



Lenteur de propagation de la COVID-19 en Afrique subsaharienne : réalité ou sommet de l'iceberg ? Cas de la République Démocratique du Congo

Low progression of COVID-19 pandemic in sub-Saharan Africa: reality or iceberg's tip?

François Bompeka Lepira¹, Yannick Mayamba Nlandu¹, Jean-Robert Risassy Makulo¹, Rosette Kevaani², Lepira², Daniel Kuezina Tondouangu³, Jacques Laniet Mangalaboyi⁴

Correspondance

François Bompeka Lepira
Courriel: lepslepira@yahoo.fr

1 Service de Néphrologie-Dialyse, Département de Médecine Interne, cliniques Universitaires de Kinshasa.

2 Unité de pneumologie Pédiatrique, Service de Cardiologie, Pneumologie et Oncologie, Département de Pédiatrie, Cliniques Universitaires de Kinshasa.

3 Service de Réanimation Médicale, Hôpital de Sens, France.

4 Chef Honoraire du Service de Réanimation Médicale, Hôpital de Lille.

Monsieur l'Editeur. Après la Chine, l'Europe et les Etats Unis d'Amérique, l'Afrique Subsaharienne (ASS) connaît, depuis mars 2020, l'épidémie à COVID-19. Avant l'arrivée de cette épidémie, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les Experts en santé prédisaient tous une propagation fulgurante de la COVID-19 en ASS avec une mortalité sans précédent (1-3). Cette prédiction apocalyptique de l'impact de l'épidémie à COVID-19 en ASS était fondée sur la conjonction de plusieurs facteurs de vulnérabilité incluant, entre autres, la fragilité du système de santé et de l'économie, la promiscuité interindividuelle et la pauvreté extrême des populations vivant au jour le jour sans provisions, l'endémicité de certaines pathologies chroniques pouvant faire le lit de la COVID-19, telles que l'infection à VIH/SIDA, le paludisme, la drépanocytose, la malnutrition (4-8), l'accès limité à l'eau potable et aux médicaments essentiels, le déni de la maladie lié à un taux élevé d'analphabétisme et les échanges commerciaux intenses avec des pays asiatiques et européens, tels que la Chine, la France, la Belgique et l'Italie (1).

Cependant, force est de constater qu'après 8 semaines d'épidémie, la propagation de l'infection à virus « SARS-CoV-2 » et la maladie COVID-19 subséquente ne semble pas corroborer les prévisions et les projections faites en référence à l'épidémie en cours dans les pays cités ci-dessus (2). La propagation de

les pays de l'ASS paraît moins rapide et peu mortelle avec des différences notables entre les pays (9). En effet, selon le rapport de l'OMS du 2 mai 2020, le nombre de cas biologiquement confirmés et de décès était estimé, après 8 semaines d'épidémie, à 27,973 cas et 1,013, soit une létalité de 3,6 % (10) avec l'Afrique Sud portant le plus lourd fardeau de la COVID-19.

En République Démocratique du Congo (RDC), le rapport épidémiologique journalier du Comité Multisectoriel de la Riposte contre la COVID-19 du 5 mai 2020 indiquait un nombre total de cas biologiquement confirmés et de décès, respectivement, de 797 et 35, soit une létalité de 4,4 %, avec la majorité de cas (93%) concentrés dans la Ville de Kinshasa (11). Face à cette lente évolution de l'épidémie à COVID-19 en ASS, en général, et en RDC, en particulier, la question qui vient à l'esprit est celle de savoir si c'est une réalité ou simplement le sommet de l'iceberg. Pour tenter d'expliquer ces variations intercontinentales et inter-pays de l'allure de l'épidémie, il y a lieu de considérer, en référence au triangle épidémiologique, trois facteurs majeurs : l'agent c'est-à-dire le « SARS-CoV-2 » responsable de la COVID-19, l'hôte c'est-à-dire l'homme africain, l'environnement physique, socio-culturel et économique. À côté de ces trois facteurs, le caractère opérationnel du système de santé et la réponse au niveau politique et stratégique influent aussi grandement sur l'allure d'une épidémie.

