

Le Laboratoire à l'épreuve de la pandémie de la COVID-19 au Burkina Faso : Quels défis pour la régularité de l'offre de diagnostic

The COVID-19 pandemic-proof laboratory in Burkina Faso: What challenges for the regularity of the diagnostic?

Sagna T^{1,2}, Ouedraogo HG¹, Zouré AA^{1,2}, Zida S¹, Compaore RT^{1,2}, Kambire D¹, Soubeiga ST^{1,2}, Ouedraogo O¹, Djigma F^{2,3}, Zongo D¹, Tarnagda G¹, Valea D¹, Dabiré C¹, Nikiema A.R¹, Camara M¹, Kagambega A¹, Ilboudo AK¹, Yonli AT², Kouanda Si¹, Simporé J^{2,3}

¹Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Ouagadougou, Burkina Faso ;

²Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni/ Laboratoire de Biologie moléculaire et de Génétique (CERBA/LABIOGENE), Ouagadougou, Burkina Faso ;

³Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ), Ouagadougou, Burkina Faso

Auteur correspondant : Dr Tani SAGNA. Institut de Recherche en Sciences de la Santé,. Email : stanilinda@gmail.com

Résumé:

Introduction : La pandémie à nouveau coronavirus (COVID-19) due au nouveau virus du syndrome respiratoire aiguë sévère de type 2 (SARS-CoV-2), a tiré la sonnette d'alarme sur les capacités des laboratoires de par le monde entier, et particulièrement en Afrique. **Objectif**: Identifier les défis rencontrés par les laboratoires de diagnostic du SARS-CoV-2 au Burkina Faso.

Matériel et méthodes : Il s'est agi d'une recherche documentaire basée sur la consultation des articles scientifiques disponibles dans Pubmed, Google scholar, les documents du Service d'Information du Gouvernement, du Ministère de la santé et des laboratoires du Burkina Faso. Les mots clés utilisés étaient : COVID-19, SARS-CoV-2, laboratoire, diagnostic, Burkina Faso en français et en anglais. **Résultats**: Au Burkina Faso, face à la demande croissante en tests de diagnostic, des défis tels que l'approvisionnement limité en ressources de laboratoire, la continuité de l'alimentation électrique, le stockage des échantillons et la gestion des déchets biomédicaux ont été identifiés. Le nombre de laboratoires est limité, et leur localisation dans les grandes villes délaisse une dizaine d'autres régions. La technique de diagnostic moléculaire par RT-PCR en temps réel a été initialement utilisée avant la prise en compte du GeneXpert pour la décentralisation du diagnostic. **Conclusion**: L'incertitude sur l'approvisionnement et la disponibilité permanente des ressources des laboratoires pourrait constituer un handicap important en cas de recrudescence de COVID-19. Des efforts devraient être faits en investissant davantage dans l'équipement, l'approvisionnement en intrants de diagnostic et dans la recherche afin de parer aux éventuels cas de regain de la maladie.

Mots clés: Laboratoire; COVID-19; Diagnostic; SARS-CoV-2; Défis; Burkina Faso

Abstract

Introduction: The coronavirus pandemic (COVID-19) caused by the new Severe Acute Respiratory Syndrome Virus (SARS-CoV-2), has raised concerns about laboratory capacity around the world, particularly in Africa. **Objective**: To identify the challenges faced by laboratories diagnosing SARS-CoV-2 in Burkina Faso. **Material and methods**: The literature search was based on the consultation of scientific articles available in Pubmed, Google scholar, documents of the Government Information Service, Ministry of Health and laboratories of Burkina Faso, with keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, laboratory, diagnosis, Burkina Faso. **Results**: In Burkina Faso, faced with the growing demand for diagnostic tests, challenges such as limited supply of laboratory resources, continuity of power supply, sample storage and biomedical waste management have been identified. The number of laboratories is limited, and their location in large cities, leaving a dozen other regions aside, is also a challenge. The molecular diagnostic technique of real-time RT-PCR was initially used before the complementary use of GeneXpert technology for decentralized diagnosis. **Conclusion**: After reviewing the literature, uncertainty about the supply and continued availability of laboratory resources could be a significant handicap in the event of a resurgence of COVID-19. Efforts should be made through increased investment in equipment, diagnostic input supply and research in order to prepare for a possible recurrence of the disease.

