



## STAGE DE MASTER 2 + THESE CUFR et ARS de Mayotte, Université de Montpellier

**SUJET** : Modélisation probabiliste de la dynamique de transmission des maladies hydriques et risque épidémique associé.

**PORTEURS** : Centre universitaire de Mayotte, Université de Montpellier et ARS de Mayotte.

**DUREE** : 6 mois (2 mois à Mayotte et 4 mois à Montpellier) de stage + 3 ans de thèse

**Lieu de Travail** : IMAG Montpellier et CUFR de Mayotte

**Disposition particulière** : Réunions de Travail réguliers avec l'ARS de Mayotte.

**Début du stage** : Février 2020.

**Critère d'éligibilité** : Etudiant-e en Master 2 de mathématiques appliquées, probabilité, statistique

### CONTEXTE SCIENTIFIQUE

La question de l'accès à une eau de bonne qualité est cruciale pour Mayotte. Au 1<sup>er</sup> janvier 2019, 270 000 habitant-es vivent sur le territoire dont la moitié est âgée de moins de 18 ans, un-e sur quatre n'est pas affilié-e à la sécurité sociale et le revenu médian est de 384 euros par unité de consommation et par mois (84 % de la population vivant en dessous du seuil de bas revenu métropolitain). Un-e habitant-e sur trois n'a pas accès à l'eau à l'intérieur de son logement et irait s'alimenter chez un-e voisin-e, à une borne fontaine monétique (BFM), au puit ou encore à la rivière et peut recourir à un stockage de l'eau dans des conditions douteuses. A ce contexte de très forte précarité s'ajoute l'absence d'un système d'assainissement de qualité. Les eaux contaminées sont le vecteur de micro-organismes et de contaminants chimiques entraînant une hausse du risque de déclenchement d'épidémies associées aux maladies hydriques : choléra, fièvre typhoïde, dengue, diarrhée, paludisme...

Il est important de comprendre et modéliser les dynamiques de propagation de ces maladies en tenant compte des spécificités de Mayotte comme l'accès aux BFM limité à certaines zones géographiques ainsi que de la pression migratoire que subit l'île (un-e habitant-e sur cinq est de nationalité étrangère et sans titre de séjour [C+19]). On peut trouver dans la littérature de nombreux modèles déterministes ou aléatoires de transmissions et de propagation de ce type de maladies, voir par exemple [WE15] pour la fièvre typhoïde, cependant très peu prennent en compte explicitement la qualité de l'eau [P+14] et aucun ne considère deux populations en interactions avec accès à des eaux de différente qualité.

### OBJECTIFS DU STAGE ET DE LA THESE

L'objectif de cette thèse est de proposer et d'étudier de nouveaux modèles de propagation des maladies hydriques. Ces modèles prendront en compte en particulier au moins deux populations de caractéristiques sanitaires différentes ayant accès à des eaux de différente qualité correspondant aux spécificités de la population mahoraise [B+19] et ses caractéristiques migratoires ainsi que des indicateurs de précarité, des habitudes comportementales, le temps de latence et le taux de couverture de la maladie et éventuellement la dynamique spatiale. On utilisera la formalisme des processus markoviens déterministes par morceaux (PDMP) [D93,RTK17,C17] qui sont une large classe de processus permettant de prendre simultanément en



compte des évolutions stochastiques et déterministes, les différentes échelles de taille de population et l'évolution des covariables d'intérêt.

Dans un premier temps, une étude théorique et par simulation des modèles retenus permettra de déterminer leur comportement stationnaire et d'étudier les caractéristiques de la population à l'équilibre. En fonction des données disponibles, les modèles seront calibrés dans la mesure du possible avec les données d'enquête de Mayotte, et on étudiera les propriétés théoriques des estimateurs des différents paramètres. Dans un second temps, on étudiera l'influence de certains paramètres comme le nombre et le positionnement des BFM sur des indicateurs de la santé globale de la population pour quantifier l'impact de différents scénarios et proposer des stratégies d'optimisation de l'implantation de ces points d'eau qui pourront permettre d'orienter les actions des services de l'ARS de Mayotte. Enfin, le projet pourra s'étendre aux maladies à transmission vectorielle afin de compléter le modèle voire aux pathologies présentes sur le territoire (maladie de la peau, etc) en incluant également des paramètres liés à l'exploitation du Système nationale des données de santé (SNDS) pour une généralisation du modèle à d'autres territoires que Mayotte.

### PRE-REQUIS ET COMPETENCES RECHERCHEES

Probabilités, Statistiques, Simulations, Mathématiques appliquées, des compétences en Contrôle Stochastique et/ou Ecologie Evolutive seront un plus.

### BIBLIOGRAPHIE

- [B+19] J. Balicchi, R. Antoine, D. Breton, C-V Marie, E. Mariotti (2019) Enquête MIGRATIONS-FAMILLE VIEILLISSEMENT : ETAT DE SANTÉ ET COUVERTURE SANTÉ À MAYOTTE, Plateforme d'Information des Etudes en Santé [https://www.ocean-indien.ars.sante.fr/system/files/2019-05/20181122\\_ARS\\_InExtenso\\_V10\\_16P\\_A4.pdf](https://www.ocean-indien.ars.sante.fr/system/files/2019-05/20181122_ARS_InExtenso_V10_16P_A4.pdf)
- [C+19] C. Chaussy, S. Merceron, V. Genay (2019) A Mayotte près d'un habitant sur deux est de nationalité étrangère, Insee Première, <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3713016>
- [C17] Cloez B. et al (2017). Probabilistic and Piecewise deterministic models in Biology. ESAIM: PROCEEDINGS AND SURVEYS, 2017, Vol. 60, p. 225-245
- [D93] MHA. Davis. (1993) Markov models and optimization, volume 49 of Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman & Hall, London.
- [RTK17] Ryszard Rudnicki and Marta Tyran-Kaminska (2017). Piecewise deterministic Markov processes in biological models. Springer.
- [P+14] Pitzer VE, Bowles CC, Baker S, Kang G, Balaji V, Farrar JJ, et al. (2014) Predicting the Impact of Vaccination on the Transmission Dynamics of Typhoid in South Asia: A Mathematical Modeling Study. PLoS Negl Trop Dis 8(1): e2642.
- [WE15] CH Watson, WJ Edmunds (2015). A review of typhoid fever transmission dynamic models and economic evaluations of vaccination. Vaccine 33, 42-54

### ENCADREMENT

Benoîte de SAPORTA, Professeure en mathématiques appliquées à l'Université de Montpellier, IMAG Email: [benoite.de-saporta@umontpellier.fr](mailto:benoite.de-saporta@umontpellier.fr) Page web: <https://imag.umontpellier.fr/~saporta/>

Solym MANOU-ABI, Maître de conférences en mathématiques appliquées au Centre Universitaire de Mayotte, IMAG Email: [solym.manou-abi@univ-mayotte.fr](mailto:solym.manou-abi@univ-mayotte.fr) Page web: <http://solym.manou-abi.fr>

Julien BALICCHI, Ingénieurs d'études statistiques, ARS de Mayotte Email : [julien.balicchi@ars.sante.fr](mailto:julien.balicchi@ars.sante.fr)