S'agissant de l'agent (SARS-CoV-2), il y a lieu de se demander s'il a subi, au cours de sa progression à travers les différents continents, des mutations ayant diminué sa virulence. En effet, les virus à ARN sont sujets à de multiples mutations liées aux erreurs de réplication du virus au sein de la cellule hôte. À cet égard, Yao *et al.* ont dans une étude menée en Chine, mis en évidence des mutations acquises du SARS-Cov-2 qui pouvaient modifier de façon considérable la pathogénicité de ce virus (12). D'où la nécessité des études africaines de séquençage du SARS-Cov-2 pour étayer ou non cette hypothèse. Une autre possibilité envisageable, au cas où le virus garderait sa rapidité d'expansion et son degré de virulence, serait probablement une meilleure défense de l'organisme de l'hôte déjà exposé continuellement à d'autres virus/germes ou, éventuellement, les moyens de prévention (cas du BCG pour la prévention de la tuberculose) ou de traitement (cas de la chloroquine dans le traitement du paludisme et de maladies rhumatismales chroniques) (1, 13).

En ce qui concerne le deuxième facteur, plusieurs études ont montré l'importance du

terrain (hôte) comme l'un des déterminants majeurs de l'installation et la progression de l'infection à SARS-CoV-2. En effet, il a été rapporté que la forte mortalité observée dans les pays Occidentaux et en Chine était liée, entre autres, à une proportion plus grande de personnes âgées parmi les personnes atteintes de COVID-19. Cette forte susceptibilité de personnes âgées serait liée, entre autres, à l'immunodépression associée et aux comorbidités, telles que l'obésité, l'hypertension, le diabète, les pneumopathies chroniques obstructives (14-16). À cet égard, il a été rapporté dans une méta-analyse qu'après ajustement pour l'âge et le tabagisme, la bronchopneumopathie obstructive (HR 2,81 ; IC 95% : 1,42-5,04), le diabète (HR 1,59; IC 95% : 1,03-2,45), l'hypertension (HR 1,58 ; IC 95% : 1,07-2,32) et le cancer (HR 3,50; IC 95% : 1,60-7,64) étaient les principaux prédicteurs de la mortalité (14). En RDC, les différents rapports épidémiologiques journaliers du Comité Multisectoriel de la riposte contre la COVID-19 (11) indiquent que la mortalité est très élevée chez les patients présentant des comorbidités telles que l'hypertension, dont la prévalence à Kinshasa de près de 30% avoisine celle de certains pays occidentaux (17). En ASS, la pyramide des âges, dans la plupart de pays, étant dévié vers les âges plus jeunes, on pourrait donc penser que ces jeunes auraient moins de comorbidités et, donc, se défendraient mieux contre la COVID-19. Cependant, il faut nuancer cette hypothèse car les maladies chroniques non transmissibles et leurs facteurs de risque associés survenant à un âge plus jeune en ASS comparativement à l'Occident, l'âge chronologique (démographique) ne correspond pas toujours à l'âge vasculaire qui permet de mieux évaluer le risque cardiovasculaire (18). C'est dire qu'un jeune de 40 ans avec multiples comorbidités peut avoir l'âge vasculaire d'une personne de 60 ans et plus et, donc, être plus à risque de COVID-19 comparativement au jeune du même âge sans comorbidités. Au-delà des facteurs traditionnels de risque cardiovasculaire (obésité, HTA, diabète...), dont la prévalence augmente avec l'âge, il existe en ASS d'autres pathologies chroniques ou endémiques, telles

que l'infection à VIH/SIDA, le paludisme, la malnutrition chronique et la drépanocytose, caractérisées par l'inflammation chronique et le dysfonctionnement endothélial, qui peuvent faire le lit de COVID-19 (8-9,19) et démentir ainsi l'allure actuelle moins rapide et peu mortelle de l'épidémie dès qu'une grande proportion de ces groupes particuliers à risque est atteinte. On assisterait alors, à l'instar des pays occidentaux et asiatiques, à une croissance exponentielle du nombre de cas et une mortalité élevée subséquente. En RDC, l'épidémie à COVID-19 reste encore concentrée dans les communes à niveau socio-économique élevé, telles que la Gombe épargnant encore les communes à niveau socio-économique bas, telles que les communes de la partie Est de Kinshasa où l'on retrouve un taux élevé de malnutrition aiguë et chronique (20).