Key Words: Laboratory; COVID-19; Diagnosis; SARS-CoV-2; Challenges; Burkina Faso

Introduction

Déclarée le 17 Novembre 2019 à Wuhan en Chine, la maladie à coronavirus (COVID-19) est due à une infection au virus du syndrome respiratoire aiguë sévère à coronavirus 2(SARS-CoV-2) [1]. La progression rapide du nombre de personnes atteintes de la COVID-19, a tiré la sonnette d'alarme de par le monde entier. En effet, l'OMS a déclaré que la maladie était passée à l'échelle de pandémie le 11 Mars 2020. A la date du 30 Novembre 2020, environ 62 746 222 cas ont été reportés au niveau mondial, dont 1 459 497 décès [2]. L'Afrique a rapporté 1 613 249 cas avec 39 402 décès. Le premier cas importé a été notifié le 9 Mars 2020 au Burkina Faso avec une progression rapide des cas [3]. En fin novembre 2020, le pays comptait 2 856 cas confirmés avec 68 décès [2, 4]. A l'instar des autres pays Africains, le Burkina Faso a mis en place un système de riposte à la pandémie à COVID-19 inspiré de l'expérience du plan de riposte organisé face à Ebola. Les frontières ont été fermées le 21 mars 2020 à minuit, puis ré-ouvertes uniquement aux vols commerciaux le 1^{er} Août 2020 [4, 5]. Le contrôle de l'infection passe par l'identification précoce des cas. Le laboratoire reste incontournable dans cette situation de pandémie à COVID-19 [6]. Le Burkina Faso a confirmé à la date du 16 décembre 2020, 4611 cas [2, 4]. La technique de la réaction de polymérisation en chaîne après une reverse transcription (RT-PCR) avait été utilisée pour la confirmation des cas [4]. Quels sont les challenges et défis auxquels le pays a fait face pour l'offre au diagnostic au cours de la riposte à la COVID-19 ? Le Burkina Faso a été choisi car reflète la situation des pays dans un contexte de ressources limitées [7]. L'objectif principal de cette revue était d'identifier les défis majeurs rencontrés par les laboratoires de diagnostic de la COVID-19 au Burkina Faso.

Matériel et méthode

Nous avons procédé à une identification des informations abordant la thématique du diagnostic de la COVID-19 dans les laboratoires au Burkina Faso. La recherche documentaire s'est basée sur la consultation des articles scientifiques disponibles dans Pubmed, Google scholar, Web of Science, Science Direct, Scopus, les documents du Service d'Information du Gouvernement du Burkina Faso, des laboratoires et des revues de presse, avec les mots clés en français et en anglais : COVID-19 and Burkina Faso, COVID-19 Laboratory and Burkina Faso, COVID-19 diagnostic and Burkina Faso, COVID-19 testing and Burkina Faso, SARS-CoV-2 infection. L'analyse a concerné les points suivants : la stratégie de riposte, les plateformes et les techniques utilisées pour la détection du virus, et les défis rencontrés par les laboratoires de diagnostic.

Résultats et Discussion

Stratégie de riposte

La première mesure prise dans le cadre de l'application du plan de riposte international, a été la fermeture des frontières [8]. Il en a été de même au Burkina Faso, qui a en plus adopté d'autres mesures dont la distanciation sociale, la

mise en quarantaine de certaines villes touchées, la fermeture des établissements d'enseignements, et le port obligatoire du masque [4, 9]. Il a ensuite été entrepris une stratégie de capacitation des laboratoires de biologie moléculaire pour assurer le diagnostic moléculaire des cas suspects de COVID-19 par RT-PCR [4]. L'offre du diagnostic moléculaire fut étendue plus tard aux cas contacts, aux volontaires, et enfin aux voyageurs entrants et sortants du territoire national par voie aérienne [4].

Revue des techniques pouvant être utilisées pour le diagnostic de la COVID-19

Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour le diagnostic de la COVID-19 en utilisant, soit des échantillons sanguins ou des prélèvements pharyngés [6, 10, 11]. Mais les choix de technique de diagnostic sont limités dans le contexte des pays en voie de développement [7, 12, 13]. Le test sérologique recherche la présence d'anticorps qui suggère une infection passée ou récente de la COVID-19 [11]. Ce test peut être utilisé pour le suivi de la maladie ou pour identifier les personnes qui ont déjà été affectées par le virus sans présenter de symptômes dans le cadre des analyses épidémiologiques [14-16]. Le test antigénique recherche les protéines de structure du virus (protéine S ou protéine N). Ce test permet de donner le statut infecté ou non infecté du patient au moment du prélèvement [14, 17]. Le test d'imagerie thoracique a été envisagé [18] mais ne peut être utilisé pour exclure la maladie [19] car près de la moitié des patients atteints de la COVID-19 ont une imagerie normale surtout au cours des premières phases de l'infection [20-22]. La sensibilité de cette technique étant de l'ordre de 61% avec une spécificité de 76% [23]. La culture cellulaire est très utile pour l'isolement et la caractérisation des virus mais elle n'est pas recommandée en routine entre autres en raison du manque de lignées cellulaires permissives et du temps de culture [11, 17]. Les techniques de biologie moléculaire se font dans des laboratoires suffisamment équipés et constituent le gold standard de confirmation des cas [24]. Ce sont les techniques recommandées particulièrement au moment de la phase précoce pré-symptomatique et chez les personnes asymptomatiques [16, 17, 25], mais elles nécessitent un appareillage et des réactifs qui ne sont pas souvent disponibles [12]. Nous pouvons citer la réaction de polymérisation en chaîne après une reverse transcription (RT-PCR) en temps réel, l'amplification génomique isotherme induite par boucle de transcription inverse (RT-LAMP pour loop-mediated isothermal amplification), les tests moléculaires sur micropuces à ADN, les méthodes d'analyse génomique des gènes du virus SARS-CoV-2 qui sont les autres méthodes qui ont été développées et évaluées à travers le monde entier [6, 11].

