativus L.	Cucurbitaceae		1	1	1	1
Cucurbita maxima Duchesne	Cucurbitaceae		1	1	1	1
Cucurbita pepo L.	Cucurbitaceae		1	1	1	1
Cyclanthera pedata (L.) Schrad.	Cucurbitaceae					-

Luffa cylindrica (L.) M.Roem.	Cucurbitaceae			1	1	1	1
Momordica charantia L.	Cucurbitaceae	I					X
Sechium edule (Jacq.) Sw.	Cucurbitaceae			1P	1P	1P	1P
Sicyos angulatus L.	Cucurbitaceae						-
Cupressus sempervirens L.	Cupressaceae			1	1	1	1
Platycladus orientalis (L.) Franco	Cupressaceae			1P		1P	1P
Thuja occidentalis L.	Cupressaceae					1	1
Cycas thouarsii R.Br.	Cycadaceae	I					X
Bolboschoenus maritimus (L.) Palla	Cyperaceae						-
Cyperus pseudokyllingoides Kük.	Cyperaceae	K					-
Cyperus diffusus Vahl	Cyperaceae			3	3	3	3
Cyperus fuscus L.	Cyperaceae			0	0	0	0
Cyperus haematodes Endl.	Cyperaceae			0	0	0	0
Cyperus papyrus L.	Cyperaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Cyperus alternifolius L.	Cyperaceae			3	3	3	3
Cyperus balfourii C.B.Clarke	Cyperaceae			0	0	0	0
Cyperus compressus L.	Cyperaceae	I					X
Cyperus cyperoides (L.) Kuntze	Cyperaceae	I					X
Cyperus difformis L.	Cyperaceae	I					X
Cyperus distans L.f.	Cyperaceae	I					X
Cyperus esculentus L.	Cyperaceae	I					X
Cyperus iria L.	Cyperaceae						-
Cyperus prolifer Lam.	Cyperaceae						-
Cyperus rotundus L.	Cyperaceae	K		3+	3+	3+	3+
Cyperus strigosus L.	Cyperaceae			2	2	2	2
Cyperus ustulatus A.Rich.	Cyperaceae						0
Eleocharis dulcis (Burm.f.) Trin. ex Hensch.	Cyperaceae						-
Eleocharis limosa (Schrad.) Schult.	Cyperaceae						-
Eleocharis minuta Boeckeler	Cyperaceae						-
Fimbristylis dichotoma (L.) Vahl	Cyperaceae	I					X

Fimbristylis littoralis Gaudich	Cyperaceae							-
Fimbristylis pilosa Vahl	Cyperaceae				0			0
Fimbristylis quinquangularis (Vahl) Kunth	Cyperaceae							-
Fimbristylis ferruginea (L.) Vahl	Cyperaceae				0			0
Fuirena ciliaris (L.) Roxb.	Cyperaceae							-
Fuirena umbellata Rottb	Cyperaceae							-
Kyllinga bulbosa Steud.	Cyperaceae	K			3	3	3	3
Cyperus erectus (Schumach.) Mattf. et Kük.	Cyperaceae	I						X
Kyllinga pumila Michx.	Cyperaceae							-
Cyperus sesquiflorus (Torr.) Mattf. et Kük.	Cyperaceae				3	3	3	3
Pycreus macrostachyos (Lam.) J.Raynal	Cyperaceae							-
Pycreus mundtii Cherm.	Cyperaceae							-
Pycreus fluminalis (Ridl.) Rendle	Cyperaceae				0			0
Pycreus lanceolatus (Poir.) C.B.Clarke	Cyperaceae				1			1
Cyperus polystachyos Rottb.	Cyperaceae	I						X
Rhynchospora holoschoenoides (Rich.) Herter	Cyperaceae							-
Schoenoplectiella juncoides (Roxb.) Lye	Cyperaceae							-
Schoenoplectiella perrieri (Cherm.) Lye	Cyperaceae							-
Schoenoplectiella saximontana (Fernald) Lye	Cyperaceae							0
Scleria sieberi Nees	Cyperaceae	I						X
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	I						X
Dioscorea bulbifera L.	Dioscoreaceae	N			3+	3+	3+	3+
Dioscorea alata L.	Dioscoreaceae	Q		C	1P	1P	1P	1P
Dioscorea esculenta (Lour.) Burkill	Dioscoreaceae	Q			1	1	1	1
Tacca leontopetaloides (L.) Kuntze	Dioscoreaceae	I						X
Diospyros comorensis Hiern	Ebenaceae	I						X
Rhododendron sp.	Ericaceae	Q		C	1	1	1	1
Acalypha hispida Burm. f.	Euphorbiaceae		S		1	1	1	1
Acalypha indica L.	Euphorbiaceae	I	R, A					X
Acalypha integrifolia Willd.	Euphorbiaceae							-

Acalypha lyallii Baker	Euphorbiaceae	I					X
Acalypha wilkesiana Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Aleurites moluccanus (L.) Willd.	Euphorbiaceae	Z		3+	2	3+	3+
Antidesma madagascariense Lam.	Euphorbiaceae	I					X
Jatropha sp.	Euphorbiaceae			0	0	0	0
Codiaeum variegatum (L.) Rumph. ex A.Juss.	Euphorbiaceae			1	1	1	1
Croton bonplandianus Baill.	Euphorbiaceae						-
Euphorbia cotinifolia L.	Euphorbiaceae			1	1	1	1
Euphorbia cyathophora Murray	Euphorbiaceae						-
Euphorbia heterophylla L.	Euphorbiaceae	Q		1P	1P	1P	1P
Euphorbia indica Lam.	Euphorbiaceae						-
Euphorbia lactea Haw.	Euphorbiaceae	Q		1P	1P	1P	1P
Euphorbia lathyris L.	Euphorbiaceae			3		3	3
Euphorbia leucocephala Lotsy	Euphorbiaceae						-
Euphorbia milii Des Moul.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Euphorbia peplus L.	Euphorbiaceae			3		3	3
Euphorbia prostrata Aiton	Euphorbiaceae			3	3	3	3
Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch	Euphorbiaceae			1	1	1	1
Euphorbia herniariifolia Willd.	Euphorbiaceae						-
Euphorbia hirta L.	Euphorbiaceae	K		3+	3	3	3+
Euphorbia serrata L.	Euphorbiaceae	N		2	2	2	2
Euphorbia tithymaloides L.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Flueggea virosa (Roxb. ex Willd.) Royle	Euphorbiaceae	I					X
Jatropha curcas L.	Euphorbiaceae	Q		2	2	2	2
Jatropha integerrima Jacq.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Jatropha multifida L.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Jatropha podagrica Hook.	Euphorbiaceae	Q	C	1	1	1	1
Manihot esculenta Crantz	Euphorbiaceae	Q	C	1	1	1	1
Manihot carthaginensis (Jacq.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	Q		1	1	1	1
Ricinus communis L.	Euphorbiaceae	Z		3	3	3	3

Tragia furialis Bojer	Euphorbiaceae	I						X
Abrus precatorius L.	Fabaceae	I						X
Acacia longifolia (Andrews) Willd.	Fabaceae		S		0			0
Acacia auriculiformis Benth.	Fabaceae	Z	S		5	5	5	5
Vachellia farnesiana (L.) Wight et Arn.	Fabaceae	QN	S	C	2P	2P	2P	2P
Acacia mangium Willd.	Fabaceae	N			1P	1P	1P	1P
Adenanthera pavonina L.	Fabaceae	N	S		2	2	2	2
Aeschynomene americana L.	Fabaceae	N			2	2	2	2
Aeschynomene sensitiva Sw.	Fabaceae	I						X
Aeschynomene indica L.	Fabaceae							-
Albizia saman (Jacq.) Merr.	Fabaceae	N(Q)			2	2	2	2
Albizia chinensis (Osbeck) Merr.	Fabaceae				1P	1P	1P	1P
Albizia glaberrima (Schum. & Thonn.) Benth.	Fabaceae	I						X
Albizia lebbeck (L.) Benth.	Fabaceae				3+	3+	3+	3+
Alysicarpus ovalifolius (Schum.) Leonard	Fabaceae	I						X
Alysicarpus rugosus (Willd.) DC.	Fabaceae	I?						0
Arachis hypogaea L.	Fabaceae	Q		C	1	1	1	1
Bauhinia variegata L.	Fabaceae	QN	S	C	2	2	2	2
Caesalpinia pulcherrima f. flava (O. Deg.) H. St. John	Fabaceae	Q		C	1	1	1	1
Caesalpinia bonduc (L.) Roxb.	Fabaceae	I						X
Cajanus cajan (L.) Millsp.	Fabaceae	Q		C	1	1	1	1
Cajanus scarabaeoides (L.) Thouars	Fabaceae	Z	S		3+	3+	3+	3+
Calliandra halicostris	Fabaceae							0
Calliandra calothyrsus Meisn.	Fabaceae				2	2	2	2
Calliandra haematocephala Hassk.	Fabaceae	Q		C	1P			1P
Calopogonium mucunoides Desv.	Fabaceae							-
Canavalia rosea (Sw.) DC.	Fabaceae	I						X
Senna coronilloides (Benth.) Randell	Fabaceae							-
Centrosema pubescens Benth.	Fabaceae				3+	3+	3+	3+
Chamaecrista nictitans (L.) Moench	Fabaceae							-

Chamaecrista telfairiana (Hook.f.) Lock	Fabaceae	K					0
Chamaecrista pratensis (R. Vig.) Du Puy	Fabaceae	I					X
Chamaecrista mimosoides (L.) Greene	Fabaceae			2			2
Clitoria heterophylla Lam.	Fabaceae			0	0	0	0
Clitoria ternatea L.	Fabaceae	Q	C	3	3	3	3
Crotalaria goreensis Guill. & Perr.	Fabaceae						-
Crotalaria grahamiana Wight & Arn.	Fabaceae	Z		3	3	3	3
Crotalaria indica L.	Fabaceae						-
Crotalaria ochroleuca G.Don	Fabaceae						-
Crotalaria ononoides Benth.	Fabaceae						-
Crotalaria pallida Aiton	Fabaceae						-
Crotalaria retusa L.	Fabaceae	K		3	3	3	3
Crotalaria sp. (Crotalaria saharae Coss.)	Fabaceae			3			3
Delonix regia (Hook.) Raf.	Fabaceae			1P	1P	1P	1P
Desmanthus virgatus (L.) Willd.	Fabaceae			2	2	2	2
Desmodium imbricum --> D. incanum	Fabaceae						-
Desmodium adscendens (Sw.) DC.	Fabaceae						0
Desmodium hirtum Guill. & Perr.	Fabaceae	K		1	1	1	1
Desmodium incanum DC.	Fabaceae			3+	3+	3+	3+
Desmodium intortum (Mill.) Urb.	Fabaceae			4	4	4	4
Desmodium ramosissimum G. Don	Fabaceae	K		3+	3+	3+	3+
Desmodium tortuosum (Sw.) DC.	Fabaceae						-
Desmodium triflorum (L.) DC.	Fabaceae	K		3+	3+	3+	3+
Desmodium uncinatum (Jacq.) DC.	Fabaceae						-
Desmodium velutinum (Willd.) DC.	Fabaceae	K		2	2	2	2
Desmodium virgatus (L.) Willd.	Fabaceae						-
Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn. var. laticarpa (subsp. africana)	Fabaceae	I?			X	X	X
Entada gigas (L.) Fawc. & Rendle	Fabaceae	I					X
Entada rheedii Spreng.	Fabaceae	I					X

Erythrina fusca Lour.	Fabaceae	K	1	1	1	1
Erythrina variegata L.	Fabaceae	K	1	1	1	1
Flemingia macrophylla (Willd.) Merr.	Fabaceae		2P	2P	2P	2P
Flemingia strobilifera (L.) W.T.Aiton	Fabaceae		3+	3+	3+	3+
Flemingia graaminiana	Fabaceae					-
Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp.	Fabaceae		4	4	4	4
Hylodesmum repandum (Vahl) H.Ohashi & R.R.Mill	Fabaceae	I				X
Indigofera hendecaphylla Jacq.	Fabaceae	I				1
Indigofera hirsuta L.	Fabaceae	I				X
Indigofera tinctoria L.	Fabaceae		3	3	3	3
Hymenaea verrucosa Gaertn.	Fabaceae	Q	1	1	1	1
Lablab purpureus (L.) Sweet	Fabaceae	I				X
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit	Fabaceae		3+	3+	3+	3+
Macroptilium atropurpureum (DC.) Urb.	Fabaceae					-
Macroptilium lathyroides (L.) Urb.	Fabaceae					-
Macrotyloma axillare (E.Mey.) Verdc.	Fabaceae	I				X
Medicago polymorpha L.	Fabaceae					-
Mimosa diplotricha C. Wright ex Sauvalle	Fabaceae		3+	3+	3+	3+
Mimosa pigra L.	Fabaceae					-
Mimosa pudica L.	Fabaceae		3	3	3	3
Mucuna pruriens (L.) DC. var. utilis (Wight) Burck	Fabaceae		1	1	1	1
Mucuna pruriens (L.) DC. var. pruriens	Fabaceae	I				X
Neptunia oleracea Lour.	Fabaceae					0
Phaseolus pervillei	Fabaceae					-
Phaseolus vulgaris L.	Fabaceae		1	1	1	1
Phaseolus lunatus L.	Fabaceae		1	1	1	1
Psophocarpus scandens (Endl.) Verdc	Fabaceae	I				X
Psophocarpus tetragonolobus (L.) DC.	Fabaceae					-
Pterocarpus indicus Willd.	Fabaceae	Q	1	1	1	1
Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Q	1	1		1

