

Projet de thèse (Septembre 2022 – Septembre 2025)

Titre : Les formes libres de parasites marins en recherche active d'un hôte : besoins et stratégies pour survivre et infecter (acronyme PINS)

Résumé :

Amoebophrya ceratii est un parasite de dinoflagellés marins, participant significativement au déclin des populations d'hôtes. Un stade temporaire, correspondant à des zoospores flagellées fortement spécialisées, permet de transmettre le parasite d'une génération à une autre. L'objectif principal de ce projet de thèse est de définir comment le métabolisme de ces formes libres du parasite soutient les coûts liés à la nage pour leur permettre de survivre en trouvant un hôte compatible. L'analyse des voies métaboliques énergétiques, de celles associées à la nutrition et des comportements de nage permettront de définir de potentiels traits et trade-offs impliqués dans le succès de l'infection.

Contexte et objectifs :

La biosphère est en train de subir une 6ème extinction de masse [1]. Les parasites, qui contribuent à la moitié de la richesse spécifique sur Terre, pourraient représenter une majorité cachée des extinctions d'espèces [2]. D'un point de vue anthropomorphique, les parasites et pathogènes sont souvent vu comme des agents biologiques responsables de maladies affectant l'humain, l'animal ou les plantes. Cependant, les parasites ont des rôles écologiques essentiels, en limitant par exemple l'invasion de nouvelles espèces ou la croissance d'espèces opportunistes et en participant au transfert de biomasse entre niveaux trophiques [3–5]. Leur présence est donc un facteur clé de la résilience des écosystèmes.

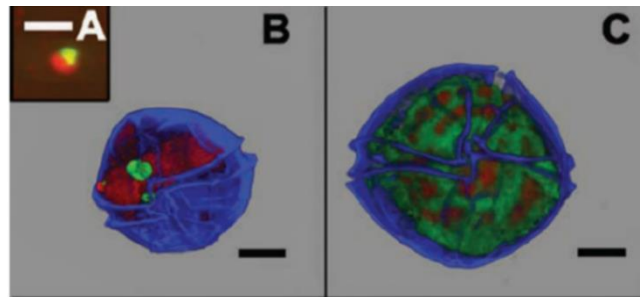


Figure 1. The toxic dinoflagellate *Alexandrium minutum* infected by the microeukaryote parasite *Amoebophrya* sp. (from Chambouvet et al. 2008). Green: parasite cytoplasm targeted by FISH. Red: nucleus. Blue: host theca. (A) Dinospore (free-living stage). (B) Early stage of infection. (C) Late stage of the infection (sporulating individual). Scale bars: 3 μ m.

Les dinoflagellés (Alveolata) sont des composants majeurs de la diversité phytoplanctonique marine [6] et ont de nombreux parasites intracellulaires potentiels. Parmi eux, *Amoebophrya ceratii* est un parasite de dinoflagellés participant significativement au déclin des populations d'hôtes [7] (Fig. 1). Il appartient aux syndinids (ou Marine ALVEolate lineages, MALVs), un groupe qui représente l'une des lignées les plus diverses (>1,000 OTUs) identifiées dans les données de metabarcoding collectées pendant les expéditions de Tara Oceans. Ces parasites, spécialistes du phytoplancton marin, sont transmis d'une génération à une autre par l'intermédiaire de zoospores flagellées fortement spécialisées, appelées dinospores chez *Amoebophrya* spp. Ce stade temporaire ne survit que quelques heures à quelques jours et ne se divise pas [8]. Son unique but est de trouver un hôte le plus rapidement possible, au sein d'une communauté microbienne complexe, incluant des hôtes résistants, des brouteurs, des pathogènes et des compétiteurs.

L'objectif principal de ce projet de thèse est de définir comment le métabolisme des dinospores soutient les coûts liés à la nage pour leur permettre de survivre en trouvant un hôte.

Ceci sera abordé par trois questions majeures :

- 1- **L'énergie interne des dinospores est-elle uniquement soutenue par des réserves puisées dans l'hôte ou bien fait-elle appel au prélèvement de métabolites extracellulaires ?**
- 2- **Quels liens peuvent être définis entre l'énergie interne (ATP) et les fonctions métaboliques essentielles chez ces formes libres de parasite ?**
- 3- **Le succès de l'infection est-il contraint par des trade-offs liés à la nutrition ou au comportement de nage ?**

Méthodologie :

La plupart des expérimentations sera réalisée en cultures, à partir de souches d'*A. ceratii* et de certains de ses hôtes potentiels (chez les dinoflagellés) disponibles à la RCC (Station Biologique de Roscoff). Parmi les approches techniques envisagées, la cytométrie en flux sera utilisée pour détecter et caractériser les spores de parasite (*A. ceratii* a une autofluorescence naturelle dans le vert qui permet sa reconnaissance précise) et les cellules hôtes (facilement détectées par l'autofluorescence de leurs pigments), ainsi que pour suivre certaines fonctions biologiques clé grâce à l'utilisation de sondes fluorescentes. La microscopie permettra l'observation de signaux de fluorescence intracellulaires spécifiques et l'étude du comportement de nage. Les flux nutritifs seront estimés par utilisation d'isotopes stables (^{13}C , ^{15}N) et radioactifs (^{33}P). En complément, l'analyse de données de transcriptomique pourra permettre d'étudier plus en détails certaines voies métaboliques d'intérêt.