Plateformes et Techniques d'analyses utilisées au Burkina Faso

Selon les recommandations de l'OMS [11], le Burkina Faso a initialement utilisé une technique de diagnostic moléculaire RT-PCR en temps réel. Cette technique comprend des

étapes d'extraction d'acide nucléique (l'ARN) et d'amplification. Les résultats d'amplification sont ensuite analysés. L'utilisation de l'extracteur automatique d'ARN a réduit la charge de travail pour les quelques laboratoires qui en ont été dotés plus tard. La RT-PCR directe à partir d'échantillons d'écouvillons nasopharyngés et/ou oropharyngés peut constituer une alternative d'urgence ou temporaire à l'extraction d'ARN, mais les limitations dues au volume d'entrée, ainsi qu'un risque accru de dégradation de l'ARN et d'inhibition de la PCR peuvent entraîner une perte de sensibilité du test [11, 26, 27]. Malgré les stratégies de riposte, le nombre de cas de COVID-19 n'a pas cessé d'augmenter. Des laboratoires qui n'étaient pas encore impliqués dans le diagnostic de la COVID-19, ont été sollicités pour faire face à la demande croissante [9].

A la date du 30 Novembre 2020, dix (10) laboratoires sont impliqués dans le diagnostic moléculaire par RT-PCR de la maladie à COVID-19 dans les deux principales villes du pays (Ouagadougou et Bobo-Dioulasso). Il s'agit, dans la capitale Ouagadougou, du (i) laboratoire de recherche biomédicale (LaReBio) de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), (ii) le laboratoire de biologie et de génétique moléculaire du Centre de Recherche Biomoléculaire Pietro Annigoni (CERBA), (iii) le laboratoire du Centre Hospitalier Universitaire de Bogodogo (CHU-B), (iv) le laboratoire de Bactériologie-virologie du Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo (CHU-YO), (v) le laboratoire d'analyses biomédicales du Centre Hospitalier Universitaire de Tengandogo (CHU-T), et (vi) le laboratoire d'analyses biomédicales du Laboratoire National de Santé Publique (LNSP). A Bobo-Dioulasso (seconde ville du pays), les laboratoires de diagnostic de la COVID-19 sont (i) Le laboratoire national de référence Grippe (LNR-G), (ii) le Laboratoire national de références fièvres hémorragiques virales (LNR-FHV), (iii) le laboratoire de biologie médicale du centre Muraz (LBM-Muraz), (iv) le laboratoire de Bactériologie-Virologie du Centre hospitalier Sourou-Sanou[4]. Les Laboratoires impliqués dans le diagnostic de la COVID-19 par RT-PCR se caractérisent par la multiplicité des plateformes de biologie moléculaire. Ainsi, les différents thermocycleurs pour la RT-PCR en temps réel utilisés dans les dix (10) laboratoires sus-cités étaient : Applied Biosystems® (ABI) 7500 FAST DX, Roche LightCycler 480, HUMAN HUMACycler, Abbott m2000 RealTime System (Abbott M2000RT). Avec la demande sans cesse croissante des tests au niveau national, des laboratoires de centres hospitaliers régionaux (06) (Gaoua, Dédougou, Dori, Fada N'Gourma, Tenkodogo et Banfora) ont ensuite été évalués par le Ministère de la santé et impliqués dans le diagnostic de la COVID-19 par la technique du GeneXpert. Cette technique était déjà disponible dans certains laboratoires de centres hospitaliers et utilisée dans le cadre du diagnostic de la tuberculose [28]. Cette plateforme a permis de disposer d'une possibilité de diagnostic complémentaire et de délocaliser l'offre de diagnostic de la COVID-19 dans le pays. Avec la technique du GeneXpert, le

temps de diagnostic est réduit mais avec une cadence relativement faible. Elle n'est donc pas adaptée aux laboratoires dont la demande en tests est forte [14, 29].

