

STRUCTURATION DES COMMUNAUTÉS ET DES RÉSEAUX MICROBIENS DES SOLS ET DES PLANTES DANS UN ÉCOSYSTÈME ARIDE

Thèse de Kenji **MAURICE**¹

Analysée par Dominique **LABORDE**²

Directeurs de thèse :

Marc **DUCOUSSO**, Directeur de recherche, Cirad-UMR AGAP, Univ Montpellier, INRAE,

Marc-André **SELOSSE**, Professeur, Muséum National d'Histoire Naturelle, Sorbonne Universités Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (UMR 7205 – CNRS, MNHN, UPMC, EPHE),

Les travaux de cette thèse ont eu pour objectif de caractériser le microbiome bactérien et fongique du sol et des plantes dans l'environnement hyper aride du désert Saoudien à AIUla, ainsi que sa réponse à différents stress liés à l'usage agricole passé des terres. Des dispositifs de prélèvements diachroniques *in situ* ont donc été réalisés pour obtenir des échantillons environnementaux de sol, de rhizosphère, et de racines, en écosystème naturel ou anthropisé, durant une période de sécheresse prolongée en Arabie Saoudite. Au travers de cette thèse, le corps du travail expérimental a consisté au séquençage d'amplicons des régions ITS2, 18S, et 16S, pour caractériser le microbiome fongique des champignons mycorhiziens à arbuscules et bactérien respectivement. Conjointement, les paramètres des sols ont été mesurés par spectrométrie de fluorescence à rayons X afin d'étudier les déterminants édaphiques du microbiome.

Dans le chapitre I, les relations spatiales à une échelle très locale ont été étudiées entre la présence des végétaux, les paramètres du sol et les compositions microbiennes. Ces relations sont connues sous le phénomène des îlots de fertilités, où le micro-environnement est une composante importante de la structuration des communautés végétales et microbiennes. Ainsi, l'influence du micro-environnement, en lien avec les paramètres du sol, sur les communautés végétales, bactériennes et fongiques, a été caractérisée. Ceci a donné lieu à un premier article dans Journal of Arid Environments.

Dans le chapitre II, la structuration des symbiontes des plantes (*e.g.*, champignons mycorhiziens à arbuscules et bactéries fixatrices d'azote), au sein du microbiote du sol et des racines, a été étudiée. Un prélèvement *in situ* extensif a été réalisé et a permis le séquençage de plus de 2 000 échantillons répartis entre sol, rhizosphère et racines de six espèces

1 : Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Montpellier, en agronomie, préparée au sein de l'école doctorale GAIA – Biologie, Interactions, Diversité adaptative des plantes Unité de recherche LSTM – Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes, Université de Montpellier, présentée et soutenue le 04/04/ 2024.

2 : Membre de l'Académie d'agriculture de France, section 6, « Sciences de la vie ».

ANALYSE DE THÈSE

végétales, entre deux saisons, et trois marqueurs génétiques. Pour comprendre comment se structure le microbiome, et les relations complexes entre bactéries, champignons et symbiontes, une analyse par les réseaux de co-occurrence se focalisant sur les relations intra- et inter-royaumes microbiens des taxons symbiotiques a été réalisée. Ceci a donné lieu à un deuxième article.

Dans le chapitre III, la réponse des communautés microbiennes face à des perturbations a été examinée. Plus précisément, les déserts sont caractérisés par une disponibilité ponctuelle de la ressource en eau, avec des conséquences importantes sur les cycles d'activité et de métabolisme de la biodiversité de ces écosystèmes. La réponse du microbiome face à une modification de la disponibilité en eau a été caractérisée. Une expérience *in situ* de simulation d'un événement de précipitation a été réalisée pour caractériser le microbiome différenciellement abondant lors d'une modification de cette disponibilité ponctuelle en eau. La réponse du microbiome face à des contingences historiques de nature anthropique ou naturelle, décrit comment des cycles de dessiccation et d'inondation affectent les communautés microbiennes contemporaines. Par l'étude de la stabilité de leur interaction, il est montré comment l'activité agricole passée impacte de manière durable la structure du microbiome. Enfin, la quantification des processus d'assemblage des communautés a permis de déterminer l'effet de perturbations anciennes sur les processus de sélection bactérienne et fongique.

Ces travaux ont été menés par le biais de séquençage d'amplicons 16S, 18S, ITS2, mais en dépassant le simple cadre descriptif de l'étude de la diversité et de la composition des communautés microbiennes, *via* l'exploration de nouvelles méthodologies permettant l'étude des réseaux de co-occurrence et la formulation d'hypothèses de fonctionnement des communautés microbiennes. Il s'agit de travaux importants tant d'un point de vue fondamental que d'un point de vue appliqué, car ils peuvent contribuer au développement de stratégies de gestion des écosystèmes de l'anthropocène fragilisés.

Collectivement, les résultats de cette thèse permettent d'améliorer la compréhension de l'assemblage et de la structure du microbiote du sol et des plantes dans un écosystème désertique encore peu connu. De plus, les analyses de co-occurrence se sont révélées un outil précieux dans la formulation de nouvelles hypothèses fondamentales sur le rôle fondateur des symbioses, et de la réponse du microbiote aux perturbations. La poursuite de l'étude de la structure complexe des réseaux, complémentée par l'étude des fonctions microbiennes et d'approches réductionnistes pour lier les relations de covariance aux processus écologiques promet de prochaines avancées majeures en écologie microbienne.

Cette thèse a fait l'objet d'une valorisation remarquable avec au total quatre articles publiés correspondants aux différents chapitres et un dernier en cours de publication. Cette thèse s'inscrivait dans le cadre du projet SoFunLand.

Les résultats originaux de cette thèse s'inscrivent pleinement dans le champ d'intérêt de l'Académie d'agriculture de France et justifie sa valorisation par sa présentation sur le Site et dans le Mensuel de l'Académie.