Un autre facteur explicatif potentiel lié au terrain (hôte) pourrait être la susceptibilité génétique. En référence à l'infection à VIH/SIDA et à la théorie génétique de « double hit (deux coups) », il a été démontré que l'atteinte viscérale (reins, cœur..) dans l'infection à VIH/SIDA était favorisée par la présence de deux mutants (G1, G2) du gène de l'apolipoprotéine L1 (APOL1) sous forme homozygote (G1G1, G2G2) ou hétérozygote (G1G2) (21). Par analogie, on pourrait penser que les sujets porteurs de ces mutants seraient plus susceptibles à COVID-19 et à ses complications viscérales mortelles. A cet égard, Larsen *et al.* ont dans une observation, trouvé une association entre la présence de mutants G1 et G2 et une hyalinose segmentaire et focale collapsante non-VIH dans un contexte de COVID-19 (22). Aux Cliniques Universitaires de Kinshasa (CUK), un cas de syndrome néphrotique associé à COVID-19, avec comme lésion histologique une hyalinose segmentaire et focale collapsante non-VIH, vient d'être observé ; la recherche active des mutants à risque de maladies rénales (G1 et G2) d'APOL1 est en cours. Toujours d'un point de vue génétique, il y a lieu d'envisager la possibilité d'une mutation, chez certaines personnes, du gène codant pour le récepteur membranaire du SARS-CoV-2 (enzyme de conversion de l'angiotensine de type 2, ACE2) ou celui du

gène codant pour la protéase sérine transmembranaire 2 (TMPRSS2) au niveau des cellules de l'hôte (23) ; ces deux protéines étant essentielles à l'entrée et la réplication du virus dans les cellules de l'hôte. Au-delà des mutations, une étude chinoise, comparant l'expression cellulaire et tissulaire de l'ACE2 et la TMPRSS entre les Caucasiens et les Asiatiques, a montré une expression plus importante de ces deux protéines chez les Caucasiens pouvant, entre autres, justifier la sévérité de la pandémie en Europe (24). L'expression de ces deux protéines essentielles à l'entrée et la réplication du virus dans les cellules de l'hôte serait-elle plus basse encore chez le Noir Africain ? Un autre point important à soulever est celui de l'ethnicité qui se définit comme une entité complexe faite de facteurs génétiques et sociaux, de l'identité culturelle et des caractéristiques comportementales (25). A cet égard, la différence de taux de mortalité entre la Chine et l'Italie a suggéré l'influence potentielle de l'ethnicité sur les différences observées dans l'issue vitale des patients COVID-19 entre ces deux pays ; malheureusement, il existe peu de données disponibles sur cet aspect de la recherche sur la COVID-19 (26). De plus, des études menées au Royaume Uni et aux Etats Unis d'Amérique lors des épidémies antérieures avaient rapporté une mortalité plus élevée chez les Noirs et les ethnies minoritaires comparés aux autres ethnies (26). La prise en compte de l'ethnicité particulière à l'ASS pourrait-elle expliquer l'évolution de la COVID-19 en ASS ? Ce point constitue donc une piste de recherche pour l'évaluation des déterminants de l'ethnicité chez les Noirs de l'ASS en comparaison à ceux de la diaspora américaine, européenne ou asiatique.

Le troisième facteur à prendre en compte dans l'interprétation de l'allure particulière de l'épidémie à COVID-19 en ASS est le contexte environnemental, socioculturel et économique. Du point de vue environnemental, il y a lieu de s'interroger sur les effets du changement climatique sur la progression de l'épidémie à COVID-19 en ASS (27). S'il est établi que le changement climatique favorise le développement de la malnutrition et de certaines

