RUFSO **Revue "Université sans Frontières pour une Société Ouverte"**
ISSN : 2313-285x (en-ligne)
Volume 36 : numéro 3
DOI : 10.55272/rufso.rjsse

Article :

Langue : Français
Publiée : 05 Mars 2024
Droits d'auteur : cette publication a été publiée en libre accès selon les termes et conditions de la licenceCreative Commons Attribution (CC BY) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Analyse spatiale de la malnutrition aiguë sévère dans le district sanitaire de Tombouctou au Mali, de 2016 à 2021.

KAKESI MAMBWENI Geoffray[1], Magloire BUNKEMBO MAMPINDU[2], Amadou Tila KEBE[3], Samou DIARRA[4]

Résumé

La Malnutrition Aiguë Sévère (MAS) est la forme la plus immédiate, la plus visible et la plus dangereuse de la malnutrition. Le Mali fait face à un problème récurrent de la dénutrition sous toutes ses formes depuis 2012. La région de Tombouctou comme toutes les régions du Nord du MALI fait face à l'insécurité et le conflit armé, à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi qu'au changement climatique. Cette étude a permis de savoir quelle est la distribution de malnutrition aiguë sévère dans le district sanitaire de Tombouctou.

Nous avons réalisé une étude transversale rétrospective des données d'admission des cas de malnutrition aiguë sévère de janvier 2016 à décembre 2021 dans le district sanitaire de Tombouctou. Nous avons réalisé une analyse rétrospective purement spatiale selon un modèle de probabilité de Poisson afin de scanner les zones avec les forts taux. Nous avons estimé un foyer spatial circulaire maximal de 50% des populations à risque. L'erreur α est fixée à 0.05%.

Comme résultat, de 2016 à 2021, 9871 enfants ont été admis dans les structures de prise en charge avec une moyenne de 11 et écart type de 9,77. Analyse a trouvé trois clusters statistiquement significatifs basés sur la moyenne annuelle des cas malnutris aigue sévère dans les aires de santé.

Nous trouvons donc que l'analyse de la distribution spatiale de la malnutrition dans le district sanitaire de Tombouctou montre l'existence des foyers ou clusters.

Mots clés : Malnutrition, Satscan, Spatial, SNIS, SIG

[1] Md MPH, UPFA, Mali. geoffraykakesi@rocketmail.com
[2] DPHU, Bamako, Mali. bunkmagloire@yahoo.fr
[3] Action Contre la Faim, Mali
[4] Centre de santé de référence de Kayes, Mali

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

Spatial analysis of severe acute malnutrition in the health district of Timbuktu, Mali, from 2016 to 2021.

Abstract

Severe Acute Malnutrition (SAM) is the most immediate, visible and dangerous form of malnutrition. Mali has been facing a recurrent problem of undernutrition in all its forms since 2012. The Timbuktu region, like all northern regions, is facing insecurity and armed conflict, food and nutritional insecurity and climate change. This study investigated the distribution of severe acute malnutrition in the health district of Timbuktu.

We carried out a retrospective cross-sectional study of admission data for cases of severe acute malnutrition from January 2016 to December 2021 in the Timbuktu health district. We performed a purely spatial retrospective analysis using a Poisson probability model to scan areas with high rates. We estimated a maximum circular spatial focus of 50% of at-risk populations. The α error is set at 0.05%.

As a result, from 2016 to 2021, 9871 children were admitted to the care structures, with a mean of 11 and standard deviation of 9.77. Analysis found three statistically significant clusters based on the annual average of severe acute malnutrition cases in the health areas.

We therefore find that analysis of the spatial distribution of malnutrition in the Timbuktu health district shows the existence of foci or clusters.

