

Ecological niche modeling of geographic distribution of *Bacillus anthracis* and risk of Anthrax disease in Africa

Isabirye, B.E.¹, Mayamba, A.², Zziwa, E.¹, Nakato, C.² & Rwomushana, I.¹

¹Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa (ASARECA),
P. O. Box 765, Entebbe, Uganda

²National Agricultural Research Laboratories (NARL-NARO), P. O. Box 765, Kampala-Uganda

Corresponding author: b.isabirye@asareca.org, alex.mayamba@gmail.com

Abstract

Anthrax is one of the seven major neglected zoonotic diseases in Africa. The disease is responsible for enormous economic losses as well as considerable human morbidity, especially in endemic areas. Despite this, the ecology and distribution of the causative agent, *Bacillus anthracis*, is poorly understood. At the continent level, there is glaring paucity of knowledge on the potential environments conducive for spore survival and subsequent disease outbreaks. We modeled the ecological niche of *B. anthracis* and risk of Anthrax using Maximum Entropy (MaxEnt), Bioclimatic analysis and prediction system (BIOCLIM) and a genetic algorithm (GARP). Model inputs included climatic (temperature and rainfall), topographic (slope and aspect) and records of Anthrax outbreaks in Africa. The three model performances were better than random expectations, statistically significant ($p < 0.05$), and with ROC/AUC scores ranging from 71.8% (BIOCLIM) to 88.1% (GARP). The predicted total land area of highly suitable environments ranged from 5.713 million (18.9%) to 20.044 million Km² (66.3%). Qualitative assessments of historical records of Anthrax outbreaks across Africa confirm model predictions. Conducive environments for the sporulation and viability of *B. anthracis* corresponded to a range of temperature, precipitation and topographic regimes in the semi-arid, sub-humid and dry to moist subtropical mid-latitude conditions in eastern and southern Africa. West and Central Africa, and the extreme North Africa presented marginal, while the much of the Sahel and Congo basin were predicted to be of low suitability. Results of the three models indicated extensive spatial suitability for *B. anthracis* and high risk of Anthrax in Africa. Given the current status of Anthrax in Africa (neglected zoonosis), our results should be important in efforts geared at prevention or eradication of the disease. Our findings will also aid in anticipating outbreaks and differentiating endemic/natural outbreaks from other forms outbreaks.

Key words: Africa, Anthrax, ecological niche, potential distribution, Zoonosis

Résumé

Le charbon (l'Anthrax) est l'une des sept principales maladies zoonoses négligées en Afrique. La maladie est responsable de pertes économiques énormes ainsi que de la morbidité humaine considérable, en particulier dans les zones endémiques. Malgré cela, l'écologie et la distribution de l'agent causal, *Bacillus anthracis*, sont mal comprises. Au niveau du continent, il existe

un manque flagrant de connaissances sur les environnements potentiels propices à la survie des spores et par conséquent l'éruption des maladies. Nous avons spécifié la niche écologique de *B. anthracis* et le risque de maladie du charbon à l'aide d'Entropie Maximale (*MaxEnt*), de l'Analyse Bioclimatique et le système de prédiction (BIOCLIM) et un algorithme génétique (GARP). Le modèle des entrées a inclus le climat (température et précipitations), la topographique (pente et aspect) et les dossiers d'éruption d'Anthrax en Afrique. Les trois modèles de représentations étaient mieux que les attentes aléatoires, statistiquement significative ($p < 0,05$), et avec le scores ROC /AUC, allant de 71,8% (BIOCLIM) à 88,1% (GARP). La superficie totale prévue de milieux très appropriés variait de 5,713 millions (18,9%) à 20.044.000 km² (66,3%). Les évaluations qualitatives des documents historiques des épidémies d'anthrax en Afrique confirment les prédictions du modèle. L'environnement favorable à la sporulation et la viabilité de *B. anthracis* correspond à une gamme de régimes de température, des précipitations et des topographiques dans les conditions semi-aride, semi humide et sec à humide semi tropical des latitudes moyennes en Afrique orientale et australe. L'Afrique de l'Ouest et du Centre, et l'extrême Nord de l'Afrique présentaient une situation marginale, tandis que la majeure partie des bassins du Sahel et du Congo prévoyaient être de faible aptitude. Les résultats des trois modèles ont indiqué une vaste aptitude spatiale pour *B. anthracis* et un risque élevé de maladie d'Anthrax en Afrique. Compte tenu de l'état actuel de l'anthrax en Afrique (zoonose négligée), nos résultats devraient être importants dans les efforts visant la prévention ou l'éradication de la maladie. Nos résultats aideront également à anticiper les épidémies et la différenciation des foyers endémiques / naturelles à partir d'autres formes d'éruptions.

Mots clés: Afrique, Anthrax, niche écologique, distribution potentielle, les zoonoses