Localisation géographique du projet (unité de recherche) :

Ce projet sera principalement réalisé à IFREMER Centre Bretagne (Plouzané, France ; équipe DYNECO-Pelagos). Des échanges fréquents, parfois en présentiel, seront faits avec la Station Biologique de Roscoff (Roscoff, France ; Equipe ECOMAP, "Ecology of Marine Plankton").

Partenariat régional, national et international :

Ce projet de thèse est financé dans le cadre du projet ANR EPHEMER qui a débuté en janvier 2022 (Ephemeral swimmers of marine parasites) et continuera pendant toute la durée de la thèse. Ce projet résulte d'une forte collaboration entre l'équipe Pelagos (Ifremer, Centre Bretagne, Plouzané, France) et l'équipe ECOMAP (Station Biologique de Roscoff, Sorbonne Université, CNRS, UMR7144, France). Le laboratoire Pelagos a une forte expertise dans l'étude des protistes marins, en particulier des espèces phytoplanctoniques, en utilisant des approches allant de la grande échelle (écosystème/écologie) à la petite échelle (cellule/écophysiologie). Dans ce projet, le laboratoire ECOMAP apporte une forte expertise dans les parasites marins et les interactions biotiques. L'étudiant(e) en thèse sélectionné(e) bénéficiera également du partenariat plus large du projet EPHEMER, incluant, en France, l'équipe PCV (CNRS/Université de Grenoble ; caractérisation lipidique et imagerie) et deux collaborations internationales, une avec le Pohnert laboratory (Friedrich Schiller University, Jena, Allemagne ; approches métaboliques) et une avec le Center for Marine Sciences of the University of North Carolina Wilmington (Etats-Unis ; parasitisme et écologie).

Contacts

- Mickaël LE GAC (Ifremer, Equipe Pelagos) : mickael.le.gac@ifremer.fr
- Cécile JAUZEIN (Ifremer, Equipe Pelagos) : cecile.jauzein@ifremer.fr
- Claire LABRY (Ifremer, Equipe Pelagos) : claire.labry@ifremer.fr
- Laure GUILLOU (Station Biologique de Roscoff, CNRS, Equipe ECOMAP) : lguillou@sb-roscoff.fr

Références

- [1] G. Ceballos, P. R. Ehrlich, A. D. Barnosky, A. García, R. M. Pringle, and T. M. Palmer, "Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction," *Sci. Adv.*, vol. 1, no. 5, p. e1400253, Jun. 2015, doi: 10.1126/sciadv.1400253.
- [2] C. J. Carlson *et al.*, "Parasite biodiversity faces extinction and redistribution in a changing climate," *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 9, p. e1602422, Sep. 2017, doi: 10.1126/sciadv.1602422.
- [3] P. T. J. Johnson, D. L. Preston, J. T. Hoverman, and B. E. LaFonte, "Host and parasite diversity jointly control disease risk in complex communities," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 110, no. 42, pp. 16916–16921, Oct. 2013, doi: 10.1073/pnas.1310557110.

- [4] R. E. Paseka *et al.*, "Disease-mediated ecosystem services: Pathogens, plants, and people," *Trends Ecol. Evol.*, vol. 35, no. 8, pp. 731–743, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.tree.2020.04.003.
- [5] E. R. Dougherty *et al.*, "Paradigms for parasite conservation: Parasite Conservation," *Conserv. Biol.*, vol. 30, no. 4, pp. 724–733, Aug. 2016, doi: 10.1111/cobi.12634.
- [6] C. de Vargas *et al.*, "Eukaryotic plankton diversity in the sunlit ocean," *Science*, vol. 348, no. 6237, May 2015, doi: 10.1126/science.1261605.
- [7] A. Chambouvet, P. Morin, D. Marie, and L. Guillou, "Control of toxic marine dinoflagellate blooms by serial parasitic killers," *Science*, vol. 322, no. 5905, pp. 1254–1257, Nov. 2008, doi: 10.1126/science.1164387.
- [8] J. Cachon, *Contribution à l'étude des péridiniens parasites. Cytologie, cycles évolutifs.*, vol. 12ème série. Paris: Masson et Cie, 1964.