Keywords: Malnutrition, Satscan, Spatial, SNIS, GIS

Introduction

La Malnutrition Aiguë Sévère (MAS) est la forme la plus immédiate, la plus visible et la plus dangereuse de la malnutrition. Les enfants atteints de cette maladie sont trop maigres par rapport à leur taille et présentent un système immunitaire affaibli qui les expose aux retards de développement, aux maladies et à la mort. Comme d'autres formes de la malnutrition, la MAS peut être causée par la malnutrition maternelle, l'insuffisance pondérale à la naissance, de mauvaises pratiques d'alimentation et de soins, et les infections. Elles sont aggravées par l'insécurité alimentaire dont celle causée par les sécheresses et les inondations induites par le changement climatique, l'accès limité à l'eau potable et la pauvreté. Nous notons parmi les facteurs favorisants le conflit et les épidémies (1) (2). La malnutrition aiguë est multifactorielle (4). Unicef estime que seul un enfant malnutris aigue sévère sur trois reçoit en temps voulu le traitement et les soins dont il a besoin pour survivre et s'épanouir (1). En 2020, il est estimé que 45,4 millions d'enfants de moins de 5 ans souffrent de MAS à travers le monde et plus d'un quart de ces enfants vivent en Afrique (3). Unicef estime que malnutrition aiguë sévère est responsable d'un cinquième des décès chez les enfants âgés de moins de 5 ans (4). Le monde s'est mobilisé pour lutter contre cette maladie. La prise en charge des cas a été codifié par l'OMS et par les pays. Ces derniers ont développé les protocoles nationaux de prise en charge. Les pays fournissent des efforts pour atteindre les objectifs de développement mais le nombre d'enfants de moins de 5 ans qui meurent de la pneumonie, de la diarrhée ou du paludisme, associés à la malnutrition reste élevé (5). La malnutrition reste l'indicateur le plus sensible de la qualité de soins de santé (6). L'approche

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

globale et holistique avec possibilités d'adaptation du programme est recommandée pour des contextes présentant une forte prévalence de la malnutrition chez les enfants de moins de cinq ans (7).

Le Mali fait face à un problème récurrent de la dénutrition sous toutes ses formes depuis 2012. La région de Tombouctou comme toutes les régions du Nord fait face à l'insécurité et le conflit armé, à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle ainsi qu'au changement climatique. Le conflit vient exacerber l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. Eran Bendavid et all estime que le conflit augmente le risque de mourir de plus de 25% des enfants qui y sont exposés (8). Les régions du Nord sont plus touchées par la malnutrition. La malnutrition est un problème de santé publique dans la région de Tombouctou où les tendances de la prévalence de la malnutrition aiguë sévère restent les plus souvent au-dessus du seuil d'urgence de l'OMS. Selon les enquêtes SMART national était estimé à 2,7% [1,7 - 4,3] en 2016, à 2,1% [1,3 - 3,5] en 2017, à 1,8% [1 - 3,2] en 2018, à 2,5% [1,6 – 4] en 2019, à 2,8% [1,9 – 4] en 2020 et à 1,7% [1 - 2,8] en 2021. Il n'y a pas une différence significative à travers les années.

Pour formuler les politiques d'amélioration de la nutrition des enfants, l'identification des zones géographiques où les enfants sont gravement menacés par la dénutrition est essentielle. Une approche ciblée pour toucher les populations à haut risque est essentielle pour réduire la malnutrition aiguë (6) (9). Plusieurs méthodes ont été proposées. Nous pouvons noter deux grands groupes. Le groupe qui utilise les méthodes statistiques avancées telles que l'analyse de composante principale (ACP) associés à la classification hiérarchique des déterminants socio-économique de la dénutrition afin d'identifier les tendances du statu nutritionnel (10). Le second groupe est celui qui utilise le système d'information géographique. L'analyse spatio-temporelle montre l'importance de la compréhension des facteurs de risque de la morbidité liée à la malnutrition (4) (11) et permet aussi d'estimer l'impact du programme (7). La répartition de la malnutrition dans le monde présente des différences spatiales et elle est concentrée dans certaines zones (cluster) (12). Ces zones aussi appelées « hot spot » doivent attirer l'attention des planificateurs et des décideurs de la santé afin de lutter efficacement contre la dénutrition (6) (13). Les interventions ciblées sur les besoins régionaux peuvent être plus bénéfiques pour répondre aux besoins de la population que les interventions aléatoires (14).

