

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr HACHIMI Hanaa	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Kénitra	PES	Présidente
Pr RAGUSA Maria Alessandra	Université de Catania, Italie	PES	Rapporteur & Examineur
Pr HATTAF Khalid	Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation, Casablanca	PES	Rapporteur & Examineur
EL MASSOUDI M'hamed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur & Examineur
Pr LAHMI Badr	Faculté des Sciences, Meknès	MCH	Examineur
Pr MELIANI Said	Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal	PES	Examineur
Pr AIT HAMMOU Mustapha	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, USMBA, Fès	MCH	Examineur
Pr AZROUL Elhoussine	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse



Résumé :

La modélisation mathématique est un outil essentiel pour les décideurs politiques dans la conception d'interventions efficaces et aide les gestionnaires de la santé à développer des programmes de santé publique ciblés. Au cours des dernières années, l'utilisation des équations différentielles d'ordre fractionnaire dans les modèles biologiques, en particulier dans les modèles épidémiologiques a considérablement augmenté. Cette thèse exploite le calcul fractionnaire pour explorer les modèles épidémiologiques et éco-épidémiologiques.

Tout d'abord, nous développons un modèle du VIH qui capture la dynamique complexe de l'épidémie, en intégrant les effets de la migration à l'aide des opérateurs Caputo et Atangana-Baleanu (ABC). En utilisant des équations différentielles d'ordre fractionnaire, ce modèle offre une représentation plus détaillée et précise des processus biologiques par rapport aux modèles d'ordre entier classiques, en tenant compte des interactions à long terme, des périodes de latence et des temps de récupération, qui sont essentiels pour modéliser la progression et le contrôle de la maladie.

Ensuite, nous analysons la dynamique de transmission des parasites marins en utilisant les dérivées de Caputo et ABC. Cette approche offre des perspectives plus approfondies que les méthodes traditionnelles, en soulignant le rôle crucial des effets de mémoire dans la détermination des dynamiques de transmission des parasites marins.

Enfin, nous présentons un nouveau modèle de transmission du COVID-19 utilisant la dérivée ABC. Nos résultats soulignent l'importance de classer les individus infectés en deux groupes : détectés et non détectés, et de mettre en œuvre une stratégie de contrôle optimal, telle que des campagnes de sensibilisation, pour gérer efficacement la propagation du COVID-19.

Cette recherche fournit une analyse approfondie des propriétés mathématiques des modèles, y compris l'existence et l'unicité des solutions, ainsi que leur positivité et leur bornitude. De plus, la stabilité des points d'équilibre et la sensibilité des paramètres utilisés dans ces modèles sont établies. L'étude intègre également des analyses numériques utilisant diverses méthodes. En capturant les effets de mémoire et les interactions non-locales qui caractérisent les systèmes épidémiologiques et éco-épidémiologiques complexes, cette recherche améliore notre compréhension des dynamiques des maladies infectieuses.

Mots clés : Calcul fractionnaire, effets de mémoire, modèles épidémiologiques, modèles éco-épidémiologiques, VIH/SIDA, parasites marins, dynamique de la COVID-19, analyse numérique, méthodes numériques.



Modeling Infectious Disease Dynamics with Fractional-Order Differential Equations: Applications to HIV, COVID-19, and Marine Parasites

Abstract :

Mathematical modeling is a critical tool for policymakers in designing effective interventions and supports health managers in developing targeted public health programs. In recent years, the application of fractional-order differential equations, particularly in epidemiological models, has grown significantly. This thesis leverages fractional calculus to explore both epidemiological and eco-epidemiological models.

Firstly, we develop an HIV model that captures the complex dynamics of the epidemic, incorporating migration effects through both the Caputo and Atangana-Baleanu (ABC) operators. By utilizing fractional-order differential equations, this model provides a more detailed and accurate representation of biological processes compared to conventional integer-order models, accounting for long-term interactions, latency periods, and recovery times, which are essential for modeling disease progression and control.

Secondly, we examine the transmission dynamics of marine parasites using the Caputo and ABC derivatives. This approach offers deeper insights than traditional methods, emphasizing the critical role of memory effects in shaping the transmission dynamics of marine parasites.

Finally, we present a new model for COVID-19 transmission using the ABC derivative. Our findings underscore the importance of categorizing infected individuals into two groups: detected and undetected, and implementing an optimal control strategy, such as public awareness campaigns, to effectively manage the spread of COVID-19.

This research provides a thorough analysis of the mathematical properties of the models, including the existence and uniqueness of solutions, as well as their positivity and boundedness. Furthermore, the stability of equilibrium points and the sensitivity of the parameters used in these models are established. The study also incorporates numerical analyses using various schemes. By capturing the memory effects and non-local interactions that characterize complex epidemiological and eco-epidemiological systems, this research enhances our understanding of diverse infectious disease dynamics.

Keywords : Fractional Calculus, Memory Effects., Epidemiological Models, Eco-Epidemiological Models, HIV/AIDS, Marine Parasites, COVID-19 Dynamics, Numerical Analysis, Numerical Methods.