Qu'elles ont été les défis auxquels les laboratoires ont dû faire face ?

Les frontières aériennes et terrestres du pays ont été rapidement fermées dès les premiers moments de l'épidémie afin de réduire le risque de propagation de la maladie. Il y a eu une mobilisation des ressources disponibles pour contrer la pandémie. Face à la rareté de plus en plus marquée de ressources nécessaires au diagnostic de la COVID-19, aussi bien au niveau national que international [12], les laboratoires ont dû fonctionner sur les stocks disponibles à leur niveau et chez les fournisseurs locaux tout en comptant sur les dons comme bon nombre de pays Africains [30, 31]. Les gaps et défis pour le diagnostic ont été vite révélés à savoir : l'insuffisance de milieu de transport viral (ou VTM pour « Viral Transport Medium »); le nombre de laboratoires limités à ceux des deux grandes villes délaissant les 11 autres régions dont 8 touchés par la pandémie [31, 32]; l'incertitude sur la disponibilité permanente des ressources des laboratoires [5, 33]; ainsi que la flambée des prix des intrants au niveau international. Face à ces gaps, un appel à la solidarité nationale et internationale a été lancé par les plus hautes autorités du pays, et un plan d'approvisionnement a été mis en œuvre avec l'appui des partenaires techniques et financiers; et un groupe thématique a été chargé de coordonner les activités de diagnostic biologique de la COVID-19 au niveau national. La fermeture des frontières a été mise en cause dans les difficultés d'approvisionnement en ressources de laboratoire [8, 34]. Après l'ouverture des frontières aériennes, la possession d'un test COVID-19 négatif était l'une des conditions sine qua non pour les voyageurs au départ et à l'arrivée [16, 35]. En tenant compte du flux massif des voyageurs entrants et sortants, associé à l'offre gratuite du test de diagnostic aux volontaires, la demande de tests a augmenté, entraînant une pénurie de réactifs et consommables, due entre autres, à une difficulté d'approvisionnement [36]. Les délais d'obtention des résultats sont passés de 3 jours à 5 voire 7 jours souvent [37]. Il s'est alors avéré nécessaire d'optimiser la stratégie de diagnostic au laboratoire afin de faire face à la demande croissante des tests et à l'approvisionnement limité en intrants, et de réduire le temps d'attente. Avec la pénurie des réactifs, la stratégie de groupage d'échantillons appelée « pooling », qui consiste à réaliser des tests de dépistage du SARS-CoV-2 par RT-PCR en temps réel sur des échantillons groupés a été envisagée, surtout pour les populations à faible prévalence de la maladie (voyageurs entrants et sortants). La pertinence du « pooling » des échantillons est controversée, entre autre à cause de la perte de sensibilité pour les échantillons faiblement positifs et des contraintes organisationnelles [25]. Le « pooling » est une méthode permettant une analyse de grand nombre d'échantillons avec un gain significatif en temps, en