L'utilisation des GIS dans recherche sanitaire s'est très développée dans les 10 dernières années entre 2010 à 2020 (14) et elle est butée par plusieurs barrières tels que le manque de données spatiales précises, le coût élevé et la complexité des logiciels SIG, ainsi que les restrictions en matière de protection de la vie privée et de confidentialité (15). L'utilisation de GIS est classée parmi les méthodes de suivi et de surveillance dans le domaine de santé publique (16). Ses domaines d'application deviennent des plus en plus variés tels que le paludisme, la malnutrition, la diarrhée, etc. Pour faire l'analyse temporelle et spatiale de la malnutrition, la combinaison de différentes sources de données offrent un nouveau potentiel. Les récents développements dans le domaine des SIG démontrent la possibilité de surmonter ces barrières (15). Shamsuddin and all. a identifié 10 méthodes d'analyse spatiale de la malnutrition chez l'enfant de moins de 5 ans. Le plus souvent cette analyse est réalisée par la combinaison des plusieurs méthodes à savoir i) spatial régression model; ii) spatial autocorrélation/clustering and iii) spatial interpolation. Très peu d'auteur utilise Kulldorf spatial scan analysis comme méthode de clustering (14). La majorité des analyses sont faites avec des données d'enquêtes socio démographique mais les données des systèmes nationaux d'information sanitaire ne sont presque pas utilisées. L'analyse SMART donne la possibilité de réaliser une analyse spatiale mais cette fonctionnalité est souvent sous exploitée.

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

Ainsi dans cette étude nous proposons l'utilisation des données issues du système national d'information sanitaire afin de détecter les clusters de la malnutrition au sein du district sanitaire.

Cette étude permet de répondre à la question : quelle est la distribution de malnutrition aiguë sévère dans le district sanitaire de Tombouctou ?

Notre hypothèse d'étude est que la malnutrition aigüe sévère est repartie aléatoirement dans le district sanitaire de Tombouctou.

L'objectif de cette étude de décrire la distribution spatiale de la malnutrition aigüe sévère dans le district sanitaire de Tombouctou.

Méthodologie

Nous avons réalisé une étude transversale rétrospective de la distribution des cas de malnutrition dans le district sanitaire de Tombouctou.

L'étude a été menée dans le district sanitaire de Tombouctou au Nord du Mali en 2022.

Elle a concerné tous les cas admis Malnutris aigue sévère dans les 16 aires de santé du district sanitaire de Tombouctou et rapporté dans le système national d'information sanitaire du Mali (DIHS2) de janvier 2016 à décembre 2021. Ils ont été admis comme cas de Malnutrition aiguë sévère selon les critères spécifiques définis par le Protocole de Prise en Charge Intégrée de la Malnutrition Aiguë au Mali: rapport Poids/Taille < -3 Z score ou Périmètre Brachial < 115 mm Œdèmes à une croix (+) sans autres complications et un bon appétit (au niveau du centre de santé) (17). Il s'agit des aires de santé de M'Babou, Hondoubomo Koina, Issafaye, Tin Telout, Toya, Ber, Eryntédjeft, Teherdjé, Zarho, Beregoungou, Bourem Inaly, Aglal, Bori, Bellefarandi, Kabara et Sankoré. Les admissions des enfants de moins de 6 mois ont été exclus de cette étude. Les aires de santé d'Arnassaye, Centre de Santé de Référence de Tombouctou, Darsalam, Gourou et de Tindjambane ont été exclus de cette analyse du fait de l'absence d'offre de prise en charge de la malnutrition aiguë pour certaines et de la fonctionnalité tardive de l'unité de prise en charge dans la période de l'étude pour d'autres. La complétude des données était de 98%.

Les coordonnées géographiques des aires de santé utilisées dans cette étude sont issues de DHIS2 et le fond de carte Shape file Admin 2 provient d'humanitarian data exchange : https://data.humdata.org/ et la population de chaque aire de santé est celle de la carte sanitaire du district sanitaire de 2022.

Pour cette analyse nous avons considéré la moyenne annuelle des cas malnutris aigue sévère, les coordonnées géographiques (longitude et latitude) et la population de chaque aire de santé. Toutes les variables ont été compilées dans un seul fichier Excel en vue de son importation sur SaTscan.

