



## AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Doyen de la Faculté des Sciences a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de  
thèse de Doctorat en

« **Mathématiques, Informatique et Applications** »

aura lieu le 22/07/2023 à 10H à La Salle Polyvalente de la Faculté des Sciences Kénitra

La Thèse sera présentée par **Mr LAKHAL MOHAMMED**

Sous le thème :

**Analyses Probabiliste de modèles épidémiques stochastiques: Cas du Covid-19**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
GRETETE DRISS	Président/ Rapporteur	ENSA, Kénitra
FAKHAR RACHID	Rapporteur	Faculté Polydisciplinaire, Khouribga
SBAA MOHAMMED	Rapporteur	CRMEF, Kénitra
LAARIBI AZIZ	Examineur	Faculté Polydisciplinaire, Beni Mellal
TAKI REGURAGUI	Examineur	EST, El Jadida
EL FATINI MOHAMED	Directeur de thèse	Faculté des Sciences, Kénitra



**Nom et Prénom : LAKHAL MOHAMMED**  
**Date de soutenance : 22/07/2023**  
**Directeur de Thèse : EL FATINI MOHAMED**

## Sujet de thèse:

### Analyses Probabiliste de modèles épidémiques stochastiques: Cas du Covid-19

#### Résumé:

La modélisation mathématique joue un rôle crucial dans l'épidémiologie pour mieux comprendre les phénomènes épidémiques, de quantifier leurs risques d'épidémies et aussi d'optimiser les moyens pour les contrôler. L'objectif de cette thèse est d'élaborer et de faire une analyse probabiliste de modèles épidémiologiques stochastiques ad-hoc au COVID-19 en montrant d'abord que nos modèles proposés sont mathématiquement et biologiquement bien posés, puis en justifiant les résultats théoriques obtenus par des simulations numériques.

Le chapitre 1 aborde les notions essentielles de la modélisation mathématique en épidémiologie. A savoir, les modèles compartimentaux, le nombre de reproduction de base  $R_0$  et les méthodes de simulation numérique qui représente une composante intéressante de la modélisation mathématique. Dans les chapitres 2 et 3, nous présentons le cadre théorique mathématique nécessaire pour notre travail. Ainsi, nous faisons un survol sur les notions importantes du calcul de probabilités et du calcul stochastique puis nous donnons les différents aspects de stabilité de différents types d'équations différentielles stochastiques. Le chapitre 4 est structuré comme suit : Dans la section 4.1, nous avons donné les spécificités du COVID-19 et du virus en cause SARS-CoV-2 et ce, dans un objectif de réussir une bonne modélisation de la dynamique de cette épidémie. La section 4.2 est réservée à l'étude du modèle stochastique SUQC et à l'étude des effets de la couverture médiatique sur la dynamique de transmission du COVID-19. Ainsi, après une présentation du modèle proposé nous étudions l'existence et l'unicité d'une solution positive globale puis nous donnerons des conditions suffisantes pour l'extinction et la persistance en moyenne de la maladie. La section 4.3 est réservée à un nouveau modèle stochastique avec traitement où nous divisons l'ensemble de la population en six classes : S, Is, Ia, Qw, Qu et R. Ici, nous tenons compte de la présence de différents cas mis en quarantaine et de la présence des différents cas asymptomatiques. Nous discutons des seuils stochastiques d'extinction, de persistance en moyenne de la maladie. Enfin, dans la section 4.4 nous proposons un modèle stochastique avec bruit blanc pour la COVID 19 incorporant une incidence générale  $g(S, U)$  induite par les médias. Ce modèle tient compte des paramètres et des variables relatifs aux effets des méthodes de quarantaine ou de confirmation sur l'épidémie. Nous avons montré que le modèle est bien posé et nous avons établi des conditions suffisantes pour l'extinction et la persistance en moyenne de l'épidémie.

Mots-clés : Modèles stochastiques épidémiques ; Fonctions de Lyapunov ; Extinction ; Persistance en moyenne ; Fonction d'incidence ; COVID-1.

#### Abstract:

Mathematical modeling plays a crucial role in epidemiology to better understand epidemic phenomena, characterize them and quantify the risks of epidemics as well as to optimize the means to control them. The objective of this thesis is to develop and perform a probabilistic analysis of stochastic epidemiological models ad-hoc to COVID 19 by first showing that our proposed models are mathematically and biologically well posed, and then by justifying the theoretical results obtained by numerical simulations.

Chapter 1 reviews the basic concepts of mathematical modeling in epidemiology. Namely, compartmental models, the basic reproduction number  $R_0$ , and the numerical simulation methods that represent an interesting component of mathematical modeling. In chapters 2 and 3, we present the theoretical mathematical framework necessary for our work. Thus, we give an overview of the important notions of probability calculus and stochastic calculus and then we present the different stability aspects of different types of stochastic differential equations. Chapter 4 is structured as follows : In section 4.1, we have given the specificities of COVID-19 and the virus involved SARS-CoV-2 in order to achieve a good modeling of the dynamics of this epidemic. Section 4.2 is reserved for the study of the stochastic model SUQC and the study of the effects of media coverage on the transmission dynamics of COVID-19. Thus, after a presentation of the proposed model we study the existence and uniqueness of a global positive solution, and then we will give sufficient conditions for the extinction and persistence in mean of the disease. Section 4.3 is reserved for a new stochastic model with treatment where we divide the whole population into six classes : S, Is, Ia, Qw, Qu and R. Here we consider the presence of different quarantined cases and the presence of different asymptomatic cases. We discuss the stochastic thresholds for extinction and persistence in mean of the disease.

Finally, in Section 4.4 we propose a stochastic model with white noise and general media induced incidence  $g(S, U)$  for the epidemic dynamics and control of COVID-19. This model accounts for parameters and variables pertaining to the effects of quarantine or confirmation methods on the epidemic . We showed that the model is well-posed and established sufficient conditions for the extinction and persistence in mean of the epidemic.

keywords : Stochastic epidemic model ; Extinction ; Persistence in mean ; General rate incidence ; Coronavirus disease 2019