consommables et en réactifs de laboratoire [38]. Son influence sur la capacité de détection de l'ARN du SARS-CoV-2 par RT-PCR pour des charges virales de niveau élevé ou moyen reste faible [25, 39]. Pour parer à ces contraintes, certains laboratoires ont procédé à des phases d'essai par regroupements d'un maximum de cinq (5) échantillons, comme préconisé dans la littérature [40-42]. Cette stratégie a été jugée acceptable pour la détection du SARS CoV-2 par RT-PCR en temps réel sans grande perte de sensibilité, même pour de faibles charges virales [40, 43]. Aussi, ces regroupements des échantillons par pools se faisaient en fonction de la prévalence de la maladie, du nombre d'échantillons reçus par le laboratoire, de la disponibilité des intrants, et du statut des patients (voyageurs entrant, voyageur sortant, agent de première ligne, cas suspect). Ce procédé, qui était déjà précédemment utilisé pour d'autres germes [44], et pratiquée dans d'autres pays comme le Ghana [45], le Rwanda [46], et le Kenya [47] ...etc dans le cadre de la riposte contre la COVID-19, réduisait le délai de rendu des résultats et mieux encore, avec une moindre consommation en réactifs et consommables de laboratoires. En effet, ce procédé pourrait être exploité par plusieurs laboratoires en situation de ressources limités et de forte demande en tests diagnostiques [11, 38]. Surtout que l'approvisionnement limité en matériel de laboratoire essentiel et en kits de test sont quelques-uns des défis rencontrés dans la lutte contre le nouveau virus en Afrique [12]. L'autre défi repose sur la standardisation des kits d'extraction et d'amplification utilisés pour la technique de RT-PCR dans le diagnostic de la COVID-19. Plusieurs kits d'extraction (QIAamp Viral RNA Mini Kit, DAAN Gene Co., Ltd. Of Sun Yat-sen University ; MGIEasy Nucleic Acid Extraction Kit, MagMAX™ Viral/Pathogen Nucleic Acid Isolation Kit, etc.) et d'amplification ayant des modes opératoires différents ont été utilisés en fonction de leur disponibilité au niveau national. Les kits d'amplification repertoriés étaient: «TIB Mol Biol RdRP (RNA-dependent RNA polymerase) assay», «Sansure Biotech, «DAAN Gene Detection Kit for 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) RNA (PCR-Fluorescence Probing) », «Liferiver Novel Coronavirus (2019-nCoV) Real Time Multiplex RT-PCR Kit (Detection for 3 Genes) », «BGI Real-Time Fluorescent RT-PCR Kit for Detecting SARS-CoV-2». (Tableau I). Certains kits d'extraction comme « MGIEasy Nucleic Acid Extraction Kit » et « MagMAX™ Viral/Pathogen Nucleic Acid Isolation Kit » reçus des partenaires nécessitaient du matériel complémentaire comme les plaques chauffantes et les portoirs magnétiques, non souvent disponibles dans certains laboratoires. Les seuils de détection des kits d'amplification étaient différents et variaient de 100 à 1000 copies par mL. En outre, des défis tels que la continuité de l'alimentation électrique inadéquate, la méthode de collecte, de stockage et de transport des échantillons, sont également importants car jouent un rôle primordial dans le diagnostic au laboratoire [12, 53]. A cela s'ajoute l'insuffisance de personnel technique qualifié en particulier en zone rurale [13].

Tableau I : Caractéristiques des kits d'amplification utilisés

Kit d'amplification	Cible de détection	Réf
BGI Real-Time Fluorescent RT-PCR Kit for Detecting SARS-CoV-2	Détection de 1 gène (ORF1ab)	[48]
Liferiver Novel Coronavirus (2019-nCoV) Real Time Multiplex RT-PCR Kit	Détection de 3 gènes (ORF1ab, N, et E)	[49]
DAAN Gene Detection Kit for 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) RNA (PCR-Fluorescence Probing)	Détection de 2 gènes (ORF1ab et N)	[50]
TIB MolBiol	Détection de 3 gènes (E, N, RdRP et autres virus connexes)	[51]
Sansure Biotech	Détection de 2 gènes (ORF1ab et N)	[52]

Conclusion

La pandémie de la COVID-19 a mis à rude épreuve l'offre de diagnostic des laboratoires au Burkina Faso. Il n'y avait pas de réactifs standards pour la réalisation des tests de diagnostic de la maladie, d'où la nécessité de réadapter régulièrement les procédures opératoires standards. La multiplicité des kits de réactifs a parfois nécessité du matériel complémentaire non disponible dans les laboratoires limitant leur utilisation. Aussi, les laboratoires ont dû faire face à la demande sans cesse croissante des tests RT-PCR de diagnostic du COVID-19 associée à une raréfaction des intrants de diagnostic. Ceci pourrait constituer un handicap majeur pour le diagnostic en cas de recrudescence des cas d'infections par la COVID-19. En vue de fournir des résultats fiables et dans des délais raisonnables, la technique de groupage d'échantillons ou « pooling » a été envisagée. Face à une pandémie de plus en plus menaçante à l'échelle mondiale, des efforts devraient être faits en investissant d'avantage dans le renforcement des capacités des laboratoires, dans l'approvisionnement en réactifs et en consommables de diagnostic pour mieux faire face à la COVID-19.

Conflit d'intérêt : aucun

Références

1. OMS: **Flambée de la maladie à coronavirus 2019.** <https://www.who.int/fr/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>. Accessed November 14, 2020. 2020e.
2. Infographics: <https://infographics.channelnewsasia.com/covid-19/map.html>. (Accessed November 29, 2020). 2020.
3. WHO SR: **COVID-19 Burkina Faso - Bulletin Spécial 6 mois (Mars - Aout 2020).** <https://reliefweb.int/report/burkina-faso/covid-19>