Bias : Nous avons éliminé les données manquantes des cas d'admission de notre analyse.

La moyenne annuelle des cas a été calculée à l'aide du logiciel Excel. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel SaTScan v10.1. qui est un logiciel the spatial and space – time scan statistique conçu par Martin Kulldorff : https://www.satscan.org/. Nous avons réalisé une analyse rétrospective purement spatiale selon un modèle de probabilité de Poisson afin de scanner les zones avec les forts taux. Nous avons estimé un foyer spatial circulaire maximal de 50% des populations

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

à risque. L'erreur α est fixée à 0.05%. Le résultat a été représenté sous forme de carte à l'aide du logiciel QGIS 3.26.3-Buenos Aires.

Résultats

De 2016 à 2021, 9871 enfants ont été admis dans les structures de prise en charge avec une moyenne de 11 et écart type de 9,77 (tableau 1).

Pendant l'analyse, nous avons trouvé trois clusters statistiquement significatifs basés sur la moyenne annuelle des cas malnutris aigue sévère dans les aires de santé. Le cluster 1 est composé des aires de sante de M'Babou, Tin Telout, Issafaye, Toya. Le cluster 2 est composé de Eryntédjeft. Le cluster 3 est composé de Aglal, Bori, Beregoungou, Bourem Inaly, Ber, Kabara. Les caractéristiques de ces clusters sont présentées sur le tableau 2.

La représentation spatiale des clusters sur une carte donne un aperçu visuel de la distribution des cas malnutris aigue sévère dans les aires de santé. (figure 1)

Discussion

Le résultat de cette étude montre que la distribution spatiale des cas de la malnutrition aiguë sévère dans le district sanitaire de Tombouctou n'est pas aléatoire mais présente des foyers ou clusters. Nous avons trois clusters avec les risques relatifs respectivement de 3,53, 3,13 et 1,63. Cette tendance a été confirmée au niveau mondial, national et local par d'autres études (6)(16)(18)(19)(12).

La tendance des cas de la malnutrition dans une communauté suit une saisonnalité c'est qui explique l'utilisation de la moyenne annuelle des cas. La connaissance de la saisonnalité et de l'environnement de la malnutrition aiguë fait partie des trois fondamentaux nécessaires pour comprendre la malnutrition aigüe à coté de Systèmes et institutions ainsi que le Systèmes de subsistance (20).

La majorité des interventions de réponse à la malnutrition faite dans ce district ne tient pas compte de la distribution des cas sous forme de foyer. Dans le contexte de réduction de financement humanitaire et problème d'insuffisance de financement local et étatique, il serait mieux de penser à l'efficience des interventions. Les interventions doivent alors prioriser les foyers ou clusters. Cette stratégie de réponse a été soutenue par d'autres études comme solution appropriée pour une réponse optimale à la dénutrition (6)(10)(21)(19). Une approche holistique du programme adapté au contexte local est aussi recommandée (7).

Les outils utilisés dans cette analyse sont disponibles et gratuits. Ils ne nécessitent pas une grande technicité. Ainsi ils peuvent être utilisés par l'équipe cadre de district sanitaire pour la planification opérationnelle de la réponse nutritionnelle dans le contexte d'urgence et d'intégration de la malnutrition dans le paquet minimum d'activité.

La limite de cette étude est l'utilisation des données agrégées par aire de santé et la complétude des données du système national d'information sanitaire. La malnutrition étant multifactorielle, nous n'avons pas pris en compte les autres facteurs issus du cadre conceptuel de la malnutrition tel qu'adapté par Unicef dans la détermination des clusters. Mais les experts estiment qu'un

nouveau cadre conceptuel adapté aux zones arides en prenant en compte les déterminants climatique et non climatique de la malnutrition est nécessaire pour la production des nouvelles preuves dans le cadre des futures recherches (20)(22).