Rhynchosia malacophylla (Spreng.) Bojer	Fabaceae	Z			3	3	3	3
Rhynchosia minima (L.) DC.	Fabaceae	Z			3	3	3	3
Rhynchosia viscosa (Roth) DC.	Fabaceae	I						X
Senna alata (L.) Roxb.	Fabaceae				2P	2P	2P	2P
Senna hirsuta (L.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae				2	3	2	3
Senna obtusifolia (L.) H.S. Irwin et Barneby	Fabaceae				3	3	3	3
Senna occidentalis (L.) Link	Fabaceae				3	3	3	3
Senna singueana (Delile) Lock	Fabaceae	I						X
Senna sophera (L.) Roxb.	Fabaceae				2	2	2	2
Senna tora (L.) Roxb.	Fabaceae				3	3	3	3
Senna siamea (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae				1P	3	3	3
Senna uniflora (Mill.) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae						0	0
Sesbania bispinosa (Jacq.) W.Wight	Fabaceae	I						X
Sesbania madagascariensis Du Puy & Labat	Fabaceae							-
Sesbania sesban (L.) Merr.	Fabaceae							-
Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw.	Fabaceae				2		2	2
Tamarindus indica L.	Fabaceae	I						X
Teramnus labialis (L. f.) Spreng. subsp. arabicus Verdc.	Fabaceae	I						X
Vicia hirsuta (L.) Gray	Fabaceae							-
Vicia sativa L.	Fabaceae							-
Vigna radiata var. sublobata (Roxb.) Verdc.	Fabaceae	I						X
Vigna adenantha (G.Mey.) Marechal & al.	Fabaceae	I						X
Vigna unguiculata (L.) Walp. subsp. unguiculata	Fabaceae	I						X
Vigna umbellata (Thunb.) Ohwi et Ohashi	Fabaceae	N(Q)	S	©	1	1	1	1
Zapoteka portoricensis (Jacq.) H. M.	Fabaceae							1
Flacourtia indica (Burm.f.) Merr.	Flacourtiaceae	K			3+	3+	3+	3+
Anthocleista grandiflora Gilg	Gentianaceae	I						X
Pelargonium graveolens L'Hér.	Geraniaceae	Q		C	1	1	1	1
Chrysothemis pulchella (Donn ex Sims) Decne.	Gesneriaceae			C	1	1	1	1
Episcia cupreata (Hook.) Hanst.	Gesneriaceae				1P	1P	1P	1P

Dicranopteris linearis (Burm. f.) Underw.	Gleicheniaceae	I				X
Scaevola taccada (Gaertn.) Roxb.	Goodeniaceae	I				X
Heliconia rostrata Ruiz & Pav.	Heliconiaceae		1	1	1	1
Heliconia acuminata A.Rich.	Heliconiaceae		1	1	1	1
Heliconia psittacorum L. f.	Heliconiaceae		1	1	1	1
Hydrangea macrophylla (Thunb.) Ser.	Hydrangeaceae		2P		1P	2P
Blyxa aubertii Rich.	Hydrocharitaceae					-
Lagarosiphon madagascariensis Casp	Hydrocharitaceae	I				-
Ottelia ulvifolia (Planch.) Walp.	Hydrocharitaceae					-
Hypericum lanceolatum Lam.	Hypericaceae	I				X
Apodytes dimidiata E.Mey. ex Arn.	Icacinaceae	I				X
Pyrenacantha rakotozafyi Labat, El-Achkar & R.Rabev.	Icacinaceae					-
Crocosmia × crocosmiiflora (Lemoine ex Anonymous) N.E. Br.	Iridaceae		1P			1P
Neomarica longifolia (Link & Otto) Sprague	Iridaceae		1			1
Trimezia martinicensis (Jacq.) Herb.	Iridaceae				1	1
Clerodendrum speciosissimum Van Geert ex C. Morren	Lamiaceae		2	2	2	2
Clerodendrum thomsoniae Balf.f.	Lamiaceae				1	1
Hyptis pectinata (L.) Poit.	Lamiaceae		2	2	2	2
Hyptis spicigera Lam.	Lamiaceae					0
Hyptis sp. 1	Lamiaceae		0			0
Hyptis sp. 2	Lamiaceae		0			0
Hyptis suaveolens (L.) Poit.	Lamiaceae					-
Lamium amplexicaule L.	Lamiaceae					-
Leonotis nepetifolia (L.) R.Br.	Lamiaceae					-
Leonurus sibiricus L.	Lamiaceae					-
Leucas lavandulifolia Sm.	Lamiaceae					-
Leucas martinicensis (Jacq.) R.Br	Lamiaceae					-
Mentha × piperita L.	Lamiaceae		1	1	1	1
Mentha spicata L.	Lamiaceae		1	1	1	1

Ocimum americanum L.	Lamiaceae				1	1	1	1
Ocimum basilicum L.	Lamiaceae				1	1	1	1
Ocimum gratissimum L.	Lamiaceae				2	2	2	2
Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng.	Lamiaceae				3+	3+	3+	3+
Plectranthus scutellarioides (L.) R.Br.	Lamiaceae				1	1	1	1
Plectranthus cf. barbatus Andrews	Lamiaceae				0			0
Plectranthus neochilus Schltr.	Lamiaceae				1			1
Cf. Plectranthus sp. 1	Lamiaceae				0			0
Premna serratifolia L.	Lamiaceae	I						X
Rosmarinus officinalis L.	Lamiaceae				1			1
Tectona grandis L.f.	Lamiaceae				2	2P	2P	2P
Vitex doniana Sweet	Lamiaceae	I						X
Cassytha filiformis L.	Lauraceae	I						X
Cinnamomum camphora (L.) J. Presl	Lauraceae							-
Cinnamomum verum J. Presl	Lauraceae				2P	2P	2P	2P
Laurus nobilis L.	Lauraceae							-
Litsea glutinosa (Lour.) C.B.Rob.	Lauraceae				1P	5	3+	5
Litsea monopetala (Roxb.) Pers	Lauraceae							-
Persea americana Mill.	Lauraceae				1	1	1	1
Barringtonia racemosa (L.) Spreng.	Lecythidaceae	I						X
Barringtonia asiatica (L.) Kurz	Lecythidaceae	I						X
Strychnos spinosa Lam.	Loganiaceae	I						X
Ammannia multiflora Roxb.	Lythraceae	I						X
Lagerstroemia indica L.	Lythraceae						1	1
Lawsonia inermis L.	Lythraceae				1	1	1	1
Punica granatum L.	Lythraceae				1P	1P	1P	1P
Woodfordia fruticosa (L.) Kurz	Lythraceae	I						X
Magnolia champaca (L.) Baill. ex Pierre	Magnoliaceae						1P	1P
Abelmoschus ficulneus (L.) Wight & Arn.	Malvaceae		S					1
Abutilon indicum (L.) Sweet	Malvaceae			Adv	3	3	3	3

Adansonia digitata L.	Malvaceae	I	X	X	X	X
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Malvaceae		1P	1P	1P	1P
Corchorus aestuans L.	Malvaceae		3	3	3	3
Corchorus fascicularis Lam.	Malvaceae					-
Corchorus olitorius L.	Malvaceae					-
Corchorus trilocularis L.	Malvaceae					-
Gossypium hirsutum L.	Malvaceae		1			1
Grewia picta Baill.	Malvaceae	I				X
Hibiscus asper Hook.f.	Malvaceae					-
Hibiscus panduriformis Burm.f.	Malvaceae		1	1		1
Hibiscus rosa-sinensis L.	Malvaceae		1	1	1	1
Hibiscus sabdariffa L.	Malvaceae					-
Hibiscus surattensis L.	Malvaceae		3	3	3	3
Hibiscus acetosella Welw. ex Hiern	Malvaceae					-
Hibiscus schizopetalus (Dyer) Hook.f.	Malvaceae		1	1	1	1
Hibiscus syriacus L.	Malvaceae					-
Hibiscus tilliaceus L.	Malvaceae	I				X
Kleinhovia hospita L.	Malvaceae		1	1P		1P
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke	Malvaceae					-
Malvaviscus arboreus Cav.	Malvaceae		1	1	1	1
Malvaviscus penduliflorus Moc. & Sessé ex DC.	Malvaceae		1	1	1	1
Melochia corchorifolia L.	Malvaceae					-
Melochia pyramidata L.	Malvaceae					-
Pachira glabra Pasq.	Malvaceae		1			1
Sida acuta Burm. f.	Malvaceae	K	3	3	3	3
Sida cordifolia L.	Malvaceae	K	3	3	3	3
Sida glabra Mill.	Malvaceae					-
Sida rhombifolia L.	Malvaceae	K	3	3	3	3
Sida urens L.	Malvaceae	N	1	1	1	1
Tephrosia linearis (Willd.) Pers.	Fabaceae	N	1			1

Tephrosia noctiflora Baker	Fabaceae	I					X
Tephrosia purpurea (L.) Pers.	Fabaceae	I					X
Tephrosia vogelii Hook.f.	Fabaceae			1	1	1	1
Theobroma cacao L.	Malvaceae			1	1	1	1
Thespesia populnea (L.) Sol. ex Corrêa	Malvaceae	I					X
Thespesia populneoides (Roxb.) Kostel.	Malvaceae	I					X
Triumfetta rhomboidea Jacq.	Malvaceae	Z		3	3	3	3
Urena lobata L.	Malvaceae	K		3	3	3	3
Waltheria indica L.	Malvaceae			3	3	3	3
Calathea roseopicta (Linden) Regel	Marantaceae	Q				1	1
Ctenanthe oppenheimiana (E.Morren) K.Schum.	Marantaceae	Q		1			1
Ctenanthe setosa (Roscoe) Eichler	Marantaceae	Q		1			1
Marsilea minuta L.	Marsileaceae	I					X
Clidemia hirta (L.) D. Don	Melastomataceae	Z		5	5	5	5
Heterotis decumbens Jacq.-Fél.	Melastomataceae						-
Tibouchina urvilleana (DC.) Cogn.	Melastomataceae						-
Tibouchina heteromalla (D. Don) Cogn.	Melastomataceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Tristemma mauritianum J.F. Gmel.	Melastomataceae	I?					X
Azadirachta indica A.Juss.	Meliaceae			1P	1P	1P	1P
Khaya madagascariensis Jum. & H. Perrier	Meliaceae	I					X
Xylocarpus granatum J.Koenig	Meliaceae	I					X
Mollugo nudicaulis Lam.	Molluginaceae	K		1	1	1	1
Glinus lotoides L.	Molluginaceae						-
Glinus oppositifolius (L.) Aug.DC.	Molluginaceae	I?					X
Tambourissa leptophylla (Tul.) A. DC.	Monimiaceae	I					X
Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg	Moraceae	Q	C	1	1	1	1
Artocarpus heterophyllus Lam.	Moraceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Castilla elastica Sessé	Moraceae	Q	C	2			2
Ficus carica L.	Moraceae						-
Ficus elastica Roxb. ex Hornem.	Moraceae	Q	C	1	1	1	1

Ficus sycomorus L.	Moraceae	I					X
Ficus benjamina L.	Moraceae	Q	C	1	1	1	1
Ficus lutea Vahl	Moraceae	I					X
Ficus pumila L.	Moraceae	Q	C	1P		1P	1P
Ficus rubra Vahl	Moraceae	I					X
Morus alba L.	Moraceae	Q	C	1P			1P
Moringa oleifera Lam.	Moringaceae	Q	C	1	1	1	1
Musa × paradisiaca L.	Musaceae	Q	C	1	1	1	1
Musa coccinea Andrews	Musaceae						-
Musa ingens N.W.Simmonds	Musaceae						-
Musa ornata Roxb.	Musaceae						-
Musa textilis Née	Musaceae						-
Musa velutina H.Wendl. & Drude	Musaceae						-
Ravenala madagascariensis Sonn.	Musaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Myristica fragans Houtt.	Myristicaceae	Q	C	1	1	1	1
Corymbia citriodora (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Eucalyptus boboninsis	Myrtaceae						-
Eucalyptus globulus Labill.	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Eucalyptus grandis W.Hill	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Eucalyptus robusta Sm	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Eucalyptus camaldulensis Dehnh.	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Eucalyptus elata Dehnh.	Myrtaceae						-
Eugenia brasiliensis Lam.	Myrtaceae						-
Eugenia uniflora L.	Myrtaceae	Q	C		1P		1P
Eucalyptus staigeriana F.Muell. ex F.M.Bailey	Myrtaceae	Q	C	1P	1P	1P	1P
Psidium cattleyanum Sabine	Myrtaceae	Z(Q)	C	5	1P	5	5
Psidium friedrichsthalianum (O.Berg) Nied.	Myrtaceae						-
Psidium guajava L.	Myrtaceae	Q	C	2	2	2	2
Psidium sp.	Myrtaceae			2		3+	3+
Syzygium aromaticum (L.) Merr. et L.M. Perry	Myrtaceae	Q	C	2	1P	2	2

Syzygium jambos (L.) Alston	Myrtaceae	Z		5	5	5	5
Syzygium samarangense (Blume) Merr. et L.M. Perry	Myrtaceae						-
Syzygium cumini (L.) Skeels	Myrtaceae	Z		3+	3+	1P	3+
Pimenta dioica (L.) Merr.	Myrtaceae	Q		1P			1P
Melaleuca quinquenervia (Cav.) S.T. Blake	Myrtaceae						0
Syzygium malaccense (L.) Merr. et L.M. Perry	Myrtaceae	Q	C	2	1		2
Boerhavia coccinea Mill.	Nyctaginaceae	K		3	3	3	3
Boerhavia diffusa L.	Nyctaginaceae	K		3	3	3	3
Boerhavia repens L.	Nyctaginaceae	K		3	3	3	3
Bougainvillea spectabilis Willd.	Nyctaginaceae	Q		1	1	1	1
Mirabilis jalapa L.	Nyctaginaceae	ZQ	C	3	3	3	3
Pisonia lanceolata Choisy	Nyctaginaceae						-
Nymphaea nouchali Burm.f.	Nympheaceae						1 ?
Nymphaea caerulea Savigny	Nympheaceae	I					X
Ochna ciliata Lam.	Ochnaceae	I					X
Olax dissitiflora Oliv.	Olacaceae	I					X
Jasminum cf. auriculatum Vahl	Oleaceae	Q	C	1	1	1	1 ?
Jasminum cf. officinale L.	Oleaceae						1 ?
Jasminum grandiflorum L.	Oleaceae						1 ?
Jasminum multiflorum (Burm.f.) Andrews	Oleaceae						1 ?
Jasminum sambac (L.) Aiton	Oleaceae	Q	C	1	1	1	1 ?
Jasminum azoricum L.	Oleaceae						1 ?
Jasminum polyanthum Franch.	Oleaceae	Q	C	1P			1P
Jasminum nummularifolium Baker	Oleaceae	I					X
Nestegis lanceolata (Hook.f.) L.A.S.Johnson	Oleaceae	I					X
Ludwigia adscendens (L.) H.Hara	Onagraceae						-
Ludwigia erecta (L.) H.Hara	Onagraceae						-
Ludwigia leptocarpa (Nutt.) H.Hara	Onagraceae						-
Ludwigia octovalvis (Jacq.) P.H.Raven	Onagraceae	K		1			1
Oenothera glazioviana Micheli	Onagraceae					2 ?	2 ?

