

Abstract

Alvinocaridid shrimp are an emblematic faunal taxon at hydrothermal vents on the Mid-Atlantic Ridge. Unlike their physiological adaptations to cope with the fairly hostile physicochemical conditions in the hydrothermal environment, their sensory abilities have been poorly investigated. How the shrimp locate active vents and detect their habitat in the absence of sunlight is still enigmatic. They might use the hydrothermal fluid emissions as an orientation cue. Among the factors potentially exploited by the shrimp, the fluid chemicals and temperature are considered in the present study. Various approaches aim at getting insights into the sensory adaptations of vent shrimp, which could present particular chemo- and thermosensory abilities to detect their environment. The vent shrimp *Mirocaris fortunata* was used as the main model. The shallow-water, closely related species *Palaemon elegans* was used for comparison, to search for differences with the vent species that could eventually have an adaptive significance.

This work presents a detailed description of the olfactory system for the two species. Structural features were used as rough estimates of their olfactory abilities, including the number and dimensions of the olfactory aesthetasc sensilla located on the antennules, the number of the olfactory sensory neurons innervating the aesthetascs and the volume of the olfactory lobes in the brain. The olfactory system of *M. fortunata* is overall similar to the one of *P. elegans*, except that a dense bacterial coverage occurs on the antennal appendages of the vent species, which could have a functional role regarding their chemosensory abilities. At molecular level, the co-ionotropic receptor IR25a, involved in chemodetection, was identified in four vent species and in *P. elegans*. Differences in IR25a expression patterns within the chemosensory organs are discussed considering the lifestyle of each species. Preliminary results from a transcriptomic analysis are also presented, as it reveals in the vent species several chemo- and thermoreceptor candidates.

A new electroantennography method in water was developed to test the detection of hydrothermal fluid chemicals by the antennal appendages of the shrimp. Responses to sulfide, iron and manganese are discussed regarding the relevance of each chemical for short- or long-distance detection of the hydrothermal fluid. In addition, several attraction tests were conducted at atmospheric and *in situ* pressure to investigate the behavior of the vent and shallow-water species when exposed to a food odor, sulfide and warm temperatures (~20°C). The experiments with food and sulfide were not conclusive for the vent species. However, unlike *P. elegans*, *M. fortunata* exhibits a strong attraction behavior to warm temperature, which suggests an important role of thermodetection for the orientation of vent shrimp in their habitat.

Altogether, these results provide advances in the knowledge of the chemosensory biology of vent shrimp, and a substantial background for future researches on their chemo- and thermosensory abilities and sensory adaptations to the hydrothermal environment.

Key words: hydrothermal vents, *Mirocaris fortunata*, aesthetascs, chemodetection, thermodetection, sulfide, electroantennography, sensory biology

Résumé

Les crevettes de la famille Alvinocarididae sont emblématiques des sources hydrothermales de la Dorsale Médio-Atlantique. Bien que leurs adaptations physiologiques aux conditions physico-chimiques de l'environnement hydrothermal aient été assez largement étudiées, leurs facultés sensorielles ont reçu peu d'attention. Les mécanismes qui permettent aux crevettes de localiser les cheminées actives et de détecter leur habitat obscur sont énigmatiques. Il est supposé que les émissions de fluide hydrothermal leur servent de repère pour s'orienter. Parmi les indicateurs potentiellement utilisés par les crevettes, les composés chimiques du fluide et sa température sont considérés dans cette étude. Plusieurs approches ont été utilisées afin d'approfondir les connaissances sur les adaptations sensorielles des crevettes hydrothermales, qui pourraient présenter des facultés chimio- et thermo-sensorielles particulières pour détecter leur habitat. Le modèle principal est la crevette hydrothermale *Mirocaris fortunata*. L'espèce côtière *Palaemon elegans* a été utilisée comme modèle comparatif, pour lequel des différences avec *M. fortunata* pourraient refléter des adaptations de l'espèce hydrothermale à son environnement.

Ce travail présente une description détaillée du système olfactif des deux espèces. Des traits structuraux ont été utilisés pour inférer sur leurs facultés olfactives, notamment le nombre et les dimensions des sensilles aesthétales olfactives situées sur les antennules, le nombre de neurones sensoriels olfactifs qui innervent les aesthétales, et le volume des lobes olfactifs dans le cerveau. Le système olfactif de *M. fortunata* est similaire à celui de *P. elegans*, à l'exception de la présence d'un important recouvrement bactérien des appendices antennaires chez l'espèce hydrothermale, qui pourrait avoir un rôle fonctionnel concernant leurs facultés chimio-sensorielles. Au niveau moléculaire, le co-récepteur ionotrope IR25a, impliqué dans la chimio-détection, a été identifié chez 4 espèces hydrothermales et chez *P. elegans*. Différents patterns d'expression d'IR25a dans les organes chimio-sensoriels sont discutés selon le mode de vie de chaque espèce. Des résultats préliminaires d'une étude transcriptomique sont aussi présentés et indiquent l'expression de plusieurs candidats chimio- et thermo-récepteurs chez les espèces hydrothermales.

Une nouvelle méthode d'électroantennographie a été mise au point afin de tester la détection de composés du fluide hydrothermal par les appendices antennaires des crevettes. Les réponses obtenues pour le soufre, le fer et le manganèse sont discutées selon la pertinence de chaque composé pour la détection à courte ou longue distance du fluide hydrothermal. Plusieurs expériences à pression atmosphérique et *in situ* ont été réalisées afin d'étudier le comportement des espèces hydrothermale et côtière exposées à une odeur de nourriture, du soufre ou des températures relativement chaudes (~20°C). Les tests d'attraction pour la nourriture et le soufre n'ont pas été concluants pour l'espèce hydrothermale. En revanche, à la différence de *P. elegans*, *M. fortunata* est significativement attirée par un point chaud, ce qui suggère un rôle important de la thermodétection chez les crevettes hydrothermales pour s'orienter dans leur environnement.

L'ensemble des résultats contribue à l'état des connaissances sur la biologie chimio-sensorielle des crevettes hydrothermales, et apporte des bases substantielles pour de futures études sur leurs facultés chimio- et thermo-sensorielles et les adaptations sensorielles en milieu hydrothermal profond.

Mots-clefs : sources hydrothermales, *Mirocaris fortunata*, aesthétales, chimio-détection, thermo-détection, soufre, électroantennographie, biologie sensorielle