



## HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

Date de la soutenance : **28 juin 2019**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Aude HERRERA**

Titre de la thèse : « **Les Actinobactéries dans les environnements terrestres : diversité, adaptation et interactions avec la plante** »



### Résumé

Le phylum des Actinobactéries est l'un des phyla les plus dominants dans le règne procaryote et présente une très large distribution dans la biosphère, tant dans les écosystèmes terrestres qu'aquatiques. Dans de très diverses niches écologiques, et en particulier dans le sol, ces bactéries sont décrites comme les populations dominantes. **Lors de mes différents travaux de doctorat et post-doctorat, ce phylum des Actinobactéries s'est révélé prévalent dans deux types d'environnements « extrêmes »** : (i) des déblais issus de l'extraction minière du nickel en Nouvelle-Calédonie, totalement dépourvus de végétation et marqués par des conditions édaphiques déséquilibrées (carencés en carbone et pollués en métaux lourds) et (ii) des roches volcaniques de type rhyolite en Islande, riches en silice, extrêmement dures et présentant très peu d'interstices (fissures ou cavités poreuses) propices à la colonisation par les microorganismes. Bien que ces travaux avaient pour objectif de comprendre l'impact de l'anthropisation et des facteurs environnementaux abiotiques (e.g. teneur en métaux lourds, minéralogie) sur la diversité des communautés bactériennes totales présentes dans ces milieux, les résultats ont convergé vers une même conclusion : le fort pouvoir adaptatif des Actinobactéries dans ces environnements à priori hostiles à la vie. Face à la complexité morphologique, phylogénétique, métabolique, écologique des Actinobactéries, et à leurs capacités d'adaptation indéniables, mes activités de recherche se sont par la suite orientées sur ce type de bactéries.

Ma recherche actuelle (équipe « Symbiose Actinorhizienne », UMR 5557 CNRS-Lyon1 Ecologie Microbienne) se porte sur le genre *Frankia*, connu pour sa capacité à établir une symbiose avec des plantes « actinorhiziennes » sous la forme de nodules racinaires, à l'intérieur desquelles la bactérie fixe l'azote atmosphérique pour la plante hôte et reçoit en retour des substrats carbonés issus de la photosynthèse. **L'originalité de ce modèle d'Actinobactéries réside dans l'existence d'un phénomène unique de sporulation endophyte dans un contexte de symbiose plante-bactérie.** En culture pure, toutes les souches de *Frankia* isolées différencient des sporanges (e.g. en milieu carencé en carbone, phosphate ou en présence d'antibiotiques). Ce phénomène de sporulation est également observé dans le nodule, uniquement chez certaines souches dites « Sp+ » : les sporanges sont alors produits à l'intérieur même des cellules de l'hôte et peuvent envahir une part significative des tissus nodulaires. Cette dormance microbienne est retrouvée très fréquemment chez

des symbiotes *Frankia* associés à l'aulne, en particulier les espèces *Alnus incana* et *A. viridis*. Généralement associée à des mécanismes de survie en conditions défavorables, elle reste inattendue dans le nodule, où *Frankia* bénéficie des échanges trophiques avec son hôte favorables à son développement. Mes travaux de recherche se déclinent en trois axes visant à : **(i) appréhender le rôle adaptatif de ce trait microbien dans l'écologie et la fitness du symbiote, (ii) identifier les mécanismes génétiques impliqués et comprendre pourquoi seules les souches Sp+ possèdent cette capacité, (iii) connaître son impact sur le fonctionnement du complexe plante hôte/symbiote bactérien et sur l'écophysologie de la plante hôte.** Ma démarche expérimentale s'appuie sur l'analyse combinée de nodules Sp+/Sp- collectés sur le terrain et de nodules obtenus sous conditions contrôlées en serre, par des approches complémentaires de diversité et phylogénie bactérienne, de génomique, métabolomique, protéomique, de microbiologie générale et d'écologie. Les résultats ont montré que les souches Sp+ (i) sont génétiquement divergentes des souches non-sporulantes *in-planta* (Sp-), (ii) présentent une infectivité et une compétitivité accrue à infecter les racines de l'hôte, (iii) montrent une spécificité d'hôte étroite, suggérant une dépendance forte à leur hôte. Nous avons également révélé la présence d'un métabolite secondaire spécifique dans les nodules Sp+ (acide gentisique glycosylé totalement absent dans les nodules Sp-) rappelant une molécule de défense produite par la plante face à des attaques par des pathogènes. Notre hypothèse est que ces souches Sp+, totalement récalcitrantes aux nombreux essais de mise en culture, représenteraient un nouveau **modèle de symbiote obligatoire actinobactérien, pour lequel la sporulation *in-planta* serait une stratégie adaptative originale pour survivre et se disséminer hors de l'hôte, sans nécessité de croissance saprophyte.** En détournant une partie des ressources énergétiques de la plante pour produire de très nombreux sporanges dans les nodules au détriment de la fixation d'azote, **elles adopteraient un comportement « tricheur »**, induisant chez la plante hôte une production accrue de molécules de défense comme pour « sanctionner » son symbiote.