Oenothera rosea L'Hér. ex Aiton	Onagraceae						-
Oenothera stricta Ledeb. ex Link	Onagraceae						-
Angraecum eburneum Bory	Orchidaceae	I					X
Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews	Orchidaceae	Q	C	1	1	1	1
Rhamphicarpa fistulosa (Hochst.) Benth.	Orobanchaceae						-
Averrhoa bilimbi L.	Oxalidaceae	Q	C	1	1	1	1
Averrhoa carambola L.	Oxalidaceae	Q	C	1	1	1	1
Oxalis corniculata L.	Oxalidaceae	K		1	1	1	1
Oxalis debilis Kunth	Oxalidaceae	K		3	3	3	3
Oxalis debilis var. corymbosa (DC.) Lourteig	Oxalidaceae	K		3	3	3	3
Oxalis latifolia Kunth	Oxalidaceae	N		3	3	3	3
Oxalis triangularis A. St.-Hil.	Oxalidaceae	Q	C			1	1
Pandanus utilis Bory	Pandanaceae	K		1	1	1	1
Argemone mexicana L.	Papaveraceae	Z		3	3	3	3
Fumaria muralis Sond. ex W.D.J.Koch	Papaveraceae						-
Passiflora edulis Sims f. flavicarpa O. Deg.	Passifloraceae	Q	C	3+	3	3	3+
Passiflora foetida L.	Passifloraceae	Z		3	3	3	3
Passiflora suberosa L.	Passifloraceae	Z		3+	3+	3+	3+
Passiflora subpeltata Ortega	Passifloraceae			0			0
Passiflora quadrangularis L.	Passifloraceae	Q	C	1	1	1	1
Turnera angustifolia Mill.	Passifloraceae						-
Turnera ulmifolia L.	Passifloraceae	Z		2	2	2	2
Turraea wakefieldii Oliv.	Meliaceae						0
Typha domingensis Pers.	Typhaceae		K		1	1	1
Phyllanthus amarus Schumach.	Phyllantaceae						X
Phyllanthus niruroides Müll.Arg.	Phyllantaceae	ADV	K	3	3	3	3
Phyllanthus pervilleanus (Baill.) Müll.Arg	Phyllantaceae						
Phyllanthus urinaria L.	Phyllantaceae	ADV	K	3	3	3	3
Phyllanthus acidus (L.) Skeels	Phyllantaceae	Q	C	1			1
Phyllanthus tenellus Roxb.	Phyllantaceae	ADV	K	3	3	3	3

Breynia disticha J.R. Forst. et G. Forst. var. disticha f. nivosa (W. Bull) Croizat	Phyllantaceae	Q	C	1	1	1	1
Phytolacca americana L.	Phytolacaceae						-
Piper betle L.	Piperaceae	k		1	1	1	1
Piper borbonense (Miq.)C. DC	Piperaceae						
Piper nigrum L.	Piperaceae	Q	C	1	1	1	1
Piper umbellatum L.	Piperaceae	I					X
Piper pyrifolium Vahl	Piperaceae	I					X
Bacopa crenata (P.Beauv.) Heppe	Plantaginaceae						-
Plantago lanceolata L.	Plantaginaceae	K		1			1
Russelia equisetiformis Cham. et Schltdl.	Plantaginaceae	Q	C	1	1	1	1
Plumbago auriculata Lam.	Plumbaginaceae	Q	C	1	1	1	1
Acroceras hubbardii (A.Camus) Clayton	Poaceae	I		1	1	1	X
Anthoxanthum odoratum L.	Poaceae						-
Axonopus compressus (Sw.) P.Beauv.	Poaceae			3	3	3	3
Bambusa glaucescens (Willd.) Merr.	Poaceae						-
Bambusa multiplex (Lour.) Raeusch. ex Schult. et Schult. f.	Poaceae			1P	1P	1P	1P
Bambusa vulgaris Schrad. ex Wendl.	Poaceae			1P	1P	1P	1P
Urochloa deflexa (Schumach.) H. Scholz	Poaceae			3	3	3	3
Urochloa distachya (L.) T.Q. Nguyen	Poaceae			1			1
Moorochloa eruciformis (Sm.) Veldkamp	Poaceae	K		2	2	2	2
Brachiaria kurzii (Hook.f.) A.Camus	Poaceae						-
Urochloa mutica (Forssk.) T.Q. Nguyen	Poaceae						-
Brachiaria nana Stapf	Poaceae			3	3	3	3
Urochloa reptans (L.) Stapf	Poaceae			1			1
Brachiaria umbellata (Trin.) Clayton	Poaceae	I					X
Bromus catharticus Vahl	Poaceae						-
Cenchrus biflorus Roxb.	Poaceae						-
Cenchrus echinatus L.	Poaceae						-
Chloris barbata Sw.	Poaceae	K		3	3	3	3

Chloris pycnothrix Trin.	Poaceae				3	3	3	3
Chloris truncata R.Br.	Poaceae							-
Chloris virgata Sw.	Poaceae							-
Chrysopogon zizanioides (L.) Roberty	Poaceae				1	1	1	1
Coix lacryma-jobi L.	Poaceae				1P			1P
Ctenium concinnum Nees	Poaceae				1			1
Cymbopogon citratus (DC.) Stapf	Poaceae				1	1	1	1
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Poaceae	I						X
Dactyloctenium aegyptium (L.) Willd.	Poaceae	I						X
Dactyloctenium ctenioides (Steud.) Lorch ex Bosser	Poaceae	I						X
Dichanthium linearus	Poaceae							
Dichanthium annulatum (Forssk.) Stapf	Poaceae				3	3	3	3
Dichanthium aristatum (Poir.) C.E.Hubb.	Poaceae				3	3	3	3
Digitaria ciliaris (Retz.) Koeler	Poaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Digitaria horizontalis Willd.	Poaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Digitaria humbertii A.Camus	Poaceae				3+			
Digitaria longiflora (Retz.) Pers.	Poaceae							
Digitaria perrottetii (Kunth) Stapf	Poaceae							
Digitaria radicosa (J.Presl) Miq.	Poaceae							
Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	Poaceae							
Echinochloa colona (L.) Link	Poaceae							
Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.	Poaceae							
Echinochloa pyramidalis (Lam.) Hitchc. & Chase	Poaceae							
Echinochloa stagnina(Retz.) P.Beauv	Poaceae							
Eleusine indica (L.) Gaertn.	Poaceae	I						X
Enteropogon sechellensis (Benth.) T.Durand & Schinz	Poaceae							
Eragrostis aspera (Jacq.) Nees	Poaceae							
Eragrostis cilianensis (All.) Janch.	Poaceae							
Eragrostis ciliaris (L.) R. Br.	Poaceae	I	0	0				X
Eragrostis cylindriflora Hochst.	Poaceae							

Eragrostis japonica (Thunb.) Trin.	Poaceae					
Eragrostis patula (Kunth) Steud.	Poaceae					
Eragrostis amabilis (L.) Wight et Arn. ex Nees	Poaceae					
Eragrostis chabouisii Bosser	Poaceae					
Eragrostis ciliaris (L.) R.Br.	Poaceae					
Heteropogon contortus (L.) P.Beauv. ex Roem. & Schult.	Poaceae	I				X
Holcus lanatus L.	Poaceae					
Hyparrhenia hirta (L.) Stapf	Poaceae	I				X
Hyparrhenia rufa (Nees) Stapf	Poaceae	I				X
Hyparrhenia schimperi (Hochst. ex A.Rich.) Andersson ex Stapf	Poaceae					
Hyparrhenia variabilis Stapf	Poaceae					
Imperata cylindrica (L.) Raeusch.	Poaceae	I				X
Isachne muscicola A.Camus	Poaceae	I				X
Ischaemum aristatum L.	Poaceae					
Ischaemum rugosum Salisb.	Poaceae					
Leersia hexandra Sw.	Poaceae					
Melinis repens (Willd.) Zizka	Poaceae	K				
Melinis minutiflora P.Beauv.	Poaceae	I				X
Oplismenus burmanni (Retz.) P.Beauv.	Poaceae	I				X
Oplismenus hirtellus (L.) P.Beauv.	Poaceae	I				X
Oplismenus compositus (L.) P.Beauv.	Poaceae	I				X
Oryza longistaminata A.Chev.& Roehr.	Poaceae		1	1	1	1
Oryza sativa L.	Poaceae		1	1	1	1
Panicum brevifolium L.	Poaceae	I				X
Urochloa maxima (Jacq.) R.D. Webster	Poaceae	I				X
Panicum subalbidum Kunth	Poaceae					
Panicum dregeanum Nees	Poaceae					
Panicum humile Steud.	Poaceae					
Panicum luridum Hack. ex Scott-Elliot	Poaceae					

Panicum perrieri A.Camus	Poaceae				
Panicum pseudowoeltzkowii A.Camus	Poaceae				
Panicum reptans L.	Poaceae				
Panicum trichocladum K.Schum.	Poaceae				
Paspalidium geminatum (Forssk.) Stapf	Poaceae				
Paspalum conjugatum P.J.Bergius	Poaceae				
Paspalum dilatatum Poir.	Poaceae				
Paspalum paniculatum L.	Poaceae				
Paspalum scrobiculatum L.	Poaceae				
Paspalum urvillei Steud.	Poaceae				
Paspalum vaginatum Sw.	Poaceae				
Paspalum nutans Lam.	Poaceae				
Pennisetum caffrum (Bory) Leeke.	Poaceae				-
Cenchrus clandestinus (Hochst. ex Chiov.) Morrone	Poaceae				
Pennisetum polystachion (L.) Schult.	Poaceae				
Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone	Poaceae	3+	3+	3+	3+
Pennisetum alopecuroides (L.) Spreng.	Poaceae				
Perotis patens Gand.	Poaceae				
Phalaris arundinacea L.	Poaceae				
Poa annua L.	Poaceae				
Pogonatherum paniceum (Lam.) Hack.	Poaceae				
Rottboellia cochinchinensis (Lour.) Clayton	Poaceae				
Saccharum officinarum L.	Poaceae				
Sacciolepis africana C.E.Hubb. & Snowden	Poaceae				
Setaria barbata (Lam.) Kunth	Poaceae				
Setaria intermedia Roem. & Schult.	Poaceae				
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.	Poaceae				
Setaria verticillata (L.) P.Beauv.	Poaceae				
Setaria italica (L.) P.Beauv.	Poaceae				
Setaria megaphylla (Steud.) T.Durand & Schinz	Poaceae				

Sorghum arundinaceum (Desv.) Stapf	Poaceae						
Sorghum halepense (L.) Pers.	Poaceae						
Sporobolus africanus (Poir.) Robyns et Tournay	Poaceae						
Sporobolus pyramidalis P.Beauv.	Poaceae						
Sporobolus virginicus (L.) Kunth	Poaceae						
Stenotaphrum dimidiatum (L.) Brongn.	Poaceae						
Themeda quadrivalvis (L.) Kuntze	Poaceae						
Urelytrum agropyroides (Hack.) Hack.	Poaceae						
Zea mays L.	Poaceae						
Antigonon leptopus Hook. et Arn.	Polygonaceae	Z		3+	3+	3+	3+
Persicaria acuminata (Kunth) M. Gómez	Polygonaceae	Q	C	1	1	1	1
Persicaria chinensis (L.) H. Gross	Polygonaceae						-
Persicaria mitis (Schrank) Holub	Polygonaceae						-
Rumex abyssinicus Jacq.	Polygonaceae						-
Rumex crispus L.	Polygonaceae						-
Phymatosorus scolopendria (Burm. f.) Pic. Serm	Polypodiaceae	I					X
Platycerium alcicorne Desv.	Polypodiaceae	I					X
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms	Pontederiaceae						0
Portulaca grandiflora Hook.	Portulacaceae	Q	C	1		1	1
Portulaca oleracea L.	Portulacaceae	K		1	1	1	1
Portulaca quadrifida L.	Portulacaceae	K		1	1	1	1
Portulaca umbraticola Kunth	Portulacaceae	Q	C	1			1
Potamogeton nodosus Poir.	Potamogetonaceae						-
Anagallis arvensis L.	Primulaceae						-
Embothrium coccineum J.R.Forst. & G.Forst.	Proteaceae	Q	C	1			1
Grevillea robusta A. Cunn. ex R. Br.	Proteaceae	Q	C	2+	2+	2+	2+
Vittaria zosterifolia Willd.	Pteridaceae	I					X
Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn.	Pteridaceae						0
Clematis mauritiana Lam.	Ranunculaceae	?					0
Clematis vitalba L.	Ranunculaceae						-

