



Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID-19. The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect, the company's public news and information website.

Elsevier hereby grants permission to make all its COVID-19-related research that is available on the COVID-19 resource centre - including this research content - immediately available in PubMed Central and other publicly funded repositories, such as the WHO COVID database with rights for unrestricted research re-use and analyses in any form or by any means with acknowledgement of the original source. These permissions are granted for free by Elsevier for as long as the COVID-19 resource centre remains active.



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

Les coronaviroses aviaires : caractéristiques présentant un intérêt épidémiologique, en médecine comparée[☆]

*Avian coronaviruses: Characteristics of epidemiological
interest, in comparative medicine*

Moncef Bouzouaya

École de médecine vétérinaire, Sidi-Thabet, Tunisie

Reçu le 24 mars 2021 ; accepté le 24 mars 2021

Disponible sur Internet le 29 mai 2021

MOTS CLÉS

Coronavirus ;
Bronchite infectieuse
aviaire ;
Classification ;
Résistance ;
Mutagenèse ;
Vaccination

Résumé Les coronaviroses en médecine vétérinaire sont connus depuis 1931 et sont à l'origine d'une des maladies les plus préjudiciables aux élevages de volailles : la bronchite infectieuse aviaire (BIA). Les caractéristiques les plus utiles à l'étude de l'épidémiologie sont présentées, notamment le très fort pouvoir mutagène et le caractère saisonnier des infections par ce virus. Les programmes de lutte s'appuient sur de nombreuses mesures de biosécurité appliquées autant pour empêcher les virus de diffuser à partir de foyers d'infection : mesures de bioconfinement, que de mesures permettant d'éviter la contamination d'élevage indemnes : mesures de bioexclusion. Le contrôle des coronavirus aviaires est basé surtout sur les vaccinations et du fait du très fort pouvoir mutagène du virus, une course est régulièrement engagée, pour réussir l'adéquation entre les différents virus apparaissant fréquemment dans les élevages et les virus vaccinaux. Ceci nous oblige aussi à adapter à chaque fois et région par région le pool de vaccins utilisés et les programmes de vaccination utilisés.

© 2021 l'Académie nationale de médecine. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

[☆] Séance commune de l'Académie vétérinaire de France et de l'Académie nationale de médecine du jeudi 3 décembre 2020 : « COVID-19 et "une seule santé" : aspects médicaux, vétérinaires et environnementaux ».

Adresse e-mail : bzmoncef2014@gmail.com

KEYWORDS

Coronavirus;
Infectious bronchitis;
Classification;
Resistance;
Mutagenesis;
Vaccination

Summary. – Coronavirus disease in veterinary medicine has been known since 1931 and is the cause of one of the most damaging diseases in poultry farming: avian infectious bronchitis (BIA). The characteristics most useful for the study of epidemiology are presented, in particular the very strong mutagenicity and the seasonality of infections with this virus. The control programs are based on numerous biosecurity measures applied as much to prevent viruses from spreading from sources of infection: biocontainment measures, as to measures to prevent contamination of uninjured herds: bioexclusion measures. The control of avian coronaviruses is based mainly on vaccinations and because of the very strong mutagenic power of the virus, a race is regularly underway, to succeed in matching the different viruses frequently appearing in farms and vaccine viruses. This also obliges us to adapt each time and region by region the pool of vaccines used and the vaccination programs used.

© 2021 l'Académie nationale de médecine. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Depuis le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), apparu en 2002, une véritable psychose mondiale a concerné les coronavirus et s'est amplifiée avec l'apparition de la COVID-19. Cette effervescence a concerné aussi le monde de la recherche scientifique, puisque la base de données Scopus des éditions Elsevier recensait, à la mi-mars déjà, 418 articles, lettres ou présentations de conférences, publiées en 2020, sur le sujet « coronavirus », soit plus que 50 % des publications de 2019, le nombre de publications augmentant de façon exponentielle.

Malgré l'actualité de cette pandémie d'origine animale, les aspects vétérinaires liés à cette coronavirose ont souvent été ignorés, qu'il s'agisse des compétences des laboratoires vétérinaires français pour les tests de diagnostic, par comparaison avec d'autres pays européens, par exemple l'Allemagne. Pourtant, l'origine animale de cette coronavirose a été très tôt suspectée avec la découverte de la souche RaTG13 de la chauve-souris présentant 96 % d'homologie avec le coronavirus pandémique.