maladies, telles que le paludisme, on s'attendrait à ce que l'épidémie en ASS progresse de manière exponentielle. Cependant, le SARS-CoV-2 étant sensible aux rayons UV du soleil, le changement climatique pourrait-il agir par ce biais contre la COVID-19 ? Le contexte socio-culturel en ASS est caractérisé, entre autres, par la promiscuité qui rend difficile l'acceptation des mesures barrières et devrait, partant, normalement favoriser la progression de la maladie à COVID-19. Dans la majorité de pays africains, les individus vivent avec moins d'un dollar US par jour (27); en RDC, 73% de la population vivent avec moins de \$1,90 par jour (28). Cette extrême pauvreté conditionne les gens à vivre au jour le jour rendant difficile l'acceptation et le respect des mesures barrières et de confinement édictées par les autorités politiques et administratives. A cet égard, une enquête menée à Kinshasa en RDC a rapporté que seuls 4 % de 11 millions de résidents avaient respecté les mesures barrières contre la COVID-19 édictées par les autorités politico-administratives (28). De plus, la pauvreté ne favorise pas une attitude de recherche de soins de santé en cas de maladie entraînant ainsi des consultations tardives aux stades avancés de la maladie à la base d'une mortalité élevée.

En plus de trois facteurs ci-dessus, un autre déterminant important dans l'évaluation de la propagation de COVID-19 en ASS est la capacité du système de santé à adresser les défis sanitaires posés par cette épidémie. A cet égard, le nombre rapporté de cas et décès en ASS est sûrement sous-estimé car le système de santé, dans la plupart des pays, est fragile et peu opérationnel. Cette fragilité du système sanitaire pose de multiples problèmes, en termes de participation communautaire, de dépistage, de diagnostic et du suivi des patients (plateau technique, disponibilité des tests, automates, registres de diagnostic et de décès), disponibilité des médicaments essentiels et spécifiques à COVID-19, de formation continue du personnel soignant et de laboratoire et de surveillance épidémiologique (29).

Au niveau politique et stratégique, la qualité de la préparation et la promptitude à organiser la riposte contre le COVID-19, dans une approche

multisectorielle, pluridisciplinaire reposant sur le partenariat national et international, pourraient expliquer les différences, entre les pays Africains, dans l'ampleur et la propagation de cette épidémie. A cet égard, le Nigeria, qui s'y est pris très tôt dans la préparation et l'organisation de la riposte, à travers une mobilisation de ressources nationales impliquant les différents secteurs de la société, est cité comme modèle dans la lutte contre l'épidémie à COVID-19 (30). En RDC, malgré une certaine léthargie au départ, le Gouvernement de la République a mis en place, fort de l'expérience acquise dans la lutte contre la maladie à virus Ebola, un comité multisectoriel de la riposte contre la COVID-19, piloté par le Président de la République, qui coordonne la lutte sur l'ensemble du pays en termes de mesures de prévention, de prise en charge et de soutien, de surveillance épidémiologique et de recherche (11). En plus de ressources nationales, ce comité multisectoriel bénéficie de l'appui financier et technique des partenaires au développement et bilatéraux. En dépit de quelques défis organisationnels et logistiques, le comité multisectoriel rend compte quotidiennement de l'évolution de l'épidémie à COVID-19 (11). Cette mise en place, qui nécessite encore des ajustements organisationnels et logistiques, pourrait expliquer la baisse progressive et la stabilisation observées des décès, principalement dans la Ville de Kinshasa, épice de l'épidémie (11).

Enfin, l'hypothèse de la survenue de l'épidémie à une période antérieure (décembre 2019 à janvier 2020) à l'épisode actuelle doit être également prise en compte au regard d'intenses échanges commerciaux entre la Chine et les pays de l'ASS, en particulier la RDC, où des nombreux cas de « grippe sévère » ont été observés en décembre 2019 et au début de janvier 2020. En effet, il est paradoxal de n'envisager la propagation de cette maladie dans nos pays qu'à partir des pays occidentaux, en particulier ceux de l'Europe occidentale. A l'instar de l'étude conduite en France, un projet de recherche sera initié par notre université pour détecter les anticorps spécifiques chez les suspects de COVID-19 pendant cette période.