Colubrina asiatica (L.) Brongn.	Rhamnaceae	K		1	1	1	1
Ziziphus mauritiana Lam.	Rhamnaceae						0
Ziziphus spina-christi (L.) Desf	Rhamnaceae	K		1	1	1	1
Rhizophora mucronata Lam.	Rhizophoraceae	I					X
Fragaria vesca L.	Rosaceae	Q	C	1			1
Malus domestica Borkh.	Rosaceae						-
Prunus persica (L.) Batsch	Rosaceae	Q	C	1	1	1	1
Rubus alceifolius Poir.	Rosaceae						-
Rubus cochinchinensis Tratt.	Rosaceae						-
Rubus rosifolius Sm.	Rosaceae	ADV		3+	3+	3+	3+
Coffea arabica L.	Rubiaceae	Q	C	1	1	1	1
Coffea canephora Pierre ex A.Froehner	Rubiaceae						0
Gardenia jasminoides J.Ellis	Rubiaceae	Q	C			1	1
Guettarda speciosa L.	Rubiaceae	I					X
Ixora coccinea L.	Rubiaceae	Q	C			1	1
Mitracarpus hirtus (L.) DC.	Rubiaceae						-
Morinda citrifolia L.	Rubiaceae	Q	C	2+	2+	2+	2+
Morinda candollei (Montrouz.) Beauvis.	Rubiaceae						0
Oldenlandia corymbosa L.	Rubiaceae	ADV		3+	3+	3+	3+
Paederia foetida L.	Rubiaceae	I					X
Pentas lanceolata (Forssk.) Deflers	Rubiaceae	K		1	1	1	1
Polysphaeria multiflora Hiern	Rubiaceae	I					X
Pyrostria bibracteata (Baker) Cavaco	Rubiaceae	I					X
Richardia scabra L.	Rubiaceae						-
Spermacoce alata Aubl.	Rubiaceae						-
Spermacoce pusilla Wall.	Rubiaceae						-
Spermacoce verticillata L.	Rubiaceae						-
Spermacoce flagelliformis Poir.	Rubiaceae	ADV		3+	3+	3+	3+
Spermacoce remota Lam.	Rubiaceae						0
Vangueria madagascariensis J.F.Gmel.	Rubiaceae	Q	C	1	1		1

Citrus × aurantium L.	Rutaceae						-
Citrus aurantiifolia (Christm.) Swingle	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Citrus clementina hort.	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Citrus limon (L.) Burm. f.	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Citrus maxima (Burm.) Merr.	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Citrus × paradisi Macfad.	Rutaceae						-
Citrus reticulata Blanco	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Citrus sinensis (L.) Osbeck	Rutaceae	Q	C	1	1	1	1
Toddalia asiatica (L.) Lam.	Rutaceae	I					X
Azima tetracantha Lam.	Salvadoraceae				1		1
Salvinia adnata Desv.	Salviniaceae						0
Cardiospermum halicacabum L.	Sapindaceae						-
Cardiospermum microcarpum Kunth	Sapindaceae	ADV		3+	3+	3+	3+
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.	Sapindaceae	I					X
Litchi sinensis Sonner	Sapindaceae	Q	C	1	1	1	1
Litchi chinensis Sonn.	Sapindaceae	Q	C	1	1	1	1
Macphersonia gracilis O. Hoffm.	Sapindaceae	I					X
Sapindus saponaria L.	Sapindaceae	Q	C	1	1	1	1
Mimusops comorensis Engl.	Sapotaceae	I					X
Lygodium kerstenii Kuhn	Schizaeaceae			1			1
Striga asiatica (L.) Kuntze	Scophulariaceae	ADV		3+	3+	3+	3+
Brugmansia suaveolens (Humb.&Bonpl. ex Willd.) Bercht. & J.Presl	Solanaceae	Q	C	1	1	1	1
Capsicum annuum L.	Solanaceae	Q	C	1	1	1	1
Capsicum frutescens L.	Solanaceae	Q	C	1	1	1	1
Datura innoxia Mill.	Solanaceae						0
Datura metel L.	Solanaceae						0
Datura stramonium L.	Solanaceae						0
Nicandra physalodes (L.) Gaertn.	Solanaceae						-
Nicotiana tabacum L.	Solanaceae	Q	C	2+	2+	2+	2+

Physalis angulata L.	Solanaceae							-
Solanum americanum Mill.	Solanaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Solanum lycopersicum L.	Solanaceae	Q		C	1	1	1	1
Solanum macranthum Dunal	Solanaceae							-
Solanum mauritianum Scop.	Solanaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Solanum melongena L.	Solanaceae	Q		C	1	1	1	1
Cestrum nocturnum L.	Solanaceae	Z(Q)	S	C	3	3	3	3
Solanum seaforthianum Andrews	Solanaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Solanum torvum Sw.	Solanaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Solanum tuberosum L.	Solanaceae	Q		C	1	1	1	1
Solanum richardii Dunal	Solanaceae	ADV			3+	3+	3+	3+
Sphenoclea zeylanica Gaertn.	Sphenocleaceae							-
Camellia sinensis (L.) Kuntze	Theaceae	N(Q)	S	0	1			1
Camellia japonica L.	Theaceae	Q			1			1
Christella mauritia	Thelypteridaceae							
Cyclosorus tottus (Thunb.) Pic. Serm.	Thelypteridaceae	I						X
Sphaerostephanos unitus (L.) Holttum	Thelypteridaceae	I						X
Tropaeolum majus L.	Tropaeolaceae							0
Trema orientalis (L.) Blume	Ulmaceae	K			1	1	1	1
Boehmeria macrophylla Hornem.	Urticaceae	I						X
Laportea aestuans (L.) Chew	Urticaceae	K			1	1	1	1
Obetia radula (Baker) Baker ex B.D. Jacks.	Urticaceae	I						X
Pilea microphylla (L.) Liebm.	Urticaceae	I						X
Procris insularis H.Schroet. (Unresolved name)	Urticaceae							
Duranta erecta L.	Verbenaceae	Q		C	2+	2+	2+	2+
Lantana strigocamara L.	Verbenaceae	E			5	5	5	5
Petrea volubilis L.	Verbenaceae	Q		C	1	1	1	1
Verbena bonariensis L.	Verbenaceae							-
Verbena brasiliensis Vell.	Verbenaceae							-
Verbena officinalis L.	Verbenaceae							-

Cissus rotundifolia Vahl.	Vitaceae						-
Cissus heterophylla Poir.	Vitaceae						-
Cissus microdonta (Baker) Planch.	Vitaceae	I					x
Cissus quadrangularis L.	Vitaceae	k		2+	2+	2+	2+
Cyphostemma lageniflorum (Gilg & M.Brandt) Desc.	Vitaceae	I					X
Leea guineense G.Don	Vitaceae	I					X
Vitis vinifera L.	Vitaceae	Q	C	1	1	1	1
Aloe arenicola Reynolds	Xanthorrhoeaceae	Q	C	1		1	1
Aloe alexandrei Ellert	Xanthorrhoeaceae	I					X
Aloe purpurea Lam.	Xanthorrhoeaceae						-
Aloe vera (L.) Burm.f.	Xanthorrhoeaceae	Q	C	1	1	1	1
Dianella tasmanica Hook.f.	Xanthorrhoeaceae	Q	C	1	1	1	1
Dianella ensifolia (L.) DC.	Xanthorrhoeaceae						
Haworthia attenuata (Haw.) Haw.	Xanthorrhoeaceae	Q	C			1	1
Alpinia zerumbet (Pers.) B.L.Burtt & R.M.Sm.	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Alpinia purpurata (Vieill.) K.Schum.	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Curcuma longa L.	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Elettaria cardamomum (L.) Maton	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Etlingera elatior (Jack) R.M.Sm.	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Hedychium flavescens Carey ex Roscoe	Zingiberaceae	Q	C	5	5	5	5
Hedychium gardnerianum Sheppard ex Ker Gawl.	Zingiberaceae						-
Zingiber officinale Roscoe	Zingiberaceae	Q	C	1	1	1	1
Tribulus cistoides L.	Zygophyllaceae	I					X
Tribulus terrestris L.	Zygophyllaceae						-
Brevia pista							
Cleinhovia hospita							
Coriops condoleana							
Acalypha godseffiana hort. Sander ex Mast. cv. Heterophylla	Euphorbiaceae			1			
Adenostemma lavenia (L.) Kuntze var. viscosum (J.R.	Asteraceae	K					

Forst. et G. Forst.) M.R. Almeida								
Araucaria columnaris (G. Forst.) Hook.	Araucariaceae	Q		C	1P			
Boerhavia erecta L.	Nyctaginaceae	K			0	0	0	0
Bougainvillea glabra Choisy	Nyctaginaceae	Q		C	1			
Bougainvillea x buttiana Holttum et Standl.	Nyctaginaceae	Q		C	1			
Breynia retusa (Dennst.) Alston	Phyllanthaceae	Q?		C?	2			
Canna glauca L.	Cannaceae	Q		C	1			
Canna x generalis L.H. Bailey	Cannaceae	Q		C	1			
Capsicum annuum L. var. annuum	Solanaceae	Q		C	1			
Chloris gayana Kunth	Poaceae	N(Q)	S	C	3			
Cupressus lusitanica Mill.	Cupressaceae	Q		C	1P			
Cyperus richardii Steud.	Cyperaceae	K			3			
Dictyosperma album (Bory) H. Wendl. et Drude ex Scheff.	Arecaceae	Q		C	1			
Flacourtia jangomas (Lour.) Raeusch.	Salicaceae	QS	S	C	1P			
Garcinia xanthochymus Hook. f.	Clusiaceae	Q		C	1			
Hura crepitans L.	Euphorbiaceae	Q		C	1			
Ixora sp.	Rubiaceae	Q		C	1			
Leucaena cf. diversifolia (Schltdl.) Benth.	Fabaceae	QN		C	1P			
Lonicera japonica Thunb.	Caprifoliaceae	N(Q)	S	C	2P			
Merremia/Argyreia sp. (fleurs roses, dessous des feuilles argenté)	Convolvulaceae	N(Q)	S	C	2P			
Murraya paniculata (L.) Jack	Rutaceae	Q		C	1P			
Musa acuminata Colla	Musaceae	Q	S	C	1			
Nopalea cochenillifera (L.) Salm-Dyck	Cactaceae	Q		C	1P			
Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.	Fabaceae	Q		C	1P			
Pseudogynoxys benthamii Cabrera	Asteraceae	N(Q)	S	C	3	3	3	
Rosa chinensis Jacq.	Rosaceae	Q	S	C	1			
Rubus rosifolius var. coronarius Sims	Rosaceae	NQ	S	C	2P			
Senna × floribunda (Cav.) H.S. Irwin et Barneby	Fabaceae	N(Q)	S	C	2			
Solanum betaceum Cav.	Solanaceae	Q		C	1			

Sporobolus indicus (L.) R.Br.	Poaceae	Z		3
Trifolium pratense L.	Fabaceae	N		3
Vicia cf. angustifolia L.	Fabaceae	N		3
Yucca gigantea Lem.	Liliaceae	Q	C	1

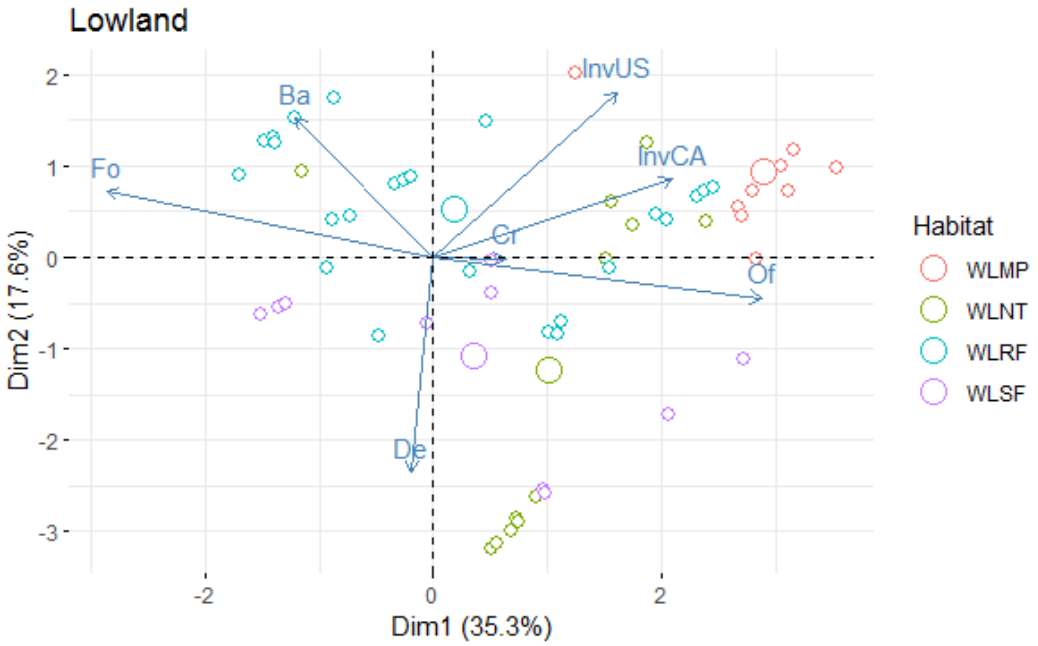
Annexe 3.1 : ***Recouvrement des plantes exotiques par habitat à La Grande Comore. Les espèces les plus fréquemments rencontrées sur l'île sont indiqués en gras. Les types d'habitats sont indiqués par leurs codes (LSDF = Leeward Submountain Dry Forest ; WLMP = Windward Lowland Mixed Plantation ; WLNT = Windward Lowland Nuxia Thicket ; WSLF = Windward Lowland Subhumid Forest ; WSEP = Windward Submountain Eucalyptus Plantation ; WSNF = Windward Submountain Nuxia Forest ; WSOF = Windward Submountain Ocotea Forest ; WSPM = Windward Submountain Psidium Mosaic ; WSTF = Windward Submountain Tambourissa Forest ; WSWF = Windward Submountain Weinmannia Forest).***