Conclusion

Cette analyse de la distribution spatiale de la malnutrition dans le district sanitaire de Tombouctou montre l'existence des foyers ou clusters. Ceci est nécessaire pour améliorer la planification de la réponse de la malnutrition par le système de santé dans le contexte d'urgence afin d'améliorer l'efficience et l'efficacité des interventions. Ce type d'analyse peut être faite au niveau local.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts

Qu'est ce qui est connu sur ce sujet

- La malnutrition est un problème de santé publique dans les zones de conflits
- La distribution des cas de la malnutrition peut être aléatoire ou sous forme de foyer.
- L'utilisation des données des enquêtes dans les analyses spatiales de la malnutrition
- La majorité des interventions de lutte contre la malnutrition se font globalement dans le district sanitaire.

Qu'est-ce que votre étude apporte de nouveau

- Possibilité de faire l'analyse spatiale au niveau local avec les logiciels open sources disponibles et accessibles à tous
- Utilisation des données du système national d'information sanitaire dans l'analyse spatiale
- La connaissance sur la distribution spatiale de la malnutrition sous forme de foyer dans le district de Tombouctou.

Contributions des auteurs

Conception et formulation de l'étude : Geoffray MAMBUENI KAKESI YAYA.

Analyse et interprétation des données : Geoffray MAMBUENI KAKESI YAYA, Amadou Tila KEBE et Samou DIARRA. Tous les auteurs ont lit et donné leur accord pour le manuscrit.

Tableaux et figures

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

Tableau 1 : Les admissions annuelles des cas de malnutrition aiguë sévère dans les unités de prise en charge dans le district sanitaire de Tombouctou de 2016 à 2021.

Aire de santé	Somme	Moyenne	Ecart type	Max	Min
Bellefarandi	1313	19,03	12,06	60	1
Ber	1064	19,7	17,07	54	2
Toya	935	15,08	5,93	29	2
Sankoré	839	12,16	13,29	105	1
Aglal	612	8,74	4,62	38	3
Kabara	603	11,17	8,67	44	1
Bori	577	9,16	12,06	93	1
Hondoubomo Koina	563	9,08	5,81	29	1
Bourem Inaly	558	9,15	6,27	30	2
Teherdjé	498	7,9	4,65	22	1
Eryntédjeft	488	13,56	11,83	34	1
Beregoungou	480	9,8	5,33	24	2
Issafaye	431	6,34	2,47	13	2
Tin Telout	409	6,93	5,5	27	1
Zarho	266	5,78	2,49	10	2
M'Babou	235	21,36	6,8	33	10

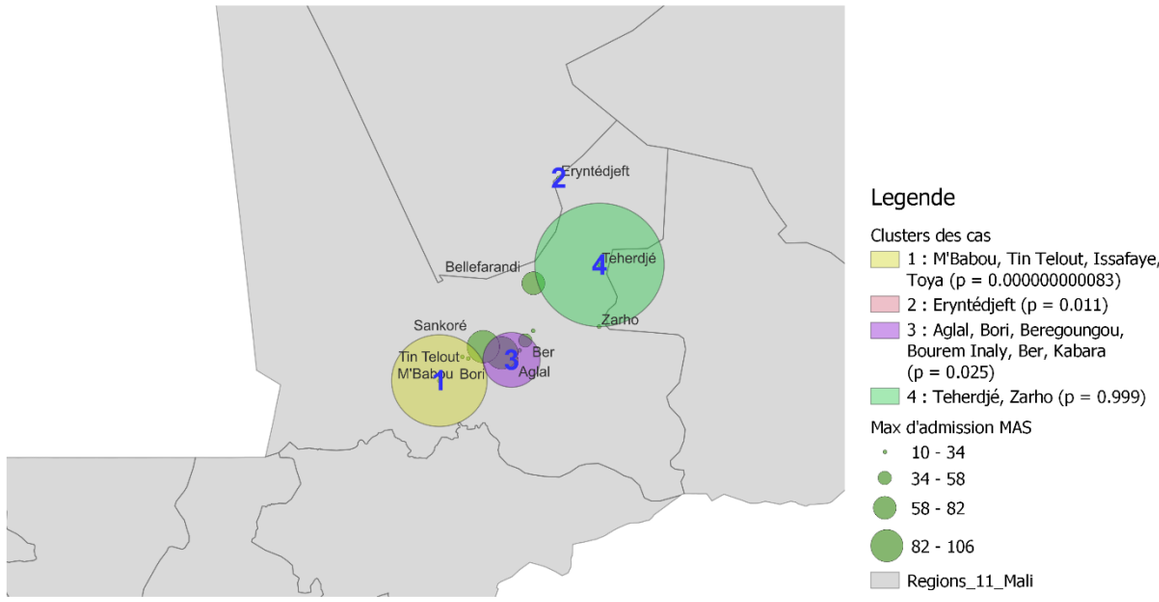
Tableau 2 : Les caractéristiques de ces clusters

