

Modélisation et contrôle de la propagation d'une épidémie: Modèle de l'anthrax.

L'humanité a été menacée depuis toujours par des virus contagieux. Ceci m'a poussé à traiter l'impact de la vaccination et l'éducation sur la dynamique de transmission de l'anthrax dans les populations animales et humaines. Les mesures de contrôle sont les stratégies prépondérantes pour freiner la propagation de la maladie.

La modélisation et le contrôle de la propagation d'une épidémie s'inscrit clairement dans le thème de l'année. L'étude, basée sur une branche particulière des équations différentielles et le prolongement du calcul variationnel, fournit une analyse précise sur la propagation des épidémies, dont les sources varient, au sein d'une population variable.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

MATHEMATIQUES (Analyse), MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

| Mots-Clés (en français) | Mots-Clés (en anglais) |
|--|--|
| <i>Contrôle optimal</i> | <i>Optimal control</i> |
| <i>Calcul différentiel</i> | <i>Differential calculus</i> |
| <i>Système linéaire</i> | <i>Linear system</i> |
| <i>Principe du maximum de Pontryagin</i> | <i>Principle of Pontryagin's maximum</i> |
| <i>Maladie du charbon</i> | <i>Anthrax</i> |

Bibliographie commentée

Pendant des décennies, des modèles mathématiques ont été utilisés pour prédire le comportement des systèmes physiques et biologiques. [5]

Historiquement, le contrôle optimal (OC) est une extension du calcul des variations. Les premiers résultats formels du calcul des variations peuvent être trouvés au XVIIe siècle. Johann Bernoulli a défié d'autres mathématiciens contemporains célèbres - tels que Newton, Leibniz, Jacob Bernoulli, L'Hôpital et von Tschirnhaus - avec le problème de la brachistochrone :

« Si une particule se déplace, sous l'influence de la gravité, quel chemin entre deux points fixes permet-il le voyage le plus court ? ». Ceci et d'autres problèmes spécifiques ont été résolu, et une théorie mathématique générale a été développée par Euler et Lagrange. La majorité des applications fructueuses du calcul des variations ont été apportées à la physique théorique, en particulier en relation avec le principe de Hamilton ou le principe de moindre action. Les premières applications à l'économie sont apparues à la fin des années 1920 et au début des années 1930 par Ross, Evans, Hottelling et Ramsey, avec d'autres applications publiées occasionnellement par la suite.

Une récente épidémie de maladie du charbon, affectant gravement les troupeaux de rennes en Sibérie, s'est avérée d'être associée à la présence de carcasses infectées ou de spores libérées de la couche active sur le pergélisol, qui fond et s'épaissit à un rythme croissant, sous-tendant ainsi la nature de resurgissement de cet agent pathogène dans la région arctique en raison du réchauffement des températures. L'anthrax est un problème mondial, maladie zoonotique et épizootique, avec un taux de létalité élevé chez les animaux infectés. Sa transmission est déclenchée par la contamination de l'environnement par des spores très résistantes qui peuvent persister dans le sol pendant plusieurs décennies.[3]

L'anthrax survient chaque année, entraînant la mort de nombreux animaux allant de centaines à des milliers et sa transmission à l'homme. Les humains contractent souvent la maladie suite à une exposition à des animaux infectés ou à leurs produits. On estime qu'environ 2 000 à 20 000 cas humains d'anthrax surviennent chaque année dans le monde. Le Ghana compte 28 maladies du bétail répertoriées, dont l'anthrax est l'une des principales occurrences dans le pays et provoque une mortalité grave du bétail et des décès dans la population humaine. La survenue de la maladie du charbon est passée de 29 cas en 2012 à 1 875 cas en 2013 et 943 cas en 2014. En plus de provoquer la mortalité humaine et animale, il a des effets dévastateurs sur l'économie et les systèmes de subsistance au Ghana et en Afrique subsaharienne, car il affecte la qualité et la quantité de viande, de lait et de fumier, provoquant ainsi une insécurité alimentaire, en particulier dans les ménages ruraux pauvres. Bien que tant de recherches aient été menées sur les maladies zoonotiques et la fièvre charbonneuse en particulier, il convient de noter que peu d'efforts ont été fournis dans l'utilisation des mathématiques pour modéliser l'impact de la vaccination et de l'éducation sur la dynamique de transmission de la maladie du charbon tant chez l'homme que chez l'animal. L'anthrax entraîne des pertes considérables de bétail et d'animaux sauvages et provoque également des infections graves et mortelles dans la population humaine. Aucun cas de transmission interhumaine de l'anthrax n'a été signalé, mais c'est l'une des maladies causant la pauvreté et affectant négativement à la fois les moyens de subsistance et la santé humaine avec de graves implications.

Dans cette étude, l'impact de l'anthrax sur la sécurité alimentaire, les revenus et la santé des êtres humains a nécessité une enquête sur la transmission et le contrôle de la maladie du charbon chez le bétail et les populations humaines grâce à la modélisation mathématique en étendant l'étude de Sinkie et Murthy. Cela est réalisé en incorporant la vaccination du bétail sensible, la contamination croisée de la population humaine et en incluant l'éducation de la population humaine comme mesure de contrôle.[1]

Problématique retenue

On établit une étude comparative de la variation de la complexité des études épidémiologiques en fonction de l'alternance des méthodes de transmission des virus. Ceci en formulant un modèle déterministe pour l'étude de propagation de l'anthrax dans les populations animales et humaines en présence d'un programme de vaccination et d'éducation.

Objectifs du TIPE

Mon objectif est de mener une première étude de control optimal pour cerner la propagation d'une

pandémie de transmission interhumaine selon une combinaison de deux fonctions de contrôle (vaccination et soins médicaux). Ensuite, le traitement du modèle épidémiologique de l'anthrax (bactérie ancienne déterrée récemment à cause du réchauffement climatique), qui touche les humains via la consommation de bétail infecté, à travers un programme de vaccination et d'éducation. Cette étude comparative a le but de distinguer la variation de complexité des études épidémiologiques selon le mode de transmission des maladies et leurs facteurs d'influence.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] ELIJAH B. BALOBA : Mathematical Analysis of the Effects of Controls on the Transmission Dynamics of Anthrax in Both Animal and Human Populations :
<https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2020/1581358/>
- [2] GRIB SARAH : Contrôle optimal d'une épidémie :
<https://www.ummo.dz/dspace/bitstream/handle/ummo/2614/Grib%2C%20Sarah.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] ELISA STELLA : Permafrost dynamics and the risk of anthrax transmission: a modelling study :
https://arca.unive.it/retrieve/handle/10278/3731601/212363/Stella_et_al_Srep_2020.pdf
- [4] TUNDE TAJUDEEN YUSUF : Optimal control of vaccination and treatment for an SIR epidemiological model : <http://www.worldacademicunion.com/journal/1746-7233WJMS/wjmsvol08no03paper04.pdf>
- [5] GUSTAVO BARBOSALIBOTTE : Determination of an optimal control strategy for vaccine administration in COVID-19 pandemic treatment :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260720314978?via%3Dihub>