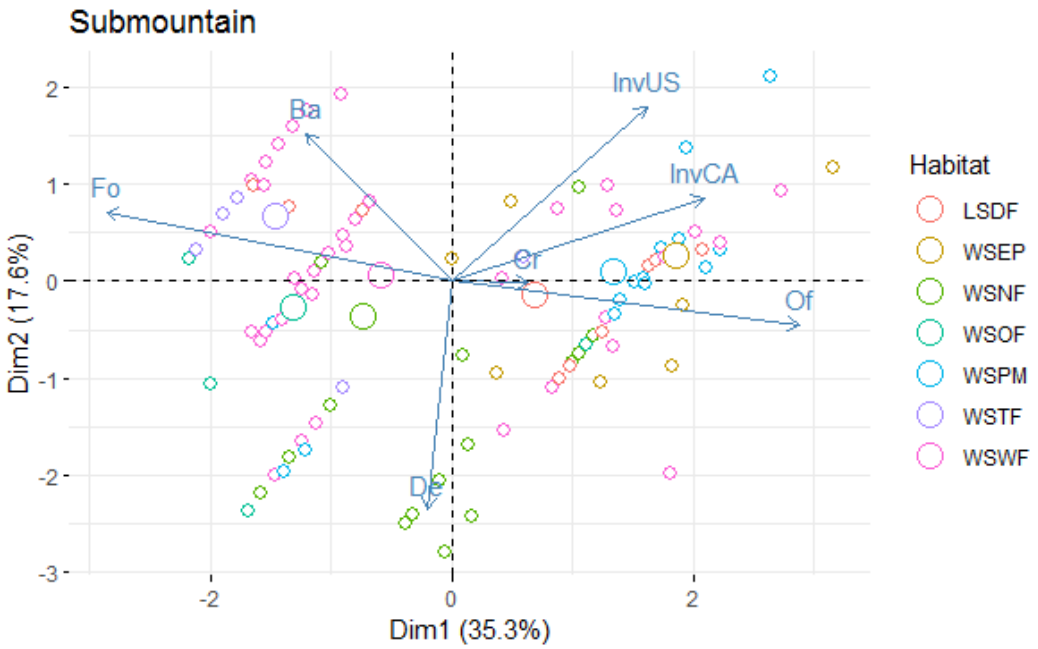
Species	LSDF	WLMP	WLNT	WLRF	WLSF	WSEP	WSNF	WSOF	WSPM	WSTF	WSWF
Acalypha wilkesiana Müll.Arg.						1,0					
Albizia saman (Jacq.) Merr.		1,0	5,0			62,2				5,0	
Aleurites moluccanus (L.) Willd.					3,0						
Anacardium occidentale L.		5,0			5,0						
Annona cherimola Mill.		1,0		5,0							
Annona muricata L.		3,0									
Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg		4,2	2,3	4,2	3,8						1,0
Artocarpus heterophyllus Lam.	1,0	2,3		3,0	7,1	4,2			1,0	1,0	1,0
Cajanus cajan (L.) Millsp.	1,0										
Calliandra surinamensis Benth.			1,0			1,0				5,0	1,0
Cestrum nocturnum L.	1,0					1,0					3,0
Cinnamomum verum J.Presl		7,1	3,0	3,2				1,0	1,0		1,0
Citrus × aurantium L.	1,0	1,0	3,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	2,0
Citrus reticulata Blanco							1,0				
Citrus sinensis (L.) Osbeck		5,5		1,0		1,0		1,0	1,0	1,0	1,0
Citrus sp.	1,0	1,0					1,0				
***Clidemia hirta* (L.) D. Don**	**7,2**	**11,8**	**6,7**	**13,3**		**16,9**	**12,9**		**13,8**	**3,4**	**24,7**
Cocos nucifera L.		6,1	6,0	13,5	1,0						
Coffea arabica L.											10,2
Cordia myxa L.						5,0					
Crotalaria micans Link	5,0						1,0				
Eucalyptus camaldulensis Dehnh.			1,0								
Eucalyptus robusta Sm			4,0	1,0		51,6			5,5		
Flemingia macrophylla (Willd.) Merr.	1,0										
Furcraea foetida (L.) Haw.	16,6			1,0	5,0	3,0	35,0				
Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.	10,0	3,0	1,0	1,0	3,6	1,0	1,0	5,5		3,6	7,4
Jatropha curcas L.		8,0									
Litsea glutinosa (Lour.) C.B.Rob.	3,0										
Litchi chinensis Sonn.											1,0

Mangifera indica L.	5,0	31,6	11,7	10,9	15,0	3,0	2,3		4,0		6,7
Morinda citrifolia L.					1,0						
Myristica fragrans Houtt.		5,0									
Ocimum gratissimum L.	1,0			1,0		28,3					
Pachira glabra Pasq.											1,0
Persea americana Mill.		2,0	1,0								5,0
Phyllanthus tenellus Roxb.						3,0					1,0
Piper betle L.						3,6					16,5
Piper nigrum L.		1,0									
Prunus persica (L.) Batsch						5,0					
***Psidium cattleyanum* Afzel. ex Sabine**	**29,3**	**9,1**	**5,4**	**39,7**		**33,6**	**36,5**	**28,0**	**58,3**	**19,2**	**38,1**
Psidium guajava L.	2,3	4,7	4,7	4,7		8,5	5,0		1,8	5,0	1,0
Pterocarpus indicus Willd.	20,0	2,3	1,0	1,0		1,0	3,0	1,0		1,0	10,0
***Rubus rosifolius* Sm.**	**7,0**	**1,0**	**3,4**	**3,0**		**15,1**	**8,0**	**12,0**	**25,0**	**17,9**	**5,4**
Senna corymbosa (Lam.) H.S.Irwin & Barneby					1,0						
Senna hirsuta (L.) H.S.Irwin & Barneby						6,67		1,0			
Solanum mauritianum Scop.	5,1	1,0	1,0	2,0	13,0	2,71	2,0	10,2	1,0	9,5	4,6
Solanum torvum Sw.						5,17					
Spondias dulcis Parkinson				5,0							
Stachytarpheta jamaicensis (L.) Vahl			3,0			5,00					
Syzygium aromaticum (L.) Merr. & L.M.Perry		8,2		4,8					3,0		7,3
Syzygium cumini (L.) Skeels		5,0	2,3	1,0							1,0
Syzygium jambos (L.) Alston		18,6	16,6	3,9				2,3	7,3		7,6
Syzygium malaccense (L.) Merr. & L.M.Perry		1,0									
Tristemma mauritianum J.F. Gmel.	2,5	10,0	16,2	3,2		3,60	1,0	1,0	1,6	4,4	6,9
Urena lobata L.			1,0								

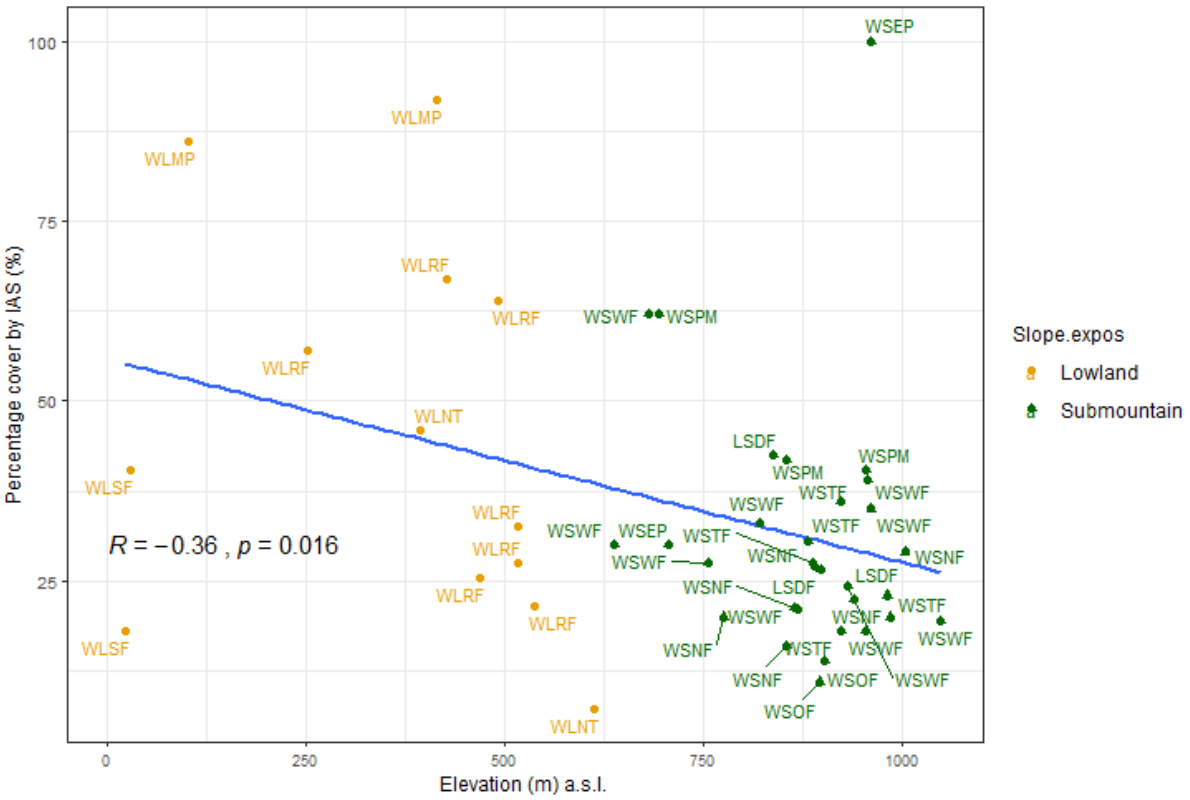
Annexe 3.2: ***Analyse des Composantes Principales sur les types d'habitats et de l'occupation du sol avec le recouvrement en espèces exotiques.***

Les codes à quatre lettres représentent recouvrement moyen en espèces exotiques (InvUS = Pourcentage de recouvrement en sous-bois et InvCA = recouvrement en canopée). La légende indique les types d'habitat (Voir annexe 3.1) et les codes à deux lettres représentent l'occupation du sol (Fo = Forêt, Ba = Bananeraie, De = Déforestation, Cr = Culture et Of = Friche). L'ACP a été construite en séparant les habitats de basse et de moyenne altitude à l'échelle des sections (n = 240).





Annexe 3.3 : ***Corrélation entre le recouvrement en espèces exotiques et l'altitude. Les types d'habitat sont exprimés par transects et représentés par les codes des types d'habitat. Voir annexe 3.1 pour la liste des habitats.***



Annexe 4.1 : ***Echelle de notation d'abondance / dominance de Braun-Blanquet.***

- P : individu juste présent ≈ 0.1%
- + : individus à recouvrement très faible ≈ 0.5%
- 1 : individus à recouvrement peu abondant, soit 5 - 10 %
- 2 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de ¼ à ½, soit 10 - 25%
- 3 : nombre d'individus quelconque, recouvrant de ½ à ¾, soit 25 - 50%
- 4 : nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de ¾, soit 50 - 75%
- 5 : individus très abondants, plus ou moins homogène, recouvrant entre 75 - 100%

Annexe 4.2 : ***Indices de divérsité estimés à partir des données floristiques des sites.***

Ste	Habitat	*Shannon*	*Simpson*	*Pielou*
Bois-blanc	Coulée	3,587	0,966	0,702
	Forêt	3,557	0,968	0,696
Radiers	Coulée	3,261	0,956	0,638
	Forêt	3,712	0,971	0,727
Singani	Coulée	3,428	0,955	0,671
	Forêt	3,919	0,975	0,767

Annexe 4.3 : ***Coordonnées GPS des relevés éffectués aux Radiers (Ile de La Réunion).***

Transect	Releve	Pente	Waypoint	Latitude	Longitude	Altitude	Y	X
1	1	10-15	1067	-21,16868	55,803564	400,1298	7658715,53	375789,35
1	2	25-30	1068	21,168918	55,80379	397,1929	7658689,37	375813,01
1	3	30-35	1069	21,169111	55,803987	393,8165	7658668,16	375833,63
				-				
2	1	0-5	1042	21,169841	55,802886	428,468	7658586,49	375719,92
2	2	5-10	1043	21,169655	55,802726	426,8169	7658606,95	375703,15
2	3	10-20	1044	21,169463	55,802383	428,5102	7658627,94	375667,38
2	4	20-25	1045	-21,16936	55,8021	425,9312	7658639,12	375637,91
				-				
3	1	25-30	1048	21,171082	55,801712	448,9845	7658448,2	375599,06
3	2	5-10	1050	21,170472	55,801308	451,697	7658515,4	375556,61
3	3	10-20	1051	21,170336	55,801145	453,7634	7658530,33	375539,57
				-				
4	1	10-20	1059	21,172575	55,799579	524,3076	7658281,26	375378,85
4	2	5-10	1056	21,172275	55,799317	521,1185	7658314,26	375351,4
4	3	10-20	1055	21,171984	55,799227	510,6859	7658346,4	375341,81
4	4	0-5	1054	21,171803	55,798973	514,4552	7658366,24	375315,29
				-				
5	1	10-20	1061	21,172732	55,798807	546,2573	7658263,27	375298,83
5	2	5-10	1062	21,172517	55,798722	539,5983	7658287	375289,82
				-				
6	1	10-15	1066	21,171685	55,800656	485,7145	7658380,62	375489,93
6	2	20-25	1065	21,171504	55,800498	480,2304	7658400,53	375473,37
6	3	5-10	1064	21,171294	55,800273	469,9919	7658423,6	375449,83

Annexe 4.3 (suite)

Coordonnées GPS des relevés éffectués à Bois-blnac (Ile de La Réunion).