La première coronavirose, la bronchite infectieuse aviaire (BIA), fut décrite en 1931 par Schalk et Hawn [1] qui avaient observé une affection respiratoire chez des poussins dans le Dakota du Nord aux États-Unis. Six années plus tard, Beaudette et Hudson [2] ont cultivé le virus sur des œufs embryonnés de poule. Dès 1940, Van Rockel [3] établit un programme de vaccination. Actuellement, la BIA reste l'une des maladies les plus préjudiciables à l'élevage avicole, puisqu'elle est classée deuxième par la banque mondiale juste après l'influenza aviaire hautement pathogène (Fig. 1) [4].

L'importance de la BIA n'est pas liée uniquement à sa forme respiratoire qui lui a valu son nom mais, surtout, aux autres formes cliniques de la maladie. C'est le cas de la forme génitale se manifestant par une chute importante du taux de ponte associée à des modifications internes et externes des œufs les rendant impropres à la consommation ou des formes rénales, parfois, très meurtrières.

Aux pertes économiques engendrées par les aspects cliniques s'ajoutent le coût des programmes de contrôle, comprenant les mesures de biosécurité, les vaccinations et le traitement des complications bactériennes ou virales.

C'est pourquoi la BIA est l'une des maladies des volailles les plus étudiées, et les acquis dans ce domaine sont très importants, notamment sur la connaissance du virus et de son épidémiologie, les solutions vaccinales pour le contrôler, la recherche continue pour l'adéquation entre les différents génotypes prévalents et les vaccins mis sur le marché. L'apparition récente de virus mutants dans la pandémie de la COVID-19 témoigne des problèmes éventuels pour la maladie humaine que nous connaissons depuis de nombreuses années en médecine vétérinaire.

Aspects épidémiologiques de la BIA présentant un intérêt en médecine comparée

Ces caractéristiques concernent la classification du virus, son pouvoir mutagène et sa sensibilité.

Classification : les coronavirus doivent leur nom à la présence d'une couronne de spicules entourant la particule virale, ils appartiennent à la famille des *Coronaviridae*, sous-famille des *Orthocoronavirinae*.

Les coronavirus sont répartis en quatre groupes, alpha, beta, gamma et deltacoronavirus, chacun comprenant un ensemble d'hôtes spécifiques homme, mammifères, oiseaux, etc. (Fig. 2) [5]. Mais ils peuvent parfois changer d'hôte par franchissement de la barrière d'espèce. De telles contaminations ont provoqué chez l'Homme les graves épidémies du SRAS en 2002/2003 (SARS-CoV) et du syndrome respiratoire du Moyen-Orient en 2012 (MERS-CoV), ainsi que la pandémie de COVID-19, causée par le coronavirus SARS-CoV-2.

Mais certains coronavirus n'affectent pas les volailles. Les travaux de Swayne et al. [6] ont montré, en 2004, que les β -coronavirus sont incapables de se multiplier sur les œufs embryonnés ou d'infecter des volailles. Dans un travail plus récent, en 2020, Suarez et al. [7] ont confirmé que les virus de la COVID-19 (SARS-CoV-2) ou du MERS-CoV n'ont aucun effet sur des œufs embryonnés de poule et le contenu de ces œufs, inoculé à différentes volailles, ne permet ni de reproduire la maladie ni de provoquer une production d'anticorps, démontrant ainsi l'impossibilité pour les volailles de jouer un rôle de réservoir viral dans l'épidémiologie de ces viroses.

Pouvoir mutagène

Comme beaucoup de virus à ARN, le coronavirus responsable de la BIA présente un très grand potentiel mutagène. Depuis sa première description en 1931 et pendant longtemps, un seul type antigénique était connu, le sérotype Massachusetts (ou Mass). En 1951, un premier virus variant, la souche Connecticut, est apparu. De nombreux sérotypes ont été isolés par la suite dans plusieurs pays. La fréquence de ces isollements a augmenté régulièrement, en particulier du fait de l'amélioration des techniques de biotechnologie à la disposition des laboratoires vétérinaires. Si la plupart des sérotypes isolés ne sont pas obligatoirement très différents des souches virales déjà connues, leur contrôle permet de prévenir l'apparition d'une souche variante pouvant compromettre la protection vaccinale.