- [burkina-faso-bulletin-sp-cial-6-mois-mars-aout-2020](#). 2020a.
4. SIG: Service d'Information du Gouvernement du Burkina Faso. Infos COVID-19. <https://www.sig.gov.bf/infos-covid-19>(14 Novembre 2020). 2020.
5. WHO SR: COVID-19 Burkina Faso - Bulletin Spécial N°05 du 18 août 2020. <https://reliefweb.int/report/burkina-faso/covid-19-burkina-faso-bulletin-sp-cial-n-05-du-18-ao-t-2020>. 2020c.
6. Younes N, Al-Sadeq DW, Al-Jighefee H, Younes S, Al-Jamal O, Daas HI, Yassine HM, Nasrallah GK: **Challenges in Laboratory Diagnosis of the Novel Coronavirus SARS-CoV-2**. *Viruses* 2020, **12**(6).
7. Olmsted SS, Moore M, Meili RC, Duber HC, Wasserman J, Sama P, Mundell B, Hilborne LH: **Strengthening laboratory systems in resource-limited settings**. *Am J Clin Pathol* 2010, **134**(3):374-380.
8. Barguil Y, Chiaradia L, Sicard D, Duhin M, Sebat C, Abdi S, Alomar Y, Blondeel N, Bonnet C, Bouberi-Niava B *et al*: **Management of a global health crisis: first COVID-19 disease feedback from Overseas and French-speaking countries medical biologists**. *Ann Biol Clin (Paris)* 2020, **78**(5):499-518.
9. Skrip L, Derra K, Kabore M, Noori N, Gansane A, Valea I, Tinto H, Brice BW, Gordon MV, Hagedorn B *et al*: **Clinical management and mortality among COVID-19 cases in sub-Saharan Africa: A retrospective study from Burkina Faso and simulated case analysis**. *Int J Infect Dis* 2020, **101**:194-200.
10. Venter M, Richter K: **Towards effective diagnostic assays for COVID-19: a review**. *J Clin Pathol* 2020, **73**(7):370-377.
11. OMS: Tests diagnostiques pour le dépistage du SARS-CoV-2. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/335724/WHO-2019-nCoV-laboratory-2020.6-fre.pdf>(Accessed November 15, 2020). 2020f.
12. Oladipo EK, Ajayi AF, Odeyemi AN, Akindiya OE, Adebayo ET, Oguntoni AS, Oyewole MP, Jimah EM, Oladipo AA, Ariyo OE *et al*: **Laboratory diagnosis of COVID-19 in Africa: availability, challenges and implications**. *Drug Discov Ther* 2020, **14**(4):153-160.
13. McNerney R: **Diagnostics for Developing Countries**. *Diagnostics (Basel)* 2015, **5**(2):200-209.
14. Thabet L, Mhalla S, Naija H, Jaoua MA, Hannachi N, Fki-Berrajah L, Toumi A, Karray-Hakim H: **SARS-CoV-2 infection virological diagnosis**. *Tunis Med* 2020, **98**(4):304-308.
15. Glossaire: Test sérologique. <https://www.biron.com/fr/glossaire/test-serologique> (November 12, 2020). 2020.
16. OMS: Questions-réponses sur la COVID-19. <https://www.who.int/fr/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub> (Accessed November 14, 2020). 2020d.
17. Mathuria JP, Yadav R, Rajkumar: **Laboratory diagnosis of SARS-CoV-2 - A review of current methods**. *J Infect Public Health* 2020, **13**(7):901-905.
18. Gandhi D, Jain N, Khanna K, Li S, Patel L, Gupta N: **Current role of imaging in COVID-19 infection with recent recommendations of point of care ultrasound in the contagion: a narrative review**. *Ann Transl Med* 2020, **8**(17):1094.
19. Sun Z, Zhang N, Li Y, Xu X: **A systematic review of chest imaging findings in COVID-19**. *Quant Imaging Med Surg* 2020, **10**(5):1058-1079.
20. Huang J, Li J, Zou Z, Kandathil A, Liu J, Qiu S, Oz OK: **Clinical Characteristics of 3 Patients Infected with COVID-19: Age, Interleukin 6 (IL-6), Lymphopenia, and Variations in Chest Computed Tomography (CT)**. *Am J Case Rep* 2020, **21**:e924905.
21. Kerpel A, Apter S, Nissan N, Hourli-Levi E, Klug M, Amit S, Konen E, Marom EM: **Diagnostic and Prognostic Value of Chest Radiographs for COVID-19 at Presentation**. *West J Emerg Med* 2020, **21**(5):1067-1075.
22. Zhong Z, Xie X, Huang W, Zhao W, Yu Q, Liu J: **Chest CT findings and clinical features of coronavirus disease 2019 in children**. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 2020, **45**(3):236-242.
23. Tsakok M, Shaw R, Murchison A, Ather S, Xie C, Watson R, Brent A, Andersson M, Benamore R, MacLeod F *et al*: **Diagnostic accuracy of initial chest radiograph compared to SARS-CoV-2 PCR in patients with suspected COVID-19**. *BJR Open* 2020, **2**(1):20200034.
24. Xu Y, Xiao M, Liu X, Xu S, Du T, Xu J, Yang Q, Xu Y, Han Y, Li T *et al*: **Significance of serology testing to assist timely diagnosis of SARS-CoV-2 infections: implication from a family cluster**. *Emerg Microbes Infect* 2020, **9**(1):924-927.
25. HSCP: Haut Conseil de la Santé Publique. Avis relatif à la pertinence du poolage des tests de recherche du SARS-CoV-2 par RT-PCR. <http://www.cpias-ile-de-france.fr/docprocom/doc/hcsp-pertinence-prlvt-orphar-poolage-110820.pdf>(November 12, 2020). 2020.
26. Fomsgaard AS, Rosenstjerne MW: **An alternative workflow for molecular detection of SARS-CoV-2 - escape from the NA extraction kit-shortage, Copenhagen, Denmark, March 2020**. *Euro Surveill* 2020, **25**(14).
27. Alcoba-Florez J, Gonzalez-Montelongo R, Inigo-Campos A, de Artola DG, Gil-Campesino H, The Microbiology Technical Support T, Ciuffreda L, Valenzuela-Fernandez A, Flores C: **Fast SARS-CoV-2 detection by RT-qPCR in preheated nasopharyngeal swab samples**. *Int J Infect Dis* 2020, **97**:66-68.
28. Rakotosamimanana N, Randrianirina F, Randremanana R, Raheison MS, Rasolofo V,

