

Structure et composition de forêts tropicales humides envahies par des arbres introduits sur l'île de Moorea (Polynésie française)

Valentine ANSTETT, Ecole Pratique des Hautes Etudes - PSL

valentine.anstett@etu.ephe.psl.eu



Encadrement : Jean-Yves MEYER (Dr.)

Délégation à la Recherche de la Polynésie française
Bâtiment du Gouvernement, avenue Pouvanaa a Oopa
B.P. 20981, 98713 Papeete, Tahiti, Polynésie française
&

Tara SEELY (PhD. Candidate)

University of California, Berkeley, College of Natural Resources, Battles Lab (Forest Ecology & Ecosystem Dynamics), 351 Hilgard Hall, San Francisco, USA



École Pratique
des Hautes Études

PSL 



Résumé : Les forêts tropicales humides insulaires, caractérisées par un endémisme fort et une diversité spécifique faible, sont extrêmement vulnérables face aux espèces introduites envahissantes. Afin de décrire la structure et la composition de forêts tropicales humides sur l'île de Moorea en Polynésie française et d'évaluer l'impact de deux arbres très envahissants, *Miconia calvescens* et *Spathodea campanulata*, nous avons mesuré le dbh de l'ensemble des ligneux (dbh > 1 cm) ainsi que le recouvrement des plantes et plantules des différentes strates dans 20 quadrats de 2x2m installés sur 10 stations réparties sur un gradient d'altitude et à des stades d'invasions différents. Nos résultats montrent que *Miconia* est dominant en nombre de tiges et en recouvrement dans les strates herbacées et arbustives et que *Spathodea* présente un faible nombre d'individus mais avec une surface terrière importante. *Miconia* semble avoir un impact négatif sur les plantes indigènes et endémiques de la strate herbacée et est donc l'espèce invasive sur laquelle les efforts de lutte doivent être concentrés.

Mots clés : Espèce introduite envahissante, forêt tropicale humide, endémisme, île

Abstract: *Structure and composition of tropical rainforests invaded by alien trees in the island of Moorea (French Polynesia)*

Tropical island rainforests, characterized by high endemism and low species diversity, are extremely vulnerable to invasive alien species. In order to describe the structure and composition of tropical rainforests on the island of Moorea in French Polynesia and to assess the impact of two highly invasive trees, *Miconia calvescens* and *Spathodea campanulata*, we measured the dbh of all woody plants (dbh > 1 cm) as well as the cover of plants and seedlings of the different strata in 20 quadrats of 2x2m set up in 10 plots along an altitudinal gradient and with different stages of invasion. Our results show that *Miconia* is dominant in number of stems and in cover in the herbaceous and understory strata and that *Spathodea* has a low number of individuals but with a very important basal area. *Miconia* seems to have a negative impact on native and endemic plants of the herbaceous stratum and is therefore the invasive species on which control efforts should be focused.

Keywords: Invasive alien species, tropical rainforest, endemism, island

Introduction

Les forêts tropicales qui représentent 7% de la surface terrestre (Pelissier, 2010) font partie des écosystèmes les plus riches et les plus complexes du globe, abritant ainsi environ 50% des espèces vivantes actuelles (Pelissier, 2010). Dans les îles, elles sont caractérisées par une richesse en espèces végétales et animales endémique très élevée mais une diversité spécifique relativement basse. Les forêts tropicales insulaire sont extrêmement vulnérables face aux différentes menaces, notamment les espèces introduites (exotiques, allochtones) envahissantes (invasives).

Sur les îles de Tahiti et de Moorea en Polynésie française, le fléau des forêts tropicales humides est le petit arbre invasif *Miconia calvescens* introduit à Tahiti en 1937 comme plante ornementale. Il s'agit d'un petit arbre mesurant entre 6 et 12 m de la famille des Melastomataceae avec de grandes feuilles à revers violet intense, originaires des forêts tropicales d'Amérique centrale et du Sud. Après son introduction, la plante s'est rapidement répandue et a colonisé l'île jusqu'à couvrir la majeure partie des forêts jusqu'à 1200 m d'altitude (Meyer & Florence 1996). *Miconia* forme des sub-canopées assez denses qui bloquent la lumière empêchant la croissance des autres plantes en sous-bois. Les forêts tropicales humides de Tahiti et Moorea sont également envahies par le tulipier du gabon *Spathodea campanulata*, un grand arbre au tronc impressionnant, de la famille des Bignoniaceae, originaire d'Afrique de l'Ouest et Centrale, aux grandes fleurs de couleur orange, également introduit comme arbre ornemental dans les années 1930 (Meyer & Florence, 1996). Son tronc peut atteindre un diamètre d'environ 1m75 et sa hauteur plus de 30 m (Larrue *et al.*, 2016), ce qui est bien plus haut que la canopée des forêts naturelles polynésiennes.

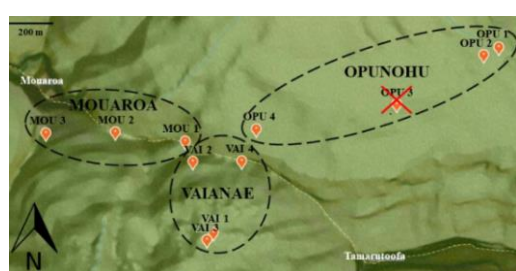
Il est donc légitime de se questionner sur l'impact de ces deux espèces envahissantes sur les plantes indigènes et endémique du sous-bois. Ce travail s'inscrit dans une collaboration avec Tara SEELY dont la thèse de doctorat porte sur la modélisation de l'impact de l'invasion de *Miconia calvescens* dans les forêts tropicales humides de Moorea à l'aide d'un Lidar ("Laser Imaging Detection And Ranging") terrestre.

Ce stage a deux objectifs précis : le premier est de décrire la structure et la composition dans différentes forêts tropicales humides de l'île de Moorea envahies par *Spathodea* et *Miconia*, tandis que le second est d'évaluer l'impact de ces deux arbres en fonction des strates (herbacée, arbustive). L'une de nos hypothèses est l'appauvrissement des différentes strates, accompagné d'une perte de diversité due au manque de lumière liées à l'invasion de ces arbres introduits fermant la canopée et la sous canopée.

Matériels et méthodes

1- Sites d'étude

L'étude a été menée sur dix stations ou parcelles permanentes installées sur l'île de Moorea il y a une quinzaine d'années à des altitudes différentes et avec des degrés d'invasion de *Miconia* variables (Chevillotte *et al.*, 2014). Trois parcelles se trouvent dans la vallée de Opunohu (OPU1, OPU2, OPU4), trois sur la crête du mont Mouaroa (MOU1, MOU2, MOU3) et quatre dans la vallée de Vaianae (VAI1, VAI2, VAI3, VAI4) (Fig. 1). Les parcelles 20x20 m se trouvent globalement assez éloignées du sentier afin d'éviter les perturbations anthropiques causées, notamment, par l'aménagement du sentier de randonnée.



Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Invasion <i>Miconia</i>
OPU1	149°82'36''W	17°54'34''S	250	Faible
OPU2	149°82'99''W	17°54'37''S	230	Faible
OPU4	149°83'96''W	17°54'68''S	300	Moyenne
VAI1	149°84'14''W	17°55'12''S	250	Forte
VAI2	149°84'23''W	17°54'82''S	320	Moyenne
VAI3	149°84'17''W	17°55'15''S	230	Forte
VAI4	149°84'03''W	17°54'82''S	380	Forte
MOU1	149°84'26''W	17°54'74''S	420	Moyenne
MOU2	149°84'56''W	17°54'70''S	480	Forte
MOU3	149°84'86''W	17°54'70''S	500	Forte

Figure 1 : Carte de localisation des stations sur l'île de Moorea et tableau des caractéristiques des différentes stations (d'après Mazoyer, 2018)

2- Acquisition des données

Le protocole expérimental a été pensé et adapté pour une future comparaison avec les données obtenues par le LiDAR terrestre. En effet, le LiDAR est capable d'identifier *Miconia* grâce à ses grandes feuilles mais probablement pas les autres ligneux.

Ainsi sur toutes les stations d'étude, 20 quadrats de 2x2m ont été mis en place de chaque côté de la ligne médiane de la parcelle (Fig. 2). La couverture végétale herbacée (< 1m) est relevée dans chaque quadrats, en notant les pourcentages totaux de recouvrement ainsi que le pourcentage de recouvrement par espèce. Nous avons évalué à l'œil au centre de chaque quadrats, le pourcentage de recouvrement du sous-bois et de la canopée ainsi que les espèces dominantes.

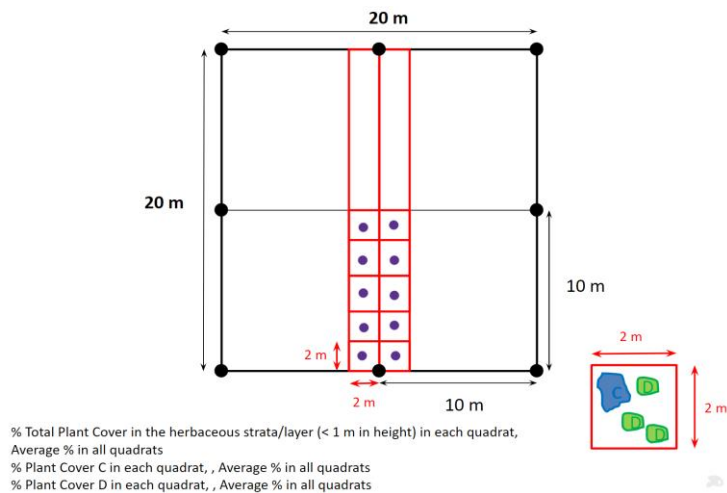


Figure 2 : Disposition des quadrats sur les parcelles et méthode d'évaluation visuelle du recouvrement dans la strate herbacée. Les points violets correspondent aux emplacements d'où ont été observés les strates supérieures.

Le dbh ("diameter at breast high") ou dhp ("diamètre à hauteur de poitrine") supérieur ou égal à 1 cm de tous les ligneux a été mesuré dans chacun des quadrats, sauf sur les parcelles OPU1, MOU1 et VAI1 où ils ont été mesurés sur l'intégralité de la surface des parcelles (20x20m) et non uniquement sur la surface des quadrats.

Enfin, le pourcentage de couverture de la canopée, de la sub-canopée et du sous-bois (« understory ») ont été évalués sur 13 points de chacune des 10 parcelles, et le nom des espèces dominantes sont relevés à chacune des strates sur ces 13 points (Fig. 3).

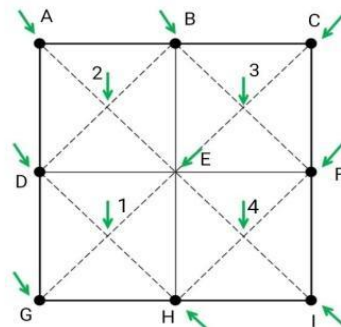


Figure 3 : Disposition des points d'observation de la couverture en canopée, sous-canopée et sous-bois sur les parcelles.

3- Analyse des données

Des graphiques sous Excel ont été réalisés pour représenter visuellement les données qui ont ensuite été analysées statistiquement à l'aide du logiciel R et de l'extension Rcmdr. Des tests de corrélation de Kendall ont été faits car les données ne répondaient pas à la condition de normalité. Nous avons également calculé l'indice de Shannon ainsi que l'indice d'équitabilité

de Piélou qui renseigne sur l'équitabilité d'abondance entre les différentes espèces prises en compte. L'indice de Shannon est l'indice de diversité écologique qui permet de prendre en compte plus finement les espèces rares, ce qui est intéressant pour notre étude avec la présence d'espèces endémiques parfois peu communes.

Résultats

1- Structure et composition des forêts

La figure 4 montre que lorsque le *Miconia* est présent sur une station, sa densité de tiges est globalement beaucoup plus élevée que celle des autres espèces. Cependant, sur la plupart des stations malgré une très forte densité de tiges de *Miconia*, une forte diversité semble être présente.

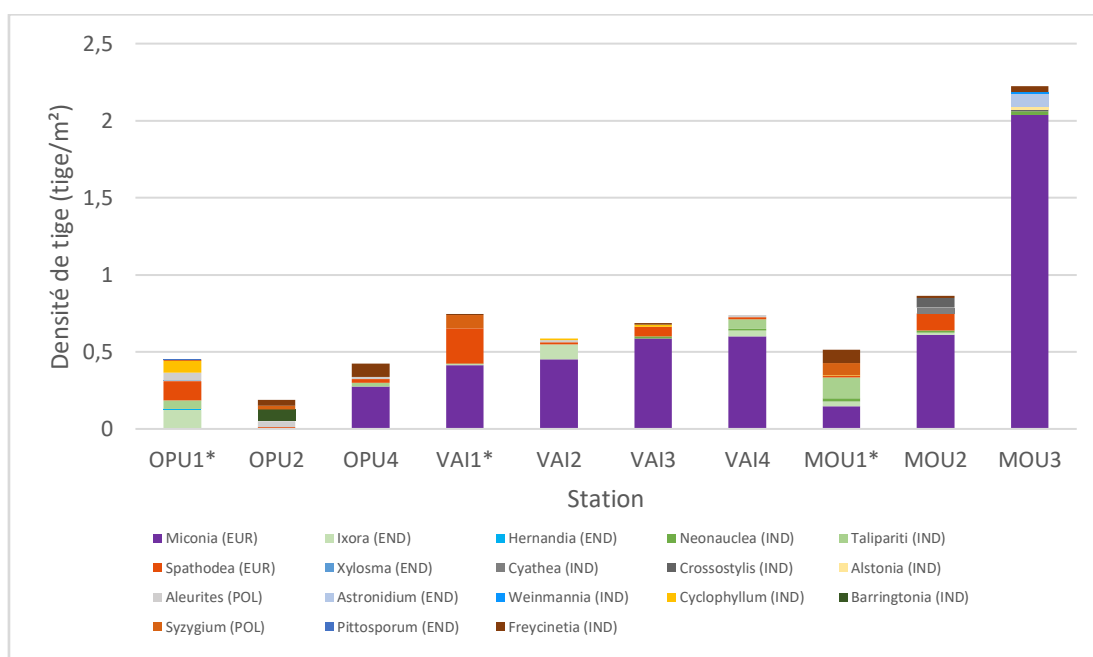


Figure 4 : Densité de tiges (tiges/m²) par espèce sur les 10 parcelles d'étude. (*) Les parcelles OPU1, VAI1 et MOU1 ont une surface de 400m² tandis que celle des autres est de 80m². Sur les parcelles OPU1 et OPU2, les *Miconia* ont été éliminés par l'association Moorea Biodiversité.