En conclusion, malgré la lenteur de propagation de l'épidémie à COVID-19 en ASS, dont les déterminants demandent à être précisés à travers une recherche multisectorielle et pluridisciplinaire, les pays de l'ASS, en général, et la RDC, en particulier, ne doivent pas dormir sur leurs lauriers car le risque d'accélération de la propagation de COVID-19 demeure à cause non seulement de multiples défis d'ordre organisationnel et logistique de la riposte mais aussi de la forte prévalence de pathologies particulières, telles que le paludisme, l'infection à VIH/SIDA, la tuberculose, la drépanocytose, la malnutrition, qui peuvent faire le lit à COVID-19. D'où la nécessité de réévaluer constamment la riposte et l'adapter au contexte de chaque pays.

Conflit d'intérêt : Aucun

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement les Membres de l'Association des Anciens de la Faculté de Médecine de l'Université de Kinshasa (AFMED-UNIKIN)/Section Europe et du Service de Néphrologie du Département de Médecine Interne des Cliniques Universitaires de Kinshasa pour avoir mis gracieusement à leur disposition des articles scientifiques sur la COVID-19.

Contribution des auteurs

Conception et rédaction. FBL, correction et rédaction : YMN, JRRM, RKL, DKT et JM. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de la correspondance.

Références

1. Lai CC, Wang CY, Wang YH, Hsueh SC, Ko WC, Hsueh PR. Global epidemiology of coronavirus disease 2019 (COVID-19): disease incidence, daily cumulative index, mortality, and their association with country healthcare resources and economic status. *Int J Antimicrob Agents* 2020; **55**(4):105946.
2. Kinross P, Suetens C, Gomes Dias J, Alexakis L, Wijermans A, Colzani E, Monnet DL. European Centre For Disease Prevention And Control Ecdc Public Health Emergency Team2. Rapidly increasing cumulative incidence of coronavirus disease (COVID-19) in the European Union/European Economic Area and the United Kingdom, 1 January to 15 March 2020.
3. Cartographie des facteurs de risque de propagation du COVID19 en Afrique. <https://africacenter/fr/spotlight/cartographie-des-facteurs-de-risque-de-propagation-du-covid19-en-afrique>
4. Napoli PE, Nioi M. Global Spread of Coronavirus Disease 2019 and Malaria: An Epidemiological Paradox in the Early Stage of A Pandemic. *J Clin Med.* 2020 Apr 16; /fr/spotlight/cartographie-des-facteurs-de-risque-de-propagation-du-covid19-en-afrique 9(4). pii: E1138. doi: 10.3390/jcm9041138.
5. Hussain FA, Njoku FU, Saraf SL, MoloVR, Han J.ku RE, Gordeuk VR, Han J. COVID-19 infection in patients with sickle cell disease. *Br J Haematol.* 2020 Apr 21. doi: 10.1111/bjh.16734. [Epub ahead of print]
6. Dexter D, Simons D, Kiyaga C, Kapata N, Ntoumi F, Kock R, *et al.* Mitigating the effect of the COVID-19 pandemic on sickle cell disease services in African countries. *Lancet Haematol* 2020 Published Online April 23, 2020 [https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(20\)30122-8](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(20)30122-8)
7. Beck MA, Handy J, Levander OA. Host nutritional status: the neglected virulence factor. *Trends Microbiol* 2004; **12** (9): 417-423. Doi: 10.1016/j.tim.200407.007.
8. Chanda-Kapata P, Kapata N. Zumla A. COVID-19 and malaria: A symptom screening challenge for malaria endemic countries. *Int J infect Dis* 2020; **94**: 151-153.
9. Nachege JB, Seydi M, Zumla A. The late arrival of COVID-19 in Africa - Mitigating Pan-Continental Spread. *Infect Dis* 2020 Mar 30; **ciaa353** doi: 10.1093/cid/ciaa353.
10. World Health Organization (WHO). Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Situation report – 113, Report of May 2, 2020.
11. Comité Multisectoriel de la Riposte contre COVID-19. Situation épidémiologique en RDC du 5 mai 2020. Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC).
12. Yao H, Lu X, Chen Q, Xu K, Chen Y, Cheng L, *et al.* Patient-derived mutations impact