- Solofomalala GD, Spiegel A, Heraud JM: **GeneXpert for the diagnosis of COVID-19 in LMICs**. *Lancet Glob Health* 2020, 8(12):e1457-e1458.
29. Becker MG, Taylor T, Kiazzyk S, Cabiles DR, Meyers AFA, Sandstrom PA: **Recommendations for sample pooling on the Cepheid GeneXpert(R) system using the Cepheid Xpert(R) Xpress SARS-CoV-2 assay**. *PLoS One* 2020, 15(11):e0241959.
30. Dzinamarira T, Dzobo M, Chitungo I: **COVID-19: A perspective on Africa's capacity and response**. *J Med Virol* 2020, doi: 10.1002/jmv.26159.
31. Burkina24: **Covid-19 au Burkina Faso : La Chambre des mines vient en aide au laboratoire de diagnostic**. <https://www.burkina24.com/2020/06/18/covid-19-au-burkina-faso-la-chambre-des-mines-vient-en-aide-au-laboratoire-de-diagnostic/> (November 12, 2020). 2020.
32. MCRP: **Ministère de la Communication et des Relations avec le Parlement. Lutte contre le covid-19 : trois laboratoires sont désormais ouverts pour les tests**. www.communication.gov.bf/informations/conseils-des-ministres(November 12, 2020). 2020.
33. WHO: **Cluster Santé Burkina Faso, situation du COVID-19 au 15 Avril 2020**. <https://reliefweb.int/report/burkina-faso/bulletin-n-09-du-cluster-sant-ao-t-2020>. 2020b.
34. Lemoine M, Kim JU, Ndow G, Bah S, Forrest K, Rwegasha J, Bouyou M, Napon D, Somda S, Sawadogo A *et al*: **Effect of the COVID-19 pandemic on viral hepatitis services in sub-Saharan Africa**. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2020, 5(11):966-967.
35. MoH: **MINISTERE DE LA SANTE, Burkina Faso**. https://www.sante.gov.bf/detail?tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Bnews%5D=250&cHash=18b9a7eec0d8a7b5947dbce4fd9ffe9 (November 12, 2020). 2020.
36. Tinto B, Salinas S, Dicko A, Kagone TS, Traore I, de Rekeneire N, Bicaba BW, Hien H, Meda N, van de Perre P *et al*: **Spreading of SARS-CoV-2 in West Africa and assessment of risk factors**. *Epidemiol Infect* 2020, 148:e213.
37. *Tropicale S: Revue de Presse*. <http://www.santetropicale.com/actus.asp?id=27909&action=lire> (Accessed November 14, 2020). In.; 2020.
38. Abdalhamid B, Bilder CR, McCutchen EL, Hinrichs SH, Koepsell SA, Iwen PC: **Assessment of Specimen Pooling to Conserve SARS CoV-2 Testing Resources**. *Am J Clin Pathol* 2020, 153(6):715-718.
39. Gupta E, Padhi A, Khodare A, Agarwal R, Ramachandran K, Mehta V, Kilikdar M, Dubey S, Kumar G, Sarin SK: **Pooled RNA sample reverse transcriptase real time PCR assay for SARS CoV-2 infection: A reliable, faster and economical method**. *PLoS One* 2020, 15(7):e0236859.
40. Alcoba-Florez J, Gil-Campesino H, Garcia-Martinez de Artola D, Diez-Gil O, Valenzuela-Fernandez A, Gonzalez-Montelongo R, Ciuffreda L, Flores C: **Increasing SARS-CoV-2 RT-qPCR testing capacity by sample pooling**. *Int J Infect Dis* 2020.
41. Khodare A, Padhi A, Gupta E, Agarwal R, Dubey S, Sarin SK: **Optimal size of sample pooling for RNA pool testing: An avant-garde for scaling up severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 testing**. *Indian J Med Microbiol* 2020, 38(1):18-23.