La surface terrière *Spathodea* est largement supérieure à celle des autres espèces présentes sur toutes les stations (Fig. 5) sauf en MOU3, où il n'y a pas de *Spathodea*. Le reste des surfaces terrières n'est pas également répartie entre les différentes espèces. On remarque des dominances particulières selon les parcelles.

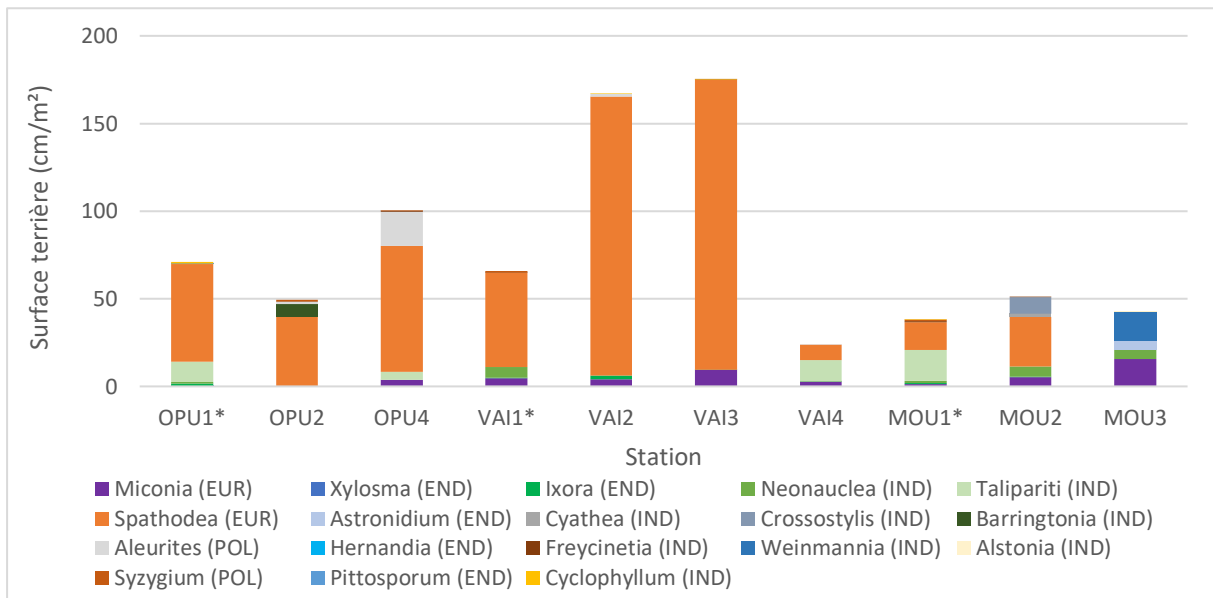


Figure 5 : Surface terrière (cm/m²) par espèce sur les 10 parcelles d'étude. (*) Les parcelles OPU1, VAI1 et MOU1 ont une surface de 400m² tandis que celle des autres est de 80m². Sur les parcelles OPU1 et OPU2, les Miconia ont été éliminés par l'association Moorea Biodiversité.

Sur la figure 6, lorsque le pourcentage de plantules de *Miconia* dans la strate herbacée est élevé, l'indice de Shannon chute légèrement mais reste proche de la valeur qu'il a pour des stations peu envahies. On observe également un pic de l'indice de Shannon dans la station MOU1. En effet, l'indice de Shannon en MOU1 est très proche de 1, ce qui montre une forte diversité spécifique avec une abondance équitable entre chaque espèces sur cette parcelle.