Cluster	1	2	3	4
Location IDs included.	M'Babou, Tin Telout, Issafaye, Toya	Eryntédjeft	Aglal, Bori, Beregoungou, Bourem Inaly, Ber, Kabara	Teherdjé, Zarho
Radius	58.42 km	0 km	34.89 km	78.50 km
Gini Cluster	Yes	Yes	Yes	No
Population	3018	830	8557	2051
Number of cases	49	14	68	14
Expected cases	17.13	4.71	48.57	11.64
Annual cases / 100000.	1620.2	1683.3	793.0	681.2
Observed / expected	2.86	2.97	1.40	1.20
Relative risk	3.53	3.13	1.63	1.22
Log likelihood ratio	22.866031	6.202737	4.907257	0.240404
P-value	0.000000000083	0.011	0.025	0.999

Figure 1 : Représentation spatiale des clusters

DOI: 10.55272/rufso.rjsse
site: https://rufso.ac.cd/journal/rjsse

Analyse Spatiale des admissions MAS dans le DS de Tombouctou (2016 - 2021)



Références

1. UNICEF. Nutrition and care for children with wasting [Internet]. Unicef. 2021 [cited 2023 May 1]. p. 1–8. Available from: https://www.unicef.org/nutrition/child-wasting

2. Rowhani P, Degomme O, Guha-Sapir D, Lambin EF. Malnutrition and conflict in East Africa: The impacts of resource variability on human security. Clim Change [Internet]. 2011;105(1):207–22. Available from: https://biblio.ugent.be/publication/2039220

3. UNICEF/WHO/WORLD BANK. Levels and trends in child malnutrition UNICEF / WHO / World Bank Group Joint Child Malnutrition Estimates Key findings of the 2021 edition. World Heal Organ [Internet]. 2021;1–32. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240025257

4. Enfant US. L'émaciation sévère : Une urgence passée sous silence qui menace la survie des enfants. Unicef. 2022.

5. Winskill P, Hogan AB, Thwing J, Mwandigha L, Walker PGT, Lambert B. Health inequities and clustering of fever, acute respiratory infection, diarrhoea and wasting in children under five in low- and middle-income countries: a Demographic and Health Surveys analysis. BMC Med [Internet]. 2021;19(1):144. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34162389/

6. Seboka BT, Alene TD, Ngusie HS, Hailegebreal S, Yehualashet DE, Gilano G, et al. Spatial variations and determinants of acute malnutrition among under-five children in ethiopia: Evidence from 2019 ethiopian demographic health survey. Ann Glob Heal [Internet]. 2021;87(1):114. Available from: https://europepmc.org/article/PPR/PPR368084

7. Osunmakinwa OO, Oladoyin VO, Okunlola O, Ibirongbe D, Oyeyemi OT, Awosusi A, et al. Addressing Malnutrition in Children: An Appraisal of the Ondo State Nutrition Program. Cureus [Internet]. 2022;14(8):e28595. Available from: https://lens.org/155-985-294-894-142

8. Bendavid E. The effects of armed conflict on the health of women and children. Eur PMC Funders Gr. 2022;397(10273):522–32.