Transect	Releve	Pente	Waypoint	Lattitude	Longitude	Altitude	Y	X
1	1	5-10	1072	-21,192828	55,806783	280,1682	7656045,04	376143,69
1	2	5-10	1073	21,192822	55,806391	289,2285	7656045,4	376102,99
2	1	0-5	1070	-21,1932	55,804678	380,7926	7656002,21	375925,47
2	2	5-10	1071	-21,193492	55,804515	378,4424	7655969,76	375908,8
3	1	0-5	1078	-21,192791	55,802177	353,8044	7656045,53	375665,5
3	2	0-5	1079	21,192919	55,802382	353,893	7656031,52	375686,89
4	1	0-5	1081	-21,193165	55,807868	270,9775	7656008,58	376256,6
4	2	5-10	1082	-21,19314	55,807604	272,2936	7656011,14	376229,17
5	1	0-5	1085	-21,193481	55,805817	303,278	7655972	376043,95
6	1	5-10	1087	-21,193438	55,807329	274.5121	7655977,94	376200,875
6	2	0-5	1088	21,193438	55,807329	274,5121	7655977,94	376200,88
6	4	5-10	1091	21,193787	55,807965	273,9797	7655939,81	376267,19
7	1	5-10	1103	-21,192535	55,801943	371,5471	7656073,68	375640,99

Annexe 4.3 (suite)

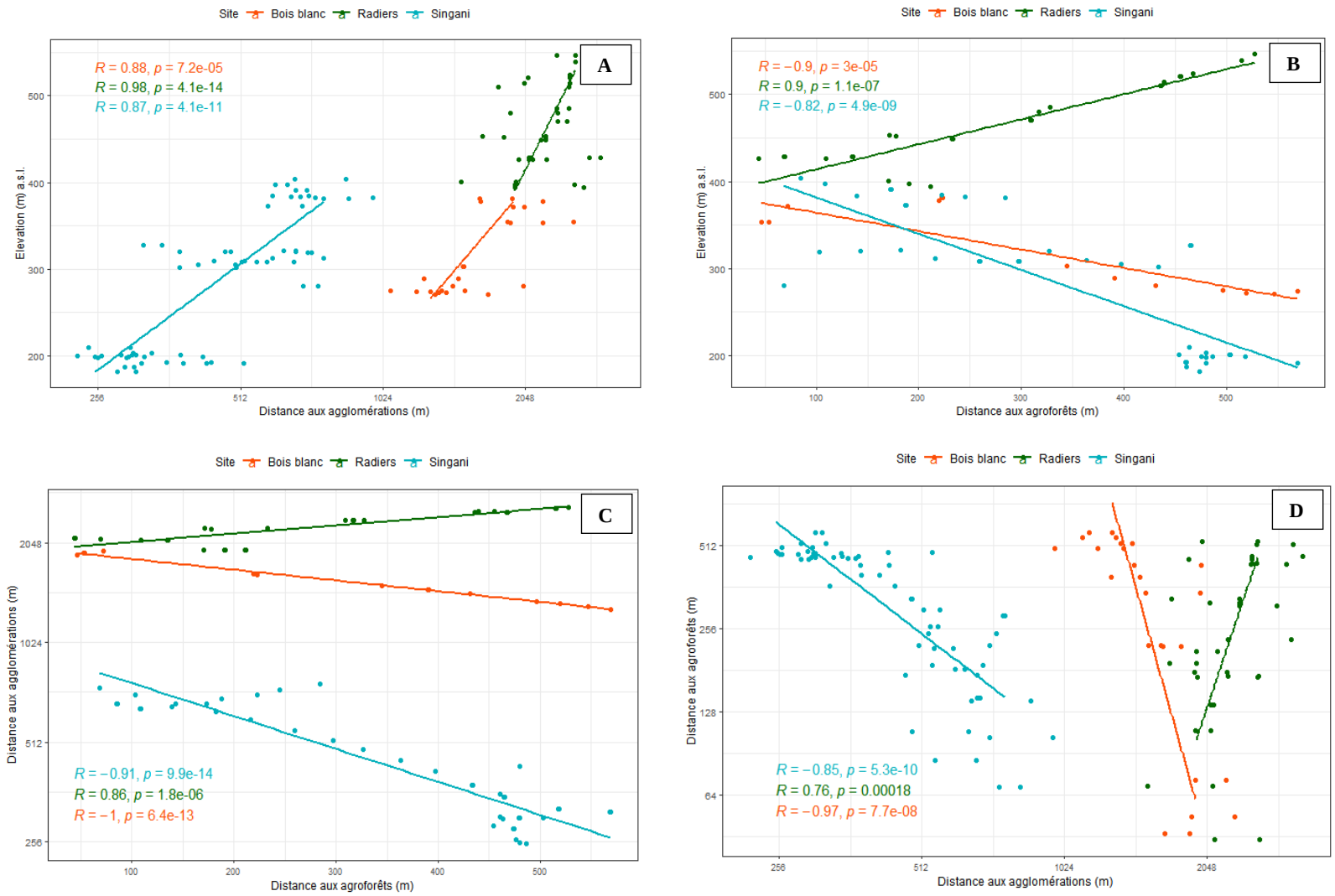
Coordonnées GPS des relevés éffectuées à Singani (Ile de La Grande Comore).

Transect	Releve	Pente	Waypoint	Lattitude	Longitude	Altitude	Y	X
1	4	10-15	981	-11,836672	43,325402	404,2148	8690959,79	317571,83
1	5	10-15	982	-11,83694	43,325231	397,5954	8690930,03	317553,37
1	6	15-30	983	-11,837204	43,325346	383,1046	8690900,9	317566,08
1	7	20-25	849	-11,837476	43,325508	391,1736	8690870,92	317583,91
1	8	15-30	984	-11,837557	43,325695	373,1786	8690862,08	317604,34
1	9	20-25	985	-11,837816	43,325896	384,6313	8690833,56	317626,41
1	10	25-30	989	-11,837939	43,32611	382,6273	8690820,1	317649,81
1	11	25-30	850	-11,838203	43,326381	381,6921	8690791,07	317679,52
2	4	10-15	994	-11,839627	43,321849	327,0516	8690630,58	317186,63
2	5	15-30	995	-11,839844	43,322044	301,7265	8690606,71	317208,02
2	6	25-30	996	-11,840123	43,32225	305,2737	8690575,98	317230,65
2	7	25-30	997	-11,840252	43,322538	309,2876	8690561,9	317262,12
2	8	25-30	998	-11,840425	43,322828	320,2953	8690542,95	317293,84
2	9	10-15	999	-11,840534	43,323081	308,1415	8690531,06	317321,48
2	10	25-30	1000	-11,840765	43,323341	307,7644	8690505,67	317349,96
2	11	25-30	1001	-11,840957	43,323692	312,0256	8690484,66	317388,34
2	12	25-30	1002	-11,841111	43,323971	321,2617	8690467,81	317418,84
2	13	25-30	1003	-11,841428	43,32417	320,5351	8690432,88	317440,74
2	14	10-15	1004	-11,841617	43,324488	318,9877	8690412,18	317475,51
2	15	10-15	1005	-11,841841	43,324715	280,2577	8690387,55	317500,4

3	1	5-10	1009	-11,84459	43,320636	191,4124	8690080,78	317057,76
3	2	5-10	1010	-11,844505	43,32112	199,0308	8690090,5	317110,44
3	3	5-10	1011	-11,844698	43,321404	201,0705	8690069,33	317141,51
3	4	15-20	1012	-11,844731	43,32169	203,1827	8690065,87	317172,7
3	5	20-25	1013	-11,844839	43,321963	209,1746	8690054,1	317202,52
3	7	5-10	1015	-11,845424	43,322237	198,4281	8689989,57	317232,76
3	8	10-15	1016	-11,845558	43,322491	197,2101	8689974,91	317260,53
3	9	15-30	1017	-11,845666	43,322695	199,2621	8689963,1	317282,83
3	10	15-30	1018	-11,845612	43,322975	201,1208	8689969,26	317313,3
3	11	15-30	1019	-11,845958	43,323206	181,3957	8689931,13	317338,7
3	12	20-25	1020	-11,845955	43,323473	186,9568	8689931,64	317367,8
3	14	10-15	1022	-11,846186	43,324129	192,5117	8689906,52	317439,43
3	16	5-10	1041	-11,846505	43,324969	191,3905	8689871,78	317531,17

Annexe 4.4 : ***Graphiques de corrélations entre les facteurs associés à l'invasion des coulées.***

Corrélation ***entre (A) l'altitude et la distance aux agglomérations, de (B) l'altitude et la distance agroforêts, de (C) la distance aux agglomération et la distance aux agroforêts et de (D)la distance aux agroforêts et la distance aux agglomérations pour les trois coulées (Bois-blanc, Radiers et Singani).***



Annexe 5.1 : ***Liste des plantes exotiques envahissantes de la région Sud-Ouest de l'océan Indien.***

Espèce	**Comores**	**Mayotte**	**Madagascar**	**Maurice**	**Réunion**	**Rodrigues**	**Seychelles**	**Eparses**	**TAAF**
Abelmoschus moschatus		0	1	0	0	0	0		
Abrus precatorius	0			0	0	0	1		
Acacia auriculiformis	1	0	1	0	1	0			
Acacia concinna			0	1	0		1		
Acacia crassicarpa			1		0				
Acacia dealbata			1	0	1				
Acacia farnesiana	1	0	1		0	0	0	0	
Acacia mangium	1	0	1		0		1		
Acacia mearnsii			1		1		0		
Acacia nilotica			1	0	0	1			
Acacia tortilis			1		0				
Acanthospermum australe	0		1						
Acanthospermum hispidum	0	0	1	1	0	0			
Achyranthes aspera	1		1	0	0	0	1		
Adenanthera pavonina	1	0	0	1	0	0	1		
Aeschynomene americana	0	0	1	0	0		0		
Agave gp. americanae	0				1				
Agave sisalana	1	0	0	1	0		1	1	
Agave vivipara			1	0	0	0			
Ageratina riparia	0		0	1	1	0			
Ageratum conyzoides	0	0	1	1	0		0		
Agrostis capillaris			0		0				1
Agrostis stolonifera			0		0				1
Aira praecox									1
Albizia chinensis	1	0	1	0					

Albizia lebbeck	1	0	0	0	1	0	0	0	
Albizia saman	1	0	0	0	0	0	0		
Aleurites moluccanus	1	0	0	0	0	0	0		
Alocasia macrorrhizos	0	0	0		0		1		
Alstonia macrophylla				0			1		
Alternanthera pungens	0	0		0	0		0	1	
Alysicarpus vaginalis	1		0	0	0	0	0		
Amaranthus dubius	1		0	0	0	0	0		
Amaranthus spinosus	0		1	0	0	0		0	
Amaranthus viridis	0	0	0	0	0	0	0	1	
Anacardium occidentale	1	0	0	0	0		1		
Ananas comosus	0	0	0	0	0	0	1		
Ancylobothrys petersiana	1		0						
Annona squamosa	1	0	0	0	0	0	0		
Anthoxanthum odoratum	0		0	1	1				1
Antigonon leptopus	1	1		0	0	0	1	1	
Ardisia crenata			0	1	1		1		
Ardisia elliptica				1	0		1		
Argemone mexicana	0	0	1	0	0	0	0		
Arrhenatherum elatius				1	0				
Arrhenatherum elatius subsp. bulbosum									1
Arthraxon hispidus				1					
Artocarpus altilis	1	0	0	0	0	0	0		
Artocarpus heterophyllus	1	0	0	0	0	0	0		
Arundina graminifolia				0	1				
Asparagus setaceus	0	0		0	0		1		
Asystasia gangetica	0	0		0	0	1	0		
Asystasia gangetica subsp. micrantha	0			0	1	0			
Bambusa multiplex	1	0	0	0	0		0		

Bambusa vulgaris	0	1	1	0	0	0	1	0	
Barleria cristata				1	0	0	0		
Barleria oenotheroides	1								
Barleria prionitis			0	1	0	1	0		
Begonia cucullata var. spatulata	0			0	1				
Begonia diadema					1				
Begonia rex					1				
Bidens pilosa	1	0	0	0	0	0	0		
Boehmeria penduliflora				0	1				
Boerhavia diffusa	0	0	1	0	0				
Bothriochloa pertusa				1	0	0		1	
Brachiaria mutica				1	0	0	0		
Brachiaria umbellata	1			0					
Brassica juncea		0	0	1	0	0			
Breynia retusa	0			0	1				
Bridelia micrantha					1				
Brillantaisia owariensis				1	0		0		
Bromus cf. trichodes					1				
Brownlowia tersa	1								
Bryophyllum pinnatum	1	0		0	1	0	0		
Caesalpinia decapetala			1	0	1	0			
Caesalpinia pulcherrima	1	0	0	0	0	0	0		
Calophyllum soulattri				0	1				
Cananga odorata	1	0	0	0	0	0	1		
Canna glauca	0	0		1	0	0	0		
Canna indica	1	0	1		0		0		
Capsella bursa-pastoris			0	1	0				0
Carex leporina					1				
Carica papaya	0	0	0	0	0	0	1	1	
Castilla elastica	1	1	0	0					

Casuarina cunninghamiana			0	0	1				
Casuarina equisetifolia	1	0	1	0	1	0	1	1	
Casuarina glauca			0	0	1				
Catharanthus roseus	0	0	1	1	0	0	0	0	
Cecropia peltata			1		0				
Cenchrus clandestinus			0		1				
Cenchrus echinatus	0		0	1	0	0	0	0	
Centella asiatica	0		1	0	0	0	0		
Centrosema molle				1	0				
Centrosema virginianum				0	1				
Cerastium fontanum					0				1
Cerastium glomeratum	0		0	1	0				1
Cestrum elegans					1				
Chloris barbata	0	1	0	0	0	0		0	
Chromolaena odorata	0		1	1					
Chrysobalanus icaco				0	0	0	1		
Chrysophyllum cainito		0	0	0	0		1		
Cinnamomum verum	1	1	0	1	0		1		
Cirsium vulgare					1				1
Cissus quadrangularis	1	0	0	0	0		0		
Citrus aurantiifolia	0	0	1	0	0	0	0	0	
Citrus medica		0	1	0	0	0	0		
Citrus reticulata	1	0	0	0	0	0	0		
Citrus x aurantium	0		1	0	0	0	0		
Cleome hirta	0		1						
Clidemia hirta	1	1	1	1	1		1		
Cocculus orbiculatus					1				
Cocos nucifera	0	1	0	0	0	0	1	1	
Coffea arabica	0	1	0	0	0	0	0		
Coffea canephora	0	0					1		

Coffea liberica			0	0	0	0	1		
Coix lacryma-jobi	0	0	0	0	1	0	0		
Colocasia esculenta	0	1	0	0	1	0	1		
Combretum indicum	1	0		0	0	0	1		
Commelina benghalensis	0		1	0	0	0	0	0	
Commelina diffusa	1		1	0	0	0	0		
Conium maculatum									1
Consolea falcata					0			1	
Conyza sumatrensis	0			1	0	0			
Corchorus olitorius	0		1	0	0				
Cordia curassavica			0	1					
Cosmos caudatus	0		1	1	0		0		
Cosmos sulphureus	0		1	0	0		0		
Crocosmia x crocosmiiflora	0		0	1	1				
Crotalaria retusa	1	0	0	0	0	0	0		
Cuphea ignea				0	1				
Cyanthillium cinereum		0	0	0	0	0	0	1	
Cyclospermum leptophyllum	0			1	0	0			
Cynanchum callialatum	0			1	0		0		
Cyperus esculentus	1		1	0	0				
Cyperus involucratus		0		0	1				
Dactylis glomerata				0	0				1
Danthonia decumbens					1				
Datura stramonium	0		1	0	0		0		
Delonix regia	1	0		0	0	0	0	0	
Desmodium incanum	1	0	0	0	0	0	0		
Desmodium intortum	0				1				
Dichrostachys cinerea	1	0	0	0	1				
Dicranopteris linearis	1		1						
Dieffenbachia seguine	0	0		0	0		1		