La variabilité des souches de BIA est contrôlée par le séquençage de la partie hypervariable S1 de la glycoprotéine

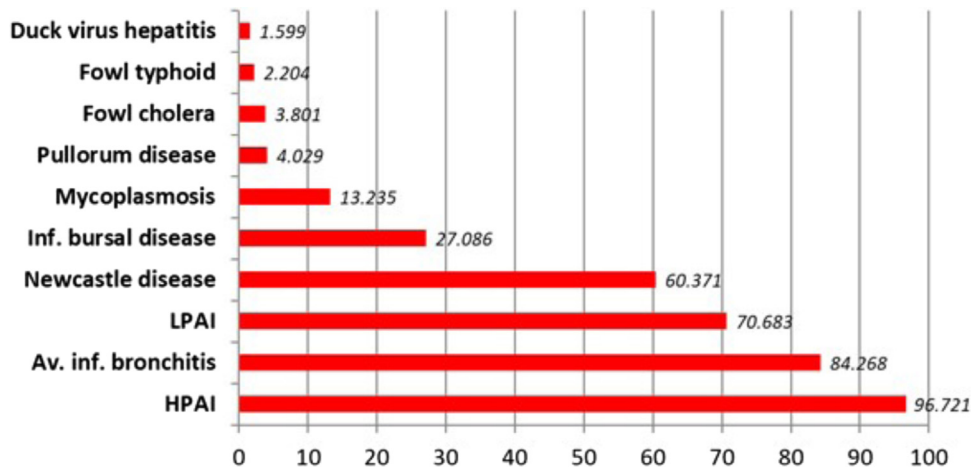


Figure 1 Atlas mondial des maladies de l'élevage – une analyse quantitative des données mondiales sur la santé animale (2006–2009) <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27118> [4].

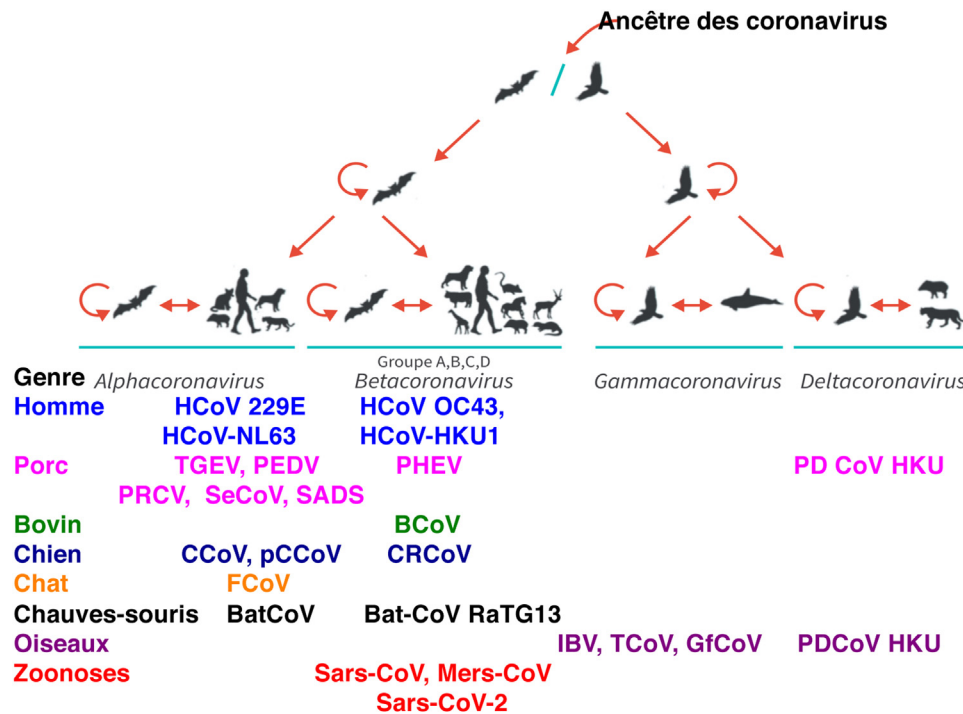


Figure 2 Évolution des coronavirus, modifié d'après Woo et al. In Angot JL & Brugère-Picoux J [5].

S (pour Spicule) qui est la cible dans la protection vaccinale. Sur cette base, un arbre phylogénétique du virus de la BIA peