

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **03 octobre 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Thomas PERROS**

Titre de la thèse : Caractérisation rhéologique et couplage mécanogénétique dans la régénération de *Hydra vulgaris*

Résumé



La question de la manière dont les organismes se forment, acquièrent leur forme et développent des structures internes complexes est au cœur de la biologie du développement et intrigue les scientifiques depuis l'Antiquité. Alors que la signalisation moléculaire est centrale dans ce processus, il est devenu récemment de plus en plus clair que la mécanique y joue aussi un rôle crucial. En effet, les signaux mécaniques sont connus pour influencer des aspects clés du développement, comme la différenciation des cellules mais aussi leur division, leur migration ainsi que la forme des tissus. Cependant, la manière dont les processus mécaniques et la signalisation biochimique sont intégrés demeure largement incomprise. Dans ce contexte, *Hydra vulgaris*, un polype d'eau douce, est un organisme modèle fascinant, parfaitement adapté pour étudier ces questions. Ce cnidaire possède en effet une capacité de régénération extraordinaire : chaque morceau excisé de son corps principal peut régénérer en quelques jours pour former une Hydre complète et fonctionnelle. Chaque fragment de tissu se referme d'abord en une sphère remplie d'eau, qui subit d'importants stress mécaniques et des déformations, ce qui conduit à la rupture de sa symétrie, avec une transition d'une forme sphérique à une forme ellipsoïdale. L'organisme poursuit alors sa régénération jusqu'à former un nouvel animal adulte. Ce processus est connu pour être, au moins en partie, gouverné par une interaction complexe entre signaux mécaniques et activation de voies de développement. Bien que de nombreux modèles aient récemment été proposés pour décrire ce couplage mécanobiochimique, le rôle de la mécanique dans le patterning de l'Hydre reste encore débattu, et un cadre unifié fait toujours défaut. Dans ce travail, nous avons cherché à tester les principales hypothèses de ces modèles et à mieux comprendre les mécanismes impliqués. Cependant, pour cela, il était d'abord essentiel de caractériser expérimentalement les propriétés mécaniques des sphères de tissus d'Hydre en régénération, qui restaient encore inconnues. Pour combler cette lacune, nous avons développé un dispositif innovant de microaspiration multiplexée, permettant d'appliquer simultanément une extension localisée par pression hydrostatique sur plusieurs échantillons et de

réaliser des mesures rhéologiques. Grâce à ces expériences, nous avons constaté que les sphères de tissus d'Hydre se comportent principalement comme des solides hyperélastiques pendant leur régénération. Nous avons pleinement caractérisé leur comportement mécanique en mesurant des paramètres rhéologiques clés. Armés de ces données, nous avons ensuite étudié comment la modulation biochimique affecte à la fois la régénération et les propriétés mécaniques de l'Hydre, et inversement, comment les contraintes mécaniques externes perturbent la régénération, tant à l'échelle de l'organisme que de celle de l'expression génique sous-jacente. Dans l'ensemble, nos résultats fournissent des données essentielles pour la communauté, proposent des méthodes innovantes et originales, et offrent un modèle quantitatif de la mécanique des tissus d'Hydre, approfondissant ainsi notre compréhension du patterning chez ces animaux et ouvrant la voie à des investigations quantitatives futures sur le couplage mécanobiochimique qui sous-tend leur régénération.

Mots-clés : Couplage, Patterning, Mécanique, Biochimie