Digitalis purpurea					1				
Dillenia suffruticosa							1		
Dioscorea alata	1	0	0	0	0	0	0		
Dioscorea bulbifera	0	0	0	0	0	0	1		
Diospyros nigra		0	0	0	1		0		
Dolichandra unguis-cati	0	0		0	1		1		
Drymaria cordata	1	0		0	0		0		
Duranta erecta	1	0			0		0		
Dypsis madagascariensis	0	0		1	0		0		
Echinochloa colona	1		0	0	0				
Eclipta prostrata	0	0	1	1	0	0			
Ehrharta stipoides			0		1				
Eichhornia crassipes	1	1	1	1	1	0	1		
Elephantopus mollis	1	0	1	1	0	0	0		
Elephantopus scaber	1		1			0			
Elymus repens									1
Entada gigas	1								
Entada rheedii	1			0	0	0			
Epilobium tetragonum									1
Epipremnum pinnatum	0	0		0	0		1		
Erigeron floribundus		0	1		0				
Erigeron karvinskianus	1			0	1		0		
Eriobotrya japonica		0	0	0	1		0		
Eucalyptus camaldulensis	1		0	0	0		0		
Eucalyptus robusta	1		1	0	0		0		
Eugenia brasiliensis	1	0	0	0	0		0		
Eugenia uniflora	1	0	0	1	0	0	0		
Euphorbia hirta	0	0		0	0	0	0	1	
Euphorbia prostrata	0	0	0	1	0	0	0	1	
Falcataria moluccana			0	0	1		1		

Festuca rubra									1
Flacourtia indica	0	0		1	0	0		1	
Flacourtia jangomas	0	0	0	1	0	0	0		
Flemingia macrophylla	0	0	1	0	0				
Flueggea virosa	0	0	0	1	0				
Fragaria vesca	0		0	0	1		0		
Fraxinus floribunda				0	1				
Fraxinus uhdei			1						
Fuchsia boliviana					1				
Fuchsia magellanica					1				
Fuchsia x exoniensis					1				
Furcraea foetida	1	1	0	1	1	1	1	1	
Galinsoga parviflora	0		1	1	0				
Geranium robertianum					1				
Gliricidia sepium	1	0	0	0	0	0	0		
Gnaphalium pensylvanicum				1	0	0			
Gomphocarpus physocarpus				0	0	1	0		
Gomphrena celosioides	0			1	0	0			
Gossypium hirsutum	0		0				0	1	
Grevillea banksii			1	0	0				
Haematoxylum campechianum			0	1	0	0	0		
Hedera helix				0	1				
Hedychium coccineum				0	1				
Hedychium coronarium			1	1	0		0		
Hedychium flavescens	1	0		1	0		0		
Hedychium gardnerianum	1		0	0	1	0			
Hevea brasiliensis			0		0	0	1		
Hibiscus surattensis	1	0		0	0		0		
Hippobroma longiflora	0	0	0	1	0	1	0		
Hiptage benghalensis				1	1		1		

Holcus lanatus					1				1
Homalanthus populifolius				1					
Hydrangea macrophylla	0			0	1		0		
Hyparrhenia rufa	0		0	1	0	0			
Hypochaeris radicata	0		0		1				0
Hyptis suaveolens	0		1	0	0				
Impatiens flaccida				1	0	0			
Impatiens walleriana				0	1		0		
Imperata cylindrica	1		1	0	0			0	
Indigofera suffruticosa	1	0	0	0	0	0	0		
Indigofera tinctoria	1	0	0	0	0	0	0	0	
Ipomoea alba	0	0	1	0	0	0	0		
Ipomoea pes-caprae	1		0	0					
Ipomoea quamoclit	1	0	0	0	0	0	0		
Ipomoea violacea				0		1			
Jatropha curcas	1	0	1	0	0	0	0		
Juncus bufonius				0	0				1
Juncus effusus									1
Justicia carnea					1				
Justicia gendarussa	0	0	0	1	1	1	1		
Kleinhovia hospita	1	0		0			0		
Lactuca indica	0		1	0	0		0		
Lantana camara	1	1	1	1	1	1	1	1	
Lantana montevidensis	1			0	0		0		
Launaea intybacea	1				0		0	0	
Lemna perpusilla	1				0	0	1		
Leonotis nepetifolia	0		1	0	0		0		
Leontodon saxatilis									1
Lepidium didymum	0		0	1	0	0			
Leucaena diversifolia	1		0		0				

Leucaena leucocephala	1	1	1	1	1	1	1	1	
Leucanthemum vulgare	0			0					1
Ligustrum ovalifolium			0	0	1				
Ligustrum robustum			1	1		1			
Ligustrum robustum subsp. walkeri			1	1	1	0			
Litsea glutinosa	1	1	1	1	1	1	1		
Litsea monopetala	0			1	0				
Livistona chinensis		0		1	1		0		
Lolium perenne									1
Lonicera confusa				1	0				
Lonicera japonica	0			0	1		1		
Lophospermum erubescens			0		1				
Luzula mannii var. gracilis					1				
Lygodium japonicum							1		
Maesa lanceolata			1						
Magnolia champaca		0	0	0	1		0		
Mangifera indica	0	0	0	1	0	0	0		
Marsilea minuta	1				0				
Megaskepasma erythrochlamys				1			0		
Melia azedarach		0	1	0	0	0	0		
Melilotus albus				1	0				
Melilotus indicus				1	0	1			
Melinis minutiflora	0			0	1				
Memecylon caeruleum							1		
Merremia dissecta			0		0		1		
Merremia peltata	1		1	0	1	0	1		
Merremia tuberosa		0		0	1	0			
Mikania micrantha	0			1	0				
Mimosa pigra	1		0	0	0				
Mimosa pudica	1	0	1	0	0	0	0		

Mimusops coriacea				0	0	1	0	0	
Mitracarpus hirtus	0		1				0		
Montanoa hibiscifolia			0	0	1				
Moringa oleifera	1	0	0	0	0	0	0	0	
Mucuna pruriens	1			0	0				
Murraya paniculata	0	0	0	1	1	0	0		
Nymphaea lotus	0			0	0		1		
Ochna ciliata				0	0		1		
Ochna kirkii					0		1		
Opuntia ficus-indica	0	0	1	0	0	0	0		
Opuntia monacantha	0		1	1	1	0			
Ossaea marginata				1					
Oxalis corniculata	0	0	0	1	0	0	0		0
Oxalis latifolia	0		0	1	0	0			
Panicum maximum		1	0	0	1	0	0	1	
Parthenium hysterophorus	1	0	1	0	0	0	0		
Paspalum conjugatum	0		1	1	0	0			
Paspalum paniculatum	0		0	0	1	0			
Paspalum urvillei				0	1				
Passiflora edulis		0	1	0	1	0	1		
Passiflora edulis f. flavicarpa	0	0		0	1	0			
Passiflora foetida	0	0	1	0	0	0	0		
Passiflora mollissima					1				
Passiflora suberosa	1	0	1	0	1	0	0	1	
Passiflora tarminiana					1				
Pentadesma butyracea			0				1		
Pentas lanceolata	1	0	0	0	0				
Persicaria capitata				0	1				
Persicaria chinensis	0				1				
Persicaria decipiens			0		1				

Phalaris arundinacea				1	0				
Philodendron hederaceum				0	0		1		
Phoenix dactylifera	0	0	0	1	0	0	0	0	
Phyllanthus amarus	0	0	1	0	0	0	0	0	
Physalis angulata	1	0	0	0	0		0		
Pinus kesiya			1						
Pinus patula			1		0				
Pinus pinaster			0		1				
Piper betle	1	1	0	0	0		0		
Pistia stratiotes	1	0	1		1		1		
Pithecellobium dulce	1	0	1	0	0	0	0	0	
Pityrogramma calomelanos var. aureoflava	0			0	1				
Plantago lanceolata	0		0	0	0	0			1
Plantago major			1	0	0	0	0		
Poa annua			0	0	1	0			1
Poa pratensis									1
Pogonatherum paniceum		0		0	1	0			
Polypogon monspeliensis				1		1			
Portulaca oleracea	0		1	0	0	0			
Potentilla indica				0	1				
Prosopis juliflora			0	0	1				
Prunella vulgaris					1				1
Psidium cattleianum	1	0	1	1	1	1	1		
Psidium guajava	1	0	1	0	0	0	0		
Pueraria montana	1								
Pueraria phaseoloides	0	0		0	0	0	1		
Ranunculus bulbosus					1				
Ranunculus repens									1
Raphia farinifera	0		0	1	0		0		

Ravenala madagascariensis	0	0		1	1	1	0		
Rhus longipes				0	1				
Richardia scabra	0		1						
Ricinus communis	1	0	1	0	0	0	1	1	
Rivina humilis		0		0	1		0		
Rotheca serrata				1	0		0		
Rubus alceifolius	1	1	1	1	1				
Rubus moluccanus			1						
Rubus rosifolius	1	0	1	1	1	0			
Ruellia brevifolia				1	1				
Rumex abyssinicus	0				1				
Rumex acetosella					1				0
Rumex acetosella subsp. pyrenaicus					1				
Rumex steudelii					1				
Sagina procumbens			0						1
Salvia coccinea			0	0	1	0	0		
Salvinia adnata	0	1	1	0	0				
Sandoricum koetjape				0	0		1		
Sansevieria canaliculata	0		1						
Sapindus saponaria	1	0	0	0	0		0		
Schinus terebinthifolia	0	0	1	1	1	0	0		
Sechium edule	0	0	0	0	1	0	0		
Senecio vulgaris					0				1
Senna didymobotrya			1	0					
Senna obtusifolia	1	0	0		0				
Senna occidentalis	1	0	0	0	0	0	0	0	
Senna siamea	1	0	0	0	0				
Sida pusilla				0				1	
Solanum americanum	0	0	0	0	0	0	0	1	
Solanum macrocarpon		0	1	0	0		0		

Solanum mauritianum	1	0	1	0	1				
Solanum myriacanthum	1								
Solanum torvum	1	0	1	0	0		0		
Sonchus oleraceus	0		1	0	0	0		0	1
Spathodea campanulata	1	0	0	0	0	0	1		
Spermacoce alata	0		1						
Sphaeropteris cooperi				1	1				
Spirodela punctata				0	1				
Spondias mombin			1		0				
Stachytarpheta indica			1	0	0				
Stachytarpheta jamaicensis	0	0	0	1	0	0	1	1	
Stachytarpheta urticifolia	0	0		0	0	0	1		
Stellaria media	0		0	0	0				1
Stellaria uliginosa									1
Stenotaphrum secundatum			1						
Striga asiatica	0		1	1	0	0	0	0	
Striga elegans			1						
Strobilanthes hamiltoniana				1	1				
Syngonium podophyllum	0	1		0	0		1		
Syzygium aromaticum	1	0	0	0	0		1		
Syzygium cumini	1	0	0	0	1	0	0		
Syzygium jambos	1	1	1	1	1	1	1		
Tabebuia pallida		0		1	0	1	1	0	
Tagetes erecta	0	0	1	0	0	0	0		
Taraxacum erythrospermum									1
Taraxacum sect. Ruderalia	0				1				1
Tecoma stans	1	0	0	0	1	0	0		
Tectona grandis	1	0	0	0	0	0	0		
Teramnus labialis	1	0			0	0			
Terminalia catappa	1		0	0	0	0		0	

Tetragonia tetragonioides	0		0	0	1	0			
Tetrapanax papyrifer				0	1				
Thelepogon elegans			1						
Thunbergia fragrans			0	0	0	1	0		
Thunbergia grandiflora	0	0	0	1	0	0	1		
Tibouchina urvilleana	0	0		0	1				
Tithonia diversifolia	0	0	1	0	0	0	0		
Trema orientalis			0	0	1				
Tribulus cistoides	1	0	0	0	0		0	0	
Tribulus parvispinus								1	
Tridax procumbens	0	0	1	0	0	0	0	1	
Trifolium dubium			0		0				1
Trifolium glomeratum									1
Trifolium repens			0	0	0				1
Triphasia trifolia				0	1	0	0		
Turnera ulmifolia	1	0	0	0	0		0		
Ulex europaeus			0	1	1				
Urena lobata	1	1	0						
Urena sinuata			1				0		
Verbascum thapsus					1				
Vitex doniana	0			0	0		1		
Vulpia bromoides				0	0				1
Wikstroemia indica				1		1	0		
Youngia japonica	0	0	0	1	0	0	0		
Zaleya camillei								1	
Zantedeschia aethiopica		0		0	1				
Ziziphus jujuba		0	1	0	0	0	0		

Annexe 5.2 : ***Charte de bonne conduite sur la gestion des plantes invasives dans la zone du Sud-Ouest de l'océan Indien.***

Préambule

Conscients de la valeur de la diversité biologique et de ses éléments constitutifs ;

Affirmant la nécessité de préserver les milieux naturels ;

Préoccupés par la menace que constituent à ce titre les plantes invasives ;

Conscients du caractère commun de cette menace dans la zone océan Indien ;

Réaffirmant la nécessité d'adopter des règles opérationnelles harmonisées en vue d'une gestion efficace de cette menace ;

Soulignant les lacunes existantes en la matière d'un point de vue régional ;

Rappelant les spécificités propres à chaque territoire, notamment sur le plan juridique[1] ;

Les participants à l'Atelier régional de biosécurité sur les plantes invasives, tenu du 27 au 29 septembre 2017 à l'Île de La Réunion, expriment leur volonté commune d'adopter une stratégie régionale d'action contre les plantes invasives et adoptent la présente Charte de bonnes conduites comme outil préliminaire à sa mise en œuvre.

1. Objectifs

1.1. La Charte vise à protéger les milieux naturels face aux menaces posées par les plantes invasives dans la zone océan Indien.

1.2. Elle a pour objectif principal d'établir une stratégie régionale d'action contre les plantes invasives, dans le respect du cadre légal et règlementaire des territoires de la zone, en comblant, le cas échéant, leurs lacunes en termes de coopération régionale sur le sujet.

