

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **18 novembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur Maxime ESTAVOYER**

Titre de la thèse : Propagation et émergence de motifs en biologie

### Résumé



Cette thèse explore la modélisation de phénomènes de propagation et d'émergence de motifs dans l'espace: Une partie importante de ma thèse se concentre sur l'émergence des plumes d'oiseaux lors de l'ovogenèse. Au cours de celle-ci, les follicules plumeux émergent généralement rangée par rangée, suivant une vague médio-latérale, à travers un processus de développement en deux étapes: d'abord, une densification du derme le rendant compétent, suivie de l'émergence d'agrégats de cellules menant à la formation des futures plumes. En utilisant un modèle de réaction-diffusion-taxis nous proposons, à l'aide d'une analyse linéaire et faiblement non linéaire, des formules explicites des vitesses associées à ces deux étapes. Grâce à une étude numérique de l'interaction entre ces deux étapes, nous proposons une formule de la vitesse d'émergence des plumes lors de la morphogenèse aviaire. Cette thèse se focalise également sur l'invasion de la bactérie prédatrice *Myxococcus xanthus*. Les bactéries *M. xanthus* sont capables de former des agrégats ayant des propriétés différentes des bactéries isolées. Notamment, elles possèdent deux systèmes de motilité complètement différents: la motilité aventureuse (A) pour les bactéries isolées et la motilité sociale (S) pour les bactéries dans les agrégats. Cette différence entraîne des variations significatives dans la vitesse individuelle et le type de mouvement effectué. Pour modéliser l'invasion collective de cette bactérie, nous proposons et étudions plusieurs modèles: par exemple un modèle proie-prédateur, un modèle de réaction-diffusion et un modèle cinétique non linéaire avec une structure en taille. L'étude numérique et théorique des solutions d'onde progressive permet de déterminer les facteurs influençant la vitesse de prédation. Notamment, notre dernier modèle suggère que l'interaction entre les motilités A et S est synergique. Un autre projet développé lors de cette thèse porte sur la

modélisation des expériences de relaxation cellulaire. Ces expériences consistent à sélectionner une sous-fraction d'une population cellulaire et à observer la vitesse à laquelle cette sous-population revient à son état de repos ou d'équilibre. Pour modéliser ce phénomène, nous proposons un modèle mécaniste à deux états prenant en compte la prolifération. Afin de confronter notre modèle aux données expérimentales, nous avons mené une expérience de relaxation de l'antigène CD34 à la surface des cellules TF1-BA. Que ce soit en isolant les populations avec les niveaux d'expression de CD34 les plus élevés ou les plus bas, nous observons dans les deux cas qu'après environ 25 jours, la distribution de CD34 dans la population revient à son état stationnaire initial. Des simulations numériques de notre modèle, basées sur des valeurs de paramètres estimées à partir de nos données expérimentales, ont montré que les solutions du modèle s'alignent étroitement aux résultats de nos expériences. Enfin, nous étudions les motifs spatiaux d'un système de réaction-diffusion modélisant la formation des plaques amyloïdes dans le cerveau en lien avec la maladie d'Alzheimer. Une analyse linéaire et de nombreuses simulations numériques révèlent plusieurs types de solutions spatialement hétérogènes. L'analyse approfondie de la stabilité et des bifurcations des motifs stables nous permet de formuler des conjectures sur l'influence de l'inflammation et des cellules microgliales dans la formation des plaques amyloïdes.

**Mots-clés :** Modélisation, Turing, Ondes