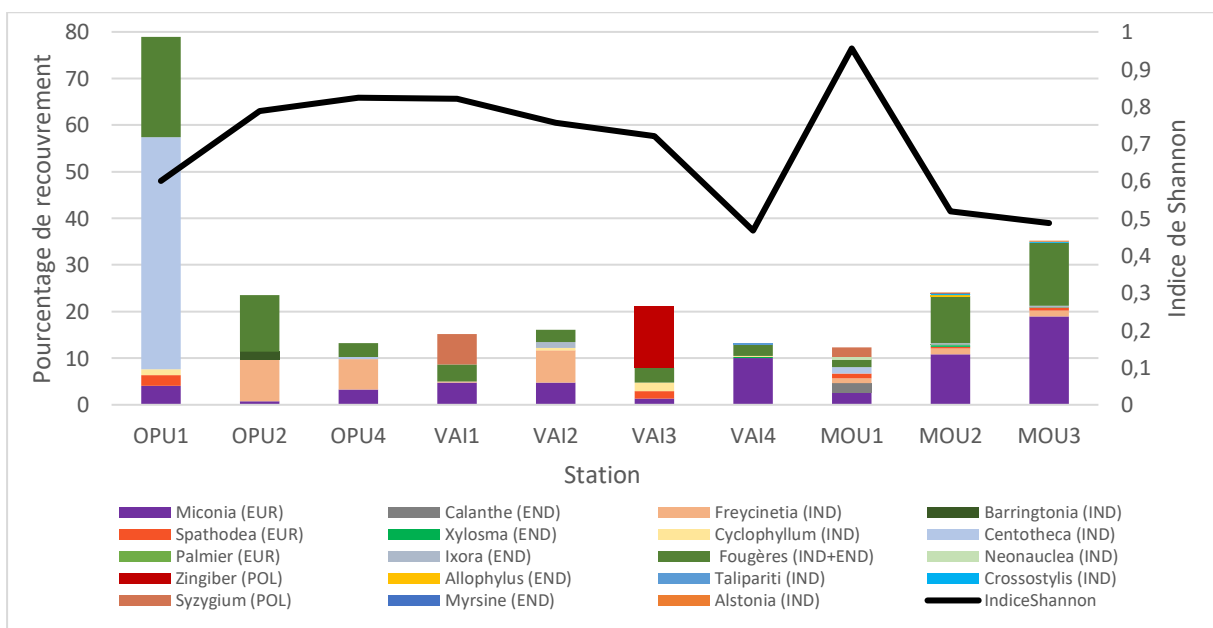


Figure 6 : Pourcentage moyen de recouvrement dans la strate herbacée des quadrats sur les 10 parcelles (80m²) en fonction des espèces et avec l'indice de Shannon associé. (EUR) : Introduction européenne ; (POL) : Introduction polynésienne ; (END) : Endémique ; (IND) : Indigène.

En sous-bois (Fig. 7.A), on voit que *Spathodea* est très peu présent alors que *Miconia* semble augmenter avec l'altitude. Pour la canopée (Fig 7.B), plus l'altitude augmente, moins *Spathodea* réussissent à se développer et plus *Miconia* se développent et sont abondants. La courbe des espèces indigènes et endémiques ne présente pas de tendance particulière sur ces altitudes.

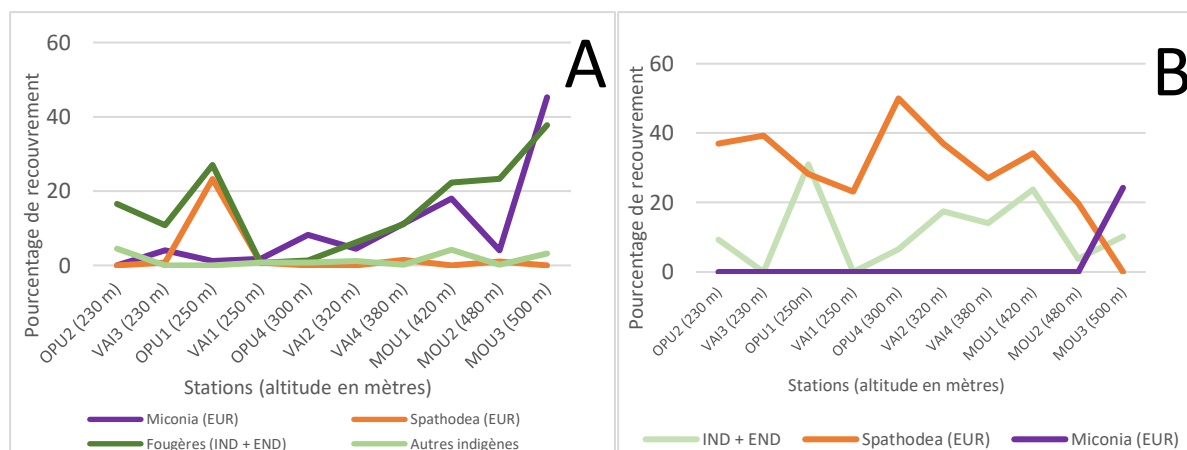


Figure 7 : Pourcentage moyen de recouvrement en sous-bois (>1-3 m) (A) et en canopée (> 10m) (B) dans les quadrats (80m²) sur les 10 parcelles en fonction des espèces. Ces observations sont faites sur les points au centre des quadrats (Fig. 1).

2- Impact des arbres envahissants

Le graphique d'AFC (Fig. 8) a mis en avant une corrélation négative entre le pourcentage de *Miconia* en sub-canopée et le pourcentage moyen de recouvrement total de la strate herbacée. Cette AFC a aussi mis en évidence le fait que la manière dont ont été originellement regroupées les différentes stations (VAI, MOU et OPU) est peut-être à revoir (Annexe 1). En effet, les stations OPU4, VAI2 et MOU1 semblent former un premier groupe, le deuxième est formé de MOU2 et MOU3, le troisième de VAI1, VAI3 et VAI et enfin OPU1 et OPU2 semblent être seuls.