- pathogenicity of SARS-CoV-2. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.14.20060160>
13. Ayoub BM. COVID-19 vaccination clinical trials should consider multiple doses of BCG. *Pharmazie* 2020; **75** (4):159. doi: 10.1691/ph.2020.0444.
 14. Yanga J, Zhenga Y, Goua X, Pua K, Chena Z, Guoa Q, *et al.* Prevalence of comorbidities and its effects in patients infected with SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis* 2020; **94**: 91-95.
 15. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, Antonelli M, Cabrini L, Castellei A, *et al.* Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to of the Lombardy Region, Italy. *JAMA* 2020; **323** (16): 1574-1581.
 16. Richardson S, Hirsh JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, *et al.* Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City Area. *JAMA* doi: 10.1001/ama.2020.6775.
 17. Bayauli MP, M'Buyamba-Kabangu JR, Ngoyi NG, Lepira FB, Kayembe KP, Lemogoum D, *et al.* Trends in prevalence of obesity and hypertension in an urban Congolese community. *Journal Epidemiological Research* 2018; **4** (1): 33-40.
 18. Groenewegen KA, den Ruijter HM, Pasterkamp G, Polak J, Bots ML, Peters SA. Vascular age to determine cardiovascular risk: A systematic review of its concepts, definitions, and clinical applications. *Eur J Prev Cardiol* 2016; **23** (3): 264-274. doi: 10.1177/2047487314566999.
 19. Sargina G, Yavaşoğlu SI, Yavasoglu I. Is Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) seen less in countries more exposed to Malaria? *Medical Hypotheses* 2020; **140**: 109756. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109756>
 20. Rapport "Multiple Indicator Cluster Survey (MICS)"-République Démocratique du CONGO (RDC). Ecole de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Kinshasa.
 21. Ekulu PM, Nkoy AB, Betukemesu DK, Aloni MN, Makulo JRR, Sumaili EK, *et al.* APOL1 risk genotypes are associated with early kidney damage in children in sub-Saharan Africa. *Kidney Int Rep* 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2019.04.002>.
 22. Larsen CP, Bourne TD, Wilson JD, Saqqa O, Sharshir MA. Collapsing glomerulopathy in a patient with coronavirus 2019 (COVID-19). *Kidney Int Rep* 2020 Apr 9. doi: 10.1016/j.ekir.2020
 23. Delhanghe JR. The host's angiotensin converting enzyme polymorphism may explain epidemiological findings in COVID19 infections. *Clinica Chimica Acta* 2020; **505**: 192-193.
 24. Pan XW, Xu D, Zhang H, Zhou W, Wang LH, Cui XG. ACE2/TMPRSS2 Identification of a potential mechanism of acute kidney injury during the COVID-19 outbreak: a study based on single-cell transcriptome analysis. *Intensive Care Med* <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06026-1>
 25. Lee C. "Race" and "ethnicity" in biomedical research: How do scientists construct and explain differences in health? *Soc Sci Med* 2008; **68**: 1183-1190.
 26. Pareek M, Bangash MN, Pareek N, Pan D, Sze S, Minhas JS, *et al.* Ethnicity and COVID-19: an urgent public health research priority. www.lancet.com Published Online April 21, 2020 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30922-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30922-3).
 27. Martinez-Alvarez MM, Jarde A, Usuf E, Brotherton H, Bittaye M, Ahmadou L, *et al.* COVID-19 pandemic in West Africa. www.thelancet.com/lancetgh 2020; May 8: e631-e632.
 28. Dikitemen J. COVID-19 amidst Ebola's retreat. *Science* 2020; **368** (6490): 445. doi: 10.1126/science.abc4859.
 29. Sullivan PS, Sailey C, Guest JL, Guarner J, Kelley C, Siegler AJ, *et al.* Detection of SARS-CoV-2 RNA and Antibodies in Diverse Samples: Protocol to Validate the Sufficiency of Provider-Observed, Home-Collected Blood, Saliva, and Oropharyngeal Samples. *JMIR Public Health Surveill* 2020; **6** (2): e19054 | p. 1 <http://publichealth.jmir.org/2020/2/e19054>.
 30. Adepoju P. Nigeria responds to COVID-19; first case detected in sub-Saharan Africa. *Nature Medicine* 2020 Apr; **26**: 444-8 www.nature.com/naturemedicine.