9. Chuang Y. Spatial analysis and mapping of child malnutrition in Burkina Faso. Eur J Public Health [Internet]. 2019;29(Supplement_4). Available from: https://academic.oup.com/eurpub/article/29/Supplement_4/ckz187.187/5623150

10. Striessnig E, Bora JK. Under-Five Child Growth and Nutrition Status: Spatial Clustering of Indian Districts. Spat Demogr [Internet]. 2020;8(1):63–84. Available from: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/207059/1/1049121538.pdf

11. Wambui KM, Musenge E. A space-time analysis of recurrent malnutrition-related hospitalisations in Kilifi, Kenya for children under-5 years. BMC Nutr [Internet]. 2019;5(1):1–9. Available from: https://figshare.com/collections/A_space-time_analysis_of_recurrent_malnutrition-related_hospitalisations_in_Kilifi_Kenya_for_children_under-5_years/4529816

12. Almasi A, Zangeneh A, Saeidi S, Naderi SR. Study of the Spatial Pattern of Malnutrition (Stunting , Wasting and Overweight) in Countries in the World Using Geographic Information System. Int J Pediatr [Internet]. 2019;7(70):10269–81. Available from: https://iranjournals.nlai.ir/handle/123456789/318411

13. Aheto JMK, Dagne GA. Geostatistical analysis, web-based mapping, and environmental determinants of under-5 stunting: evidence from the 2014 Ghana Demographic and Health Survey. Lancet Planet Heal [Internet]. 2021;5(6):e347–55. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542519621000802

14. Shamsuddin AS, Abu Bakar WAM, Ismail SNS, Jaafar NH, Yassin WM, Norhizat M. A Review of Spatial Analysis Application in Childhood Malnutrition Studies. Malaysian J Med Sci [Internet]. 2022;29(5):24–38. Available from: https://lens.org/129-719-599-471-349

15. Marx S, Phalkey R, Aranda-Jan CB, Profe J, Sauerborn R, Höfle B. Geographic information analysis and web-based geoportals to explore malnutrition in Sub-Saharan Africa: A systematic review of approaches. BMC Public Health [Internet]. 2014;14(1):1189. Available from: https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-14-1189

16. Fitriangga A, Albilardo G, Pramulya M. Distribution and Spatial Pattern Analysis on Malnutrition Cases: a Case Study in Pontianak City. Malaysian J Public Heal Med [Internet]. 2020;20(2):56–64. Available from: http://mjphm.org/index.php/mjphm/article/view/477

17. Direction Nationale de la Santé MALI. Protocole de prise en charge intégrée de la malnutrition aiguë au Mali, version révisée 2017. Rapport du Ministère Malien de la Santé. Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique. 2017.

18. Hasan MT, Mamun AA, Williams GM, Soares Magalhães RJ. Spatiotemporal heterogeneity of malnutrition indicators in children under 5 years of age in Bangladesh, 1999-2011. Public Health Nutr [Internet]. 2018;21(5):857–67. Available from: https://www.cambridge.org/core/journals/public-health-nutrition/article/spatiotemporal-heterogeneity-of-malnutrition-indicators-in-children-under-5-years-of-age-in-bangladesh-19992011/5A2899EB3F0499F0E944E9B2E5351BAD

19. Muche A, Melaku MS, Amsalu ET, Adane M. Using geographically weighted regression analysis to cluster under-nutrition and its predictors among under-five children in Ethiopia: Evidence from demographic and health survey. PLoS One [Internet]. 2021;16(5 May):e0248156. Available from: http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0248156

20. Young H, Osman A, Marshak, Radday A, Olesambu E, Jenkins N, et al. Improving the

way we address acute malnutrition in Africa's drylands. F Exch - Emerg Nutr Netw ENN [Internet]. 2021;(65):14–7. Available from: https://www.ennonline.net/attachments/4048/FEX-65.pdf

21. Singh KJ, Chiero V, Kriina M, Alee NT, Chauhan K. Identifying the trend of persistent cluster of stunting, wasting, and underweight among children under five years in northeastern states of India. Clin Epidemiol Glob Heal [Internet]. 2022;18:101158. Available from: https://lens.org/069-051-351-988-06X

22. Rabbi SE, Ali M, Costa LC, Pradhan P, Rahman A, Yunus FM, et al. Identifying climatic and non-climatic determinants of malnutrition prevalence in Bangladesh: A country-wide cross-sectional spatial analysis. Spat Spatiotemporal Epidemiol [Internet]. 2021;37:100422. Available from: https://europepmc.org/article/MED/33980410