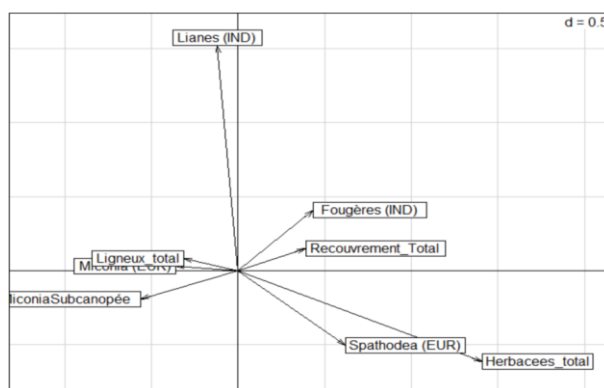


Figure 8 : AFC (Analyse Factorielle en Composantes) sur le pourcentage moyen de recouvrement herbacé dans les quadrats (80 m²) sur les 10 parcelles. Le pourcentage de *Miconia* en sub-canopée est le pourcentage moyen sur les stations (400m²) fait à partir des mesures prises sur les 13 points.

Pour les figures qui suivent (Fig. 9 et 10), la surface terrière et le nombre de tiges ont été calculées sur la totalité des stations OPU1, VAI1 et MOU1 (400m²) tandis que pour les autres stations, cela a été calculé sur la surface des quadrats (80m²). Le *tau* à une valeur comprise entre -1 et 1, s'il s'approche de 1, on peut supposer l'existence d'une corrélation positive, s'il tend vers -1, on peut dire qu'il existe une corrélation négative et si le *tau* est proche de 0, il est fort probable qu'il n'y ait aucune liaison entre les 2 variables.

Les *tau* des test de corrélation de Kendall sont très bas, ne mettant pas vraiment en avant de corrélation. Cependant, on observe que ces coefficients tau sont positifs dans le cas de *Spathodea* et négatif dans le cas de *Miconia*.

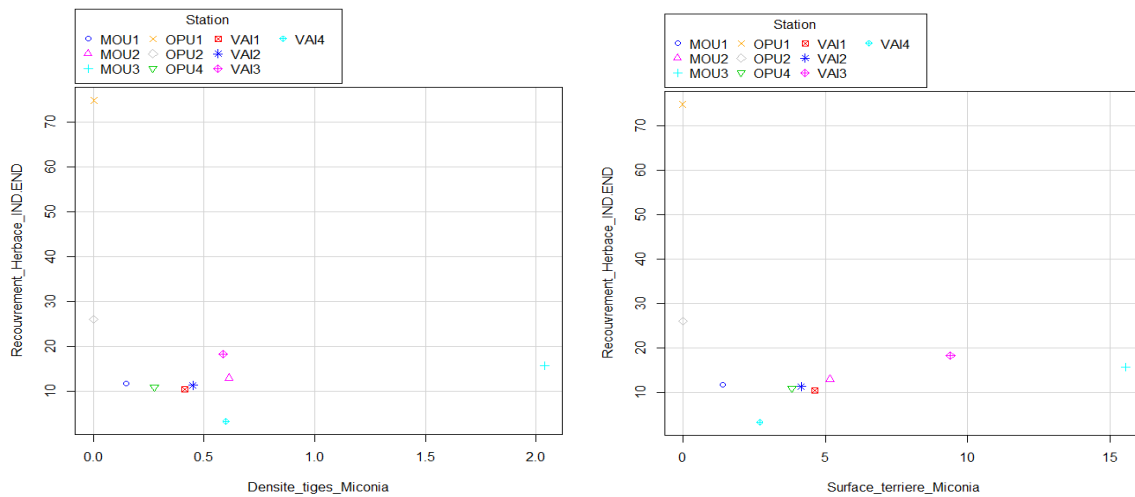


Figure 9 : Pourcentage du recouvrement herbacé en espèces natives et fougères en fonction de la densité de tiges et de la surface terrière de *Miconia* sur les 10 parcelles d'étude. Tau (densité) = -0.3117217 / Tau (surface terrière) = -0.022.