1.3. Elle contribue à instituer une approche harmonisée, participative et volontaire permettant d'améliorer la connaissance et la gestion des plantes invasives.

2. Champ d'application

[1] Voir le rapport « Peyen 2018 Cadre réglementaire aux plantes exotiques dans la zone Sud-Ouest de l'océan Indien. EPI-BIO, disponible sur http.

2.1. La Charte a vocation à s'appliquer dans la zone océan Indien telle que circonscrite au point 2.2.

2.2. La zone océan Indien, dans la présente Charte, concerne spécifiquement les territoires de La Réunion, de Madagascar, de Maurice, de Mayotte, des Seychelles, des Terres australes et antarctiques françaises, ainsi que de l'Union des Comores.

3. Emploi des termes

3.1. Aux fins de la présente Charte, on entend par :

- Alerte : signalement visant à informer les autorités compétentes de l'introduction, de la détection ou de l'expansion de plantes exotiques émergentes
- Analyse de risque : Evaluation des risques environnementaux, économiques et sanitaires liées à l'introduction d'une espèce exotique
- Gestion : ensemble d'interventions mises en place afin de prévenir, éradiquer et contrôler les plantes invasives
- Menace : risque d'impact environnemental, économique et sanitaire des plantes invasives
- Milieu naturel : écosystème dominé par des espèces indigènes
- Plante invasive : plante exotique introduite intentionnellement ou non par l'homme qui se reproduit et se propage dans les milieux naturels espèces exotiques, en modifiant (même potentiellement) la composition, la structure ou le fonctionnement de ces milieux.
- Surveillance : Activité de veille afin de détecter toute nouvelle introduction de plante exotique dans un territoire.

4. Principe de partage

4.1. La Charte est guidée par un principe de partage, essentiel à sa mise en œuvre et inspirant l'ensemble de ses dispositions.

4.2. Les participants s'engagent à partager toute information à leur disposition et permettant la mise en œuvre de la présente Charte.

4.3. S'agissant des espèces identifiées conformément au point 5, ces informations concernent, entre autres :

- Les données écologiques et biologiques ;
- L'aire de répartition ainsi que les changements éventuels de répartition ;
- Les moyens d'introduction et de propagation ;
- Les mesures de gestion, y compris de lutte biologique, en termes de techniques, coûts, difficultés rencontrées, retours d'expérience, efficacité et organisme(s) en charge ;

- L'évolution de la situation après la mise en œuvre des mesures de gestion ;
- Les appuis éventuels, notamment sur les plans financiers et techniques ;
- Les coordonnées et références des responsables des actions de lutte ;
- Toute autre information permettant la gestion desdites espèces.

5. Identification des espèces

5.1. Il importe d'identifier les espèces qui constituent des plantes invasives dans la zone océan Indien.

5.2. Les espèces identifiées sont répertoriées dans une liste régionale en accès libre sur le site Bio&Agri. Une version simplifiée figure en annexe de la présente Charte.

5.3. L'identification est réalisée sur la base de critères communs établissant un statut d'invasion harmonisé dans les territoires concernés. Elle s'appuie notamment sur les listes de références et/ou officielles de chaque territoire.

5.4. Cette identification décrit les espèces concernées. Elle inclut des informations sur l'écologie, les aires de répartition, les usages, ainsi que les impacts dans les différents territoires de la zone. Une espèce pouvant être envahissante sur un ou plusieurs de ces territoires, tout en étant présente sur un ou plusieurs autres, il est nécessaire de prendre en compte leurs spécificités et de différencier leur statut en fonction des territoires.

5.5. La liste régionale des espèces identifiées permettra de conduire une analyse de risques et le classement des espèces conformément au point 6.

5.6. La liste régionale est dynamique. Elle sera actualisée par les participants en fonction des connaissances nouvelles et après concertation.

6. Analyse des risques et classement

6.1. Il importe d'analyser les risques d'invasion en milieu naturel propres à chaque espèce compte tenu du fait que, si elles peuvent être présentes sur différents territoires, elles ne constituent pas sur chacun d'eux des plantes invasives.

6.2. Cette analyse des risques sert au classement de ces espèces en fonction de leurs spécificités. Elle permet, sur le fondement de la liste mentionnée au point 5.2, de voir dans quelle mesure ces espèces présentent un risque pour les différents territoires de la zone. Elle contribue à l'édification d'une stratégie régionale d'action contre les plantes invasives.

6.3. Le classement mentionné au point 6.2 permet notamment de voir quelles sont les espèces à l'encontre desquelles il est impératif d'adopter des mesures particulières.

6.4. Ces listes sont évolutives : elles doivent être actualisées de manière à assurer leur efficacité comme outil de communication. Chaque participant peut, entre autres, proposer la création, la fusion ou la suppression de liste(s), l'inscription d'une espèce nouvelle sur l'une ou plusieurs de ces listes, des amendements aux informations y figurant, ou même, s'il en est besoin, le retrait d'une espèce de l'une de ces listes.

6.5. Ce processus d'analyse des risques et de classement, quelles que soit ces étapes, repose sur une approche scientifique et une démarche de concertation préalable.

7. Prévention, surveillance et alerte

7.1. Une approche préventive du risque d'invasion sera concrétisée notamment par des mesures coordonnées de surveillance et d'alerte.

7.2. Le système de surveillance et d'alerte, continu, s'appuiera sur le système de liste mentionné au point 6.5.

7.3. La surveillance permettra la détection précoce de nouvelles menaces, qu'il s'agisse d'une nouvelle introduction, d'un changement de statut d'invasibilité ou d'un changement d'aire de répartition. Elle permet le suivi de la situation dans la zone, qu'il soit question d'une amélioration ou d'une détérioration.

7.4. Les participants assureront un relais de l'information vers le réseau régional afin d'alimenter un système d'alerte régional efficace. Ils s'engagent à notifier, dans les plus brefs délais, tout changement mentionné au point 7.3.

7.5. Les modalités opérationnelles de ce partage d'informations relatives à la surveillance et à l'alerte sont à établir par les participants. Elles pourront être hébergées, à terme, par une plateforme régionale.

8. Contrôle et lutte

8.1. Les participants se concertent pour toute action de contrôle et de lutte, en particulier de lutte biologique, à mettre en œuvre à l'encontre de l'une des espèces figurant sur l'une des listes mentionnées au point 6.5. Ils déterminent ensemble les stratégies, y compris préventives et mentionnées notamment au point 7, à mettre en œuvre notamment au niveau régional pour permettre la gestion de ces espèces.

8.2. Ce processus repose sur une démarche de concertation préalable. Ainsi, chaque participant formule des remarques sur les propositions faites afin de parvenir, après discussions, aux mesures les plus efficaces possibles, et ce, tout en tenant compte des spécificités propres à chaque territoire.

8.3. Conformément au point 4, les participants s'engagent à échanger toute information et technique permettant la réalisation des actions de contrôle et de lutte.

9. Communication

9.1. Conformément au principe de partage évoqué au point 4, les participants communiquent afin de permettre la concrétisation des objectifs mentionnés au point 1.

9.2. Des actions de communication adaptées seront développées pour faciliter la mise en œuvre des mesures dont la Charte encourage la mise en place. Les participants définissent ensemble les moyens de communication, les informations à communiquer ainsi que les destinataires de ces informations.

9.3. Ces actions de communication sont notamment menées auprès :

- des acteurs de terrains, qui mettent en œuvre concrètement les mesures retenues et évoquées aux points 7 et 8.
- des entités investies d'un pouvoir décisionnel, qui peuvent notamment intervenir pour combler les lacunes existantes au niveau règlementaire.

9.4. Des outils de communication peuvent également être créés.

9.5. Les participants expriment le souhait d'enrichir ces informations afin de produire une base de données permettant de développer du matériel de formation et de vulgarisation.

10. Gouvernance et mise en place d'un réseau

10.1. Les participants soutiennent la création d'un réseau régional de lutte contre les plantes invasives dans la zone océan Indien.

Annexe 5.3 : *Identification des Zones Naturelles à Enjeux Patrimoniales (Hassami-Mohamed et al. 2019).*

Résumé

L'Union des Comores fait partie des 20 *hotspots* de biodiversité insulaire, en termes de priorités de conservation globale. Le massif forestier de La Grille (Grande Comore) contient des reliques forestières en faible altitude largement cultivées en sous-bois à l'exception de certaines reliques bien conservées grâce à leur inaccessibilité à l'Homme. En effet, les activités anthropiques notamment l'agroforesterie et le déboisement ainsi que les invasions biologiques sont parmi les menaces principales causant la perte de la biodiversité aux Comores. Afin de sauvegarder le patrimoine naturel de cet archipel, une méthodologie rapide et répétable est proposée pour identifier les Zones Naturelles à Enjeu Patrimonial (ZNEP) sur le massif de La Grille. La méthodologie a été définie à partir de la méthodologie ZNIEFF. En premier lieu, une cartographie géomorphologique et une cartographie par photo-interprétation de l'occupation du sol du massif de La Grille ont été réalisées. En deuxième lieu, une prospection de l'état de conservation a été effectuée. Enfin, une cartographie et une classification des ZNEP ont été réalisées. Le massif de La Grille comporte des reliques avec un recouvrement indigène en canopée compris entre 35 et 65 % et un degré d'invasion du sous-bois entre 10 et 45 %. L'importance patrimoniale du massif de La Grille (habitats et espèces), ainsi que l'évaluation de son état de conservation (le recouvrement global en canopée et l'occupation du sol), son degré d'invasion et sa géomorphologie ont permis d'identifier et de classifier d'une façon rapide et répétable les zones à enjeu patrimonial (ZNEP). Au final, sept ZNEP ont été identifiées, dont quatre sont de type I et trois de type II. Les paramètres utilisés sont considérés comme les critères indispensables pour l'identification et la délimitation des ZNEP. Toutefois, il serait important de réaliser plus de relevés forestiers en prenant en compte d'autres critères tels que : la faune et l'identification de zones importantes pour les étapes du cycle de vie des espèces. Au final, ces relevés forestiers permettraient d'améliorer et de valider la cartographie préliminaire des ZNEP, d'élaborer un outil de connaissance du massif de La Grille et d'identifier les zones à fort enjeu patrimonial prioritaires à conserver.

Annexe 5.4 : ***Liste des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes identifiées lors des enquêtes ethnobotaniques et sociologiques auprès des populations riveraines des villages avoisinant le mont Karthala à La Grande Comore.***

Nom local	Famille	Nom scientifique	Utilisation	Village	TOTAL	
					NBR	IC
Mtsongoma	Myrtaceae	*Psidium cattleyanum*	Bois d'œuvre Construction Alimentaire Artisanales Bois de chauffe Pâturage	BAD BAH BOU DAW DJO DZA IRO IDJ KAN MDJ MKA MVO NKO NTS MOH	15	94,12%
Mbera chizungu / Pera marashi	Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Bois d'œuvre Construction Alimentaire Artisanales Bois de chauffe	BAD BAH BOU DAW DJO DZA IRO MKA MVO NKO MOH	11	52,94%
Sanamaka	Fababaceae	*Senna occidentalis*	Médicinale	BAD BAH DAW DJO IRO MVO NKO NTS MOH	8	47,06%
Singuiziwu massera	Zingiberaceae	*Hedychium flavescens*		BAD BOU	9	32,35%

			Médicinale	DAW DJO IRO MKA MVO NKO NTS		
Framboize / Ronesa	Rosaceae	*Rubus rosifolius*	Alimentaire Médicinale	BAH BAD DJO MVO NKO MOH	6	32,35%
Desire/ Ntrunda dzaha	Melastomaceae	*Clidemia hirta*	Alimentaire Médicinale	BAH DAW DJO DZA IDJ MDJ MKA NKO MOH	9	25,00%
Tramba mzungu	Verbenaceae	*Lantana camara*	Alimentaire Médicinale	BAD BAH BOU DAW DJO DZA IDJ MVO NKO MOH	10	18,52%
Isambaha	Fabaceae	*Mimosa diplotricha*	Médicinale	BAD BAH	2	10,29%
Ntsohowo	Asteraceae	*Bidens pilosa*	Médicinale	DJO MDJ MVO NKO NTS	5	3,70%
Pumbu nkude	Fabaceae	*Vigna radiata*	Alimentaire Fourrage	BOU IRO	2	3%

Mpephu	Fabaceae	*Senna alata*	Médicinale	NKO DAW DJO	3	2,94%
Tsidjiziwu massera	Verbenaceae	*Stachytarpheta urticifolia*	Médicinale	DJO MDJ MVO NKO NTS	5	2%
Gwélouzi / Pouzi	Convolvulaceae	*Merremia peltata*	Médicinale	DJO MKA	2	-
Ntsohoziba	Amaranthaceae	*Achyranthes aspera*	Alimentaire	NKO	1	-
Canavalier	Asteraceae	*Tithonia diversifolia*	Médicinale	MVO	1	-
Mbabawunandzo	Sapindaceae	*Cardiospernum halicacabum*	Médicinale	BAH	1	-
Djangani	Cleomaceae	*Cleome viscosa*	Médicinale	MVO	1	-
Mgliricidia	Fabaceae	*Gliricidia sepium*	Fourrage Artisanale	DAW	1	-
Mamani	Crassulaceae	*Kalanchoe pinnata*	Médicinale	TSI	1	-
Ntruda djizi	Melastomaceae	*Tristemma mauritianum*	Alimentaire Médicinale	NKO	1	-
Fatruyi	Fabaceae	*Abrus precatorus*	Sacrée	BOU	1	-

Code des villages : BAD (Bandadaweni) ; BAH (Bahani) ; BOU (Boueni); DAW (Daweni) ; DJO (Djoumoichongo) ; IRO (Irohe) ; IDJ (Idjikoundzi) ; MKA (Mkazi) ; MDJ (Mdjoiezi) ; MVO (Mvouni) ; NKO (Nkourani-sima) ; NTS (Ntsinimoichongo) ; MOH (Mohoro) ; DZA (Dzahani) ; KAN (Kandzile).

Annexe 5.5 : ***Patrons de dispersion des espèces de la végétation pionnière des coulées de lave de La Grande Comore et de La Réunion.***