

# THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 642

*Ecole doctorale Végétal, Animal, Aliment, Mer, Environnement*

Spécialité : « *Biologie des organismes* »

Par

**Océane Tara Claudy REIGNIER**

**Devenir et interaction entre *Microcystis* et son microbiome en milieu estuarien**

**Thèse présentée et soutenue à IFREMER Centre Atlantique Nantes, le 11/04/2024**

**Unité de recherche : Physiologie et Toxines des microalgues toxiques et nuisibles (PHYTOX, IFREMER)**

## **Rapporteurs avant soutenance :**

Julie LELOUP                      Maître de conférences des universités, Sorbonne Université, France

Christian JEANTHON    Directeur de recherche, Sorbonne Université, France

## **Composition du Jury :**

Rapporteurs :            Julie LELOUP                      Maître de conférences des universités, Sorbonne Université, France

Christian JEANTHON            Directeur de recherche, Sorbonne Université, France

Président :                Thierry LEBEAU                    Professeur des universités, Nantes Université, France

Examineurs :            Delphine LATOUR                Professeur des universités, Université Clermont Auvergne, France

Pascal CLAQUIN                Professeur des universités, Université de Caen Normandie, France

Dir. de thèse :            Zouher AMZIL                      Chargé de recherche, IFREMER Centre Atlantique Nantes, France

Co-dir. de thèse :        Myriam BORMANS                Directeur de recherche, Université de Rennes, France

Co-dir. de thèse :        Enora BRIAND                      Chargé de recherche, IFREMER Centre Atlantique Nantes, France

**Titre :** Devenir et interaction entre *Microcystis* et son microbiome en milieu estuarien

**Mots clés :** Efflorescence de *Microcystis*, stress salin, cyanosphère, microcystines, osmolytes, EPS

**Résumé :** La présence de cyanobactéries toxiques telles que *Microcystis* dans les eaux estuariennes représente un risque écologique, sanitaire et économique majeur. En milieu naturel, *Microcystis* forment de larges colonies mucilagineuses, au sein desquelles co-existent des bactéries hétérotrophes. Cependant, le devenir des colonies naturelles de *Microcystis* et de leurs toxines dans la zone estuarienne et l'influence du microbiome dans ce devenir ne sont pas connus. L'objectif principal de cette thèse est de caractériser, au sein de la cyanosphère, les processus génétiques, physiologiques et métaboliques impliqués dans la réponse à une augmentation de la salinité. Cette étude a combiné des suivis *in situ* d'un bloom dominé par *Microcystis spp* et de son microbiome le long d'un continuum français et des expérimentations avec des colonies naturelles de *Microcystis spp* soumises à un

gradient de salinité et de nutriment représentatif du continuum et de la période de prélèvement. Nous avons démontré que *M. aeruginosa* et *M. wesenbergii* étaient les deux espèces les plus résistantes et se maintenaient à des salinités allant jusqu'à 20. Nous avons également observé que les cellules devenaient plus toxiques le long du continuum, bien que ce résultat n'ait été confirmé en laboratoire. L'accumulation d'osmolytes (tréhalose et bétaïne) et une plus forte production de substances polymériques extracellulaires (EPS) ont été mises en évidence aux plus fortes salinités. De plus, le microbiote associé au mucilage était conservé le long du continuum. L'ensemble de ces résultats suggère une forte interaction entre *Microcystis* et son microbiome et un rôle protecteur du mucilage contre le choc osmotique.

**Title :** Fate and interaction between *Microcystis* and its microbiome in the estuarine environment

**Keywords :** *Microcystis* bloom, salinity stress, cyanosphere, microcystins, osmolytes, EPS

**Abstract :** The presence of toxic cyanobacteria such as *Microcystis* in estuarine waters represents a major ecological, health and economic risk. In their natural environment, *Microcystis* form large mucilaginous colonies in which heterotrophic bacteria coexist. However, the fate of natural *Microcystis* colonies and their toxins in the estuarine zone, and the influence of the microbiome on this fate, are not known. The aim of this thesis is to characterize the genetic, physiological and metabolic processes involved in the response to increasing salinity in the cyanosphere. This study combines *in situ* monitoring of a *Microcystis spp* bloom and its microbiome along a French continuum with batch experiments on natural *Microcystis spp* colonies subjected to a salinity and nutrient

gradient representative of the continuum and sampling period. We demonstrated that *M. aeruginosa* and *M. wesenbergii* were the two most resistant species, maintaining themselves at salinities of up to 20. We also observed that cells became more toxic along the continuum, although this result was not confirmed in the laboratory. The accumulation of osmolytes (trehalose and betaine) and greater production of extracellular polymeric substances (EPS) were demonstrated at higher salinities. Moreover, the microbiota associated with mucilage (core microbiome) was conserved along the continuum. Taken together, these results suggest a strong interaction between *Microcystis* and its microbiome, and a protective role for mucilage against osmotic shock.