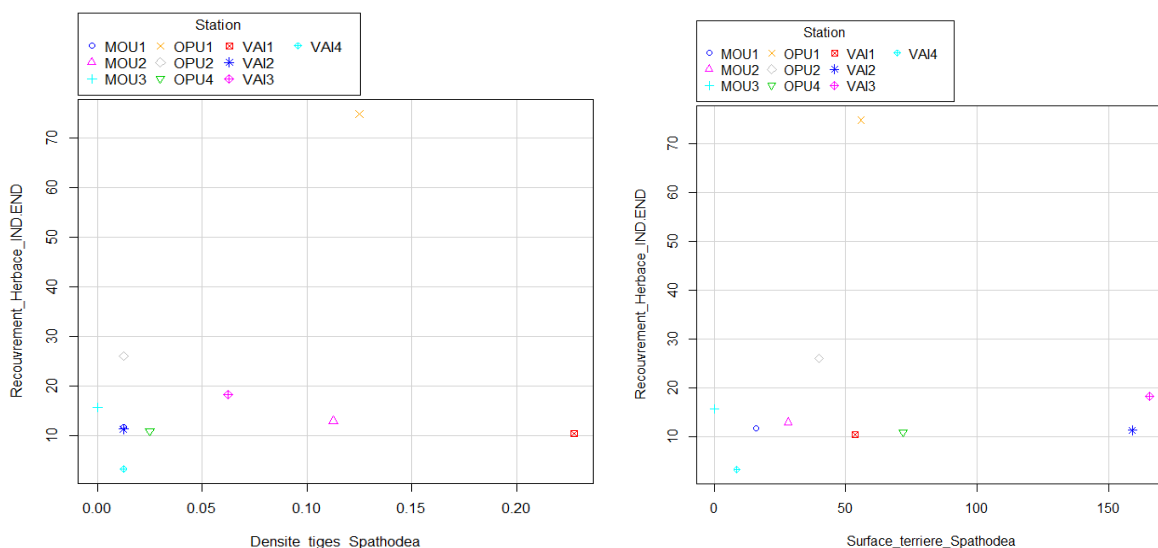


Figure 10 : Pourcentage du recouvrement herbacé en espèces natives et fougères en fonction de la densité de tiges et la surface terrière de *Spathodea* sur les 10 parcelles d'étude. Tau (densité) = 0.0238705 / Tau (surface terrière) = 0.1555556.

Discussion

1- Limites de l'étude

Lors de la phase d'analyse des données, des biais présents dans le protocole ont été détectés. En effet, ce dernier ayant été pensé pour être traité en parallèle des données du Lidar, certaines données n'étaient plus adaptées pour une analyse statistique répondant à mon sujet. Il nous a donc manqué les mesures de dbh dans les quadrats des trois stations faites en entier (MOU1, OPU1 et VAI1) ainsi que le pourcentage de recouvrement de la sub-canopée au-dessus des quadrats de l'ensemble des stations. Il faut également noter plusieurs choses : sur les stations OPU1 et OPU2, le *Miconia* a été éliminé par une association locale de protection de la biodiversité (« Moorea Biodiversité ») ; la station MOU1 est particulière car il s'agit d'un écotone, un site de transition entre deux ou plusieurs habitats ; et enfin sur les stations MOU, un pathogène de lutte biologique introduit en Polynésie française et hautement spécifique du *Miconia*, semble plus efficace en causant de nombreux trous dans les feuilles de cette plante invasive.

2- Impacts différents entre *Miconia* et *Spathodea*

La supériorité flagrante de densité de tiges par *Miconia*, (Fig. 4) est à mettre en parallèle avec la surface terrière (ST), elle dominée par le *Spathodea* qui, même s'il ne représente que peu de tige, à une ST extrêmement importante, ce qui laisse moins de place aux autres espèces pour se développer.

L'augmentation de plantules de *Miconia* dans les stations MOU et VAI (fig. 6) est probablement lié à la forte humidité de ces stations, nécessaire au développement des plantules de *Miconia* (Meyer & Smith, 1998). Les trous, causés par le champignon pathogène en MOU permettant à la lumière de passer, pourrait expliquer que malgré une très forte densité de *Miconia* en sub-canopée de ces parcelles, la strate herbacée garde une diversité correcte.

Les plantules de *Spathodea*, espèce pionnière, ont besoin de luminosité pour pousser (Larrue *et al.*, 2014), tandis que les plantules de *Miconia*, sont adaptées à l'obscurité, elle se développent donc rapidement en strate herbacée et en sous-bois, pour enfin atteindre la strate arbustive (« subcanopée ») et y former une strate dense (Fig. 7.A) (Meyer, 1994). Elle coupe ainsi le passage de la lumière, empêchant les plantules des espèces héliophiles de se développer et à rester compétitives.

Pour la figure 7.B, il manque des parcelles à des altitudes plus hautes pour voir correctement et confirmer la tendance qui semble se dessiner sur les parcelles les plus en altitude.

L'ACP (Fig. 8) confirme l'hypothèse que la densité de la sub-canopée de *Miconia*, par son blocage de la lumière, réduit le recouvrement de la strate herbacée. En regardant la figure 1, on peut comprendre la nouvelle organisation des stations mise en évidence par l'ACP. Par exemple, MOU1, OPU4 et VAI2 ont une topographie et une localisation assez proches : ce sont les stations qui sont proches de la jonction entre les trois zones (VAI, MOU et OPU). Ainsi, la topographie et l'altitude semblent avoir un impact non négligeable sur la composition en strate herbacée dans les forêts de Moorea.

Nous pouvons imaginer que si une corrélation venait à être montrée (Fig. 9 et 10), il s'agirait d'une corrélation négative entre la densité ou la surface terrière de *Miconia* et la strate herbacée et une corrélation positive entre la densité ou la surface terrière de *Spathodea* et la strate herbacée.

Globalement, *Spathodea* semble avoir un impact moins important, étant lui-même impacté par *Miconia*. En effet, ce dernier se développe beaucoup moins vite et en nombre beaucoup plus réduit. Ainsi, ce que nous pouvons retirer de cette discussion est une priorisation de la lutte contre ces arbres introduits envahissant. Les résultats semblent indiquer que *Miconia* a un impact plutôt rapide et important sur la diversité et la richesse, là où *Spathodea* ne représente pas une menace aussi forte et immédiate.

Conclusion

Les forêts tropicales humides de Moorea étudiées dans nos stations montrent dans la structure et la composition, la dominance de *Miconia calvescens* en nombre d'individus et *Spathodea campanulata* en surface terrière, deux arbres introduits dans les années 1930 et devenus envahissants. Bien que les résultats sur leurs impacts en sous-bois n'aient pas été clairement démontrés dans cette étude, certaines tendances ont pu être observées. Des placettes situées à des altitudes plus élevées (> 500 m) permettraient de vérifier l'impact du *Miconia* qui est plus abondant en altitude où la pluviométrie est plus importante.

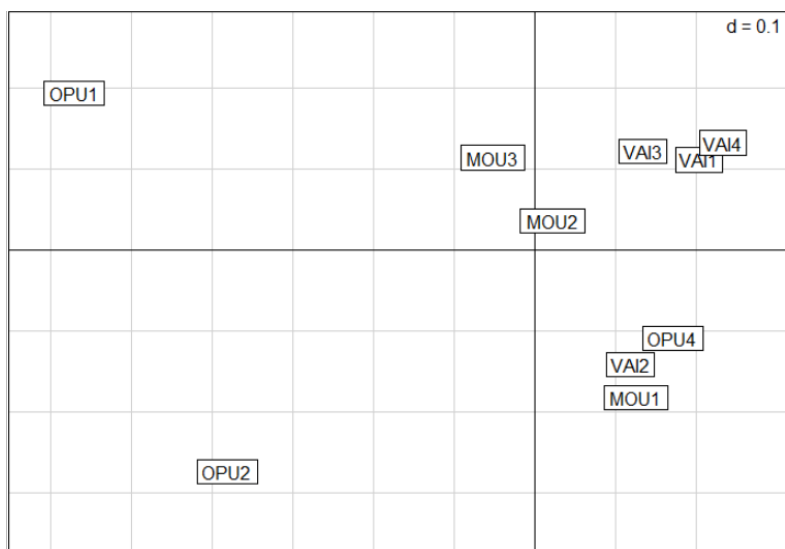
De plus, nous pourrions continuer en étendant les mesures de dbh à l'intégralité de la station (20x20m), comme pour les stations MOU1, VAI1 et OPU1, afin d'obtenir des résultats plus représentatifs des parcelles.

Les données et résultats de ce travail seront utilisées par Tara Seely dans le cadre de sa thèse pour comparer avec ses données LiDAR ainsi que vérifier la précision des données obtenues par cette méthode « automatique », notamment les valeurs des dbh. Il sera intéressant de voir si le LiDAR affirme ou infirme notre méthode « manuelle ».

Bibliographie

- Chevillotte, H., Meyer, J.-Y., Mellado-Forichon, T., Florence, J., Emmanuelli, E. (2014). Évaluation et suivi de la biodiversité dans l'île de Moorea, Polynésie française : approche méthodologique appliquée aux écosystèmes terrestres et marins. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, Société nationale de protection de la nature, 69, 267-284.
- Larrue, S., Daehler, C.C., Meyer, J.-Y., Pouteau, R. & Voltaire, R. (2016). Elevation distribution and photosynthetic characteristics of the invasive tree *Spathodea campanulata* on the island of Tahiti (South Pacific Ocean). Pages 127-149 in CC. Daehler, M. van Kleunen, P. Pysek and DM. Richardson, editors. Proceedings of 13th International EMAPi conference, Waikoloa, Hawaii.
- Larrue, S., Daehler, C., Vautier, . & Bufford, J.L. (2014). Forest invasion by the African tulip tree (*Spathodea campanulata*) in the Hawaiian Islands: are seedlings shade-tolerant? *Pacific Science*, 68(3), 345-358
- Mazoyer, L. (2018). Dynamique des forêts tropicales sur l'île de Moorea (Polynésie Française) : vulnérabilité et résilience aux invasions végétales. Mémoire de Stage S8, Ecole nationale supérieure des sciences agronomiques de Bordeaux Aquitaine.
- Meyer, J.-Y. (1994). Mécanismes d'invasion de *Miconia calvenscens* DC. en Polynésie française. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- Meyer, J.-Y., & Florence, J. (1996). Tahiti's native flora endangered by the invasion of *Miconia calvenscens* DC. (Melastomataceae). *Journal of Biogeography*, 23(6), 775–781.
- Meyer, J.-Y., & Smith C. W. (éds.). (1998). Actes de la Première Conférence Régional sur la Lutte contre *Miconia*. 26-29 août 1997, Papeete, Tahiti, Polynésie française. Gouvernement de Polynésie française/University of Hawaii at Manoa/Centre ORSTOM de Tahiti, 90.
- Pelissier, R. (2010). Mésoécologie de la Diversité des Forêts Tropicales Humides. Diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Montpellier.

Annexe



Annexe 1 : Distribution des différents sites par l'analyse ACP sur le pourcentage de la composition du recouvrement herbacé dans les quadrats.