42. Kim SY, Lee J, Sung H, Lee H, Han MG, Yoo CK, Lee SW, Hong KH: **Pooling Upper Respiratory Specimens for Rapid Mass Screening of COVID-19 by Real-Time RT-PCR**. *Emerg Infect Dis* 2020, 26(10):2469-2472.
43. Praharaj I, Jain A, Singh M, Balakrishnan A, Dhodapkar R, Borkakoty B, Ashok M, Das P, Biswas D, Kalawat U *et al*: **Pooled testing for COVID-19 diagnosis by real-time RT-PCR: A multi-site comparative evaluation of 5- & 10-sample pooling**. *Indian J Med Res* 2020, 152(1 & 2):88-94.
44. Abdurrahman ST, Mbanaso O, Lawson L, Oladimeji O, Blakiston M, Obasanya J, Dacombe R, Adams ER, Emenyonu N, Sahu S *et al*: **Testing Pooled Sputum with Xpert MTB/RIF for Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis To Increase Affordability in Low-Income Countries**. *J Clin Microbiol* 2015, 53(8):2502-2508.
45. WHO: **Pooling samples boosts Ghana's COVID-19 testing**. <https://www.afro.who.int/news/pooling-samples-boosts-ghanas-covid-19-testing>. Accessed January 11, 2021. 2020.
46. Mutesa L, Ndishimye P, Butera Y, Souopgui J, Uwineza A, Rutayisire R, Nduricimpaye EL, Musoni E, Rujeni N, Nyatanyi T *et al*: **A pooled testing strategy for identifying SARS-CoV-2 at low prevalence**. *Nature* 2020.
47. Agoti CN, Mutunga M, Lambisia AW, Kimani D, Cheruiyot R, Kiyuka P, Lewa C, Gicheru E, Tendwa M, Said Mohammed K *et al*: **Pooled testing conserves SARS-CoV-2 laboratory resources and improves test turn-around time: experience on the Kenyan Coast**. *Wellcome Open Res* 2020, 5:186.
48. BGI: **2019-nCoV: Real-Time Fluorescent RT-PCR kit**. <https://www.bgi.com/global/molecular-genetics/2019-ncov-detection-kit/>. (Accessed November 30, 2020). 2020.
49. Liferiver: **Liferiver Novel Coronavirus (2019-nCoV) Real Time Multiplex RT-PCR Kit**. https://www.biovendor.com/liferiver-novel-coronavirus-2019-ncov-real-time-multiplex-rt-pcr-kit?utm_source=google&utm_medium=organic. (Accessed November 30, 2020). 2020.
50. DaAnGene: **Da An Gene Co., Ltd. of Sun Yat-sen University. Instructions for Use of Detection Kit for**

- 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) RNA. https://www.who.int/diagnostics_laboratory/eual/eul_0493_141_00_detection_kit_for_2019_ncov_rna_pcr_flourescence_probing.pdf. (Accessed November 30, 2020). 2020.
51. TIBMolBiol: Roche Distribute Tib-Molbiol Wuhan Coronavirus Assays for RNAP, Envelope and Nucleocapid Genes. <https://www.rapidmicrobiology.com/news/roche-distribute-tib-molbiol-wuhan-coronavirus-assays-for-rnap-envelope-and-nucleocapid-genes>. (Accessed November 30, 2020). 2020.
52. SANSURE: Réactifs de diagnostic par RT-PCR du SARS-CoV-2 SANSURE BIOTECH Novel Coronavirus (2019-nCoV). <https://www.dutscher.com/frontoffice/product?produit=0BAN-34-08>. (Accessed November 30, 2020). 2020.
53. Ohia C, Bakarey AS, Ahmad T: COVID-19 and Nigeria: putting the realities in context. *Int J Infect Dis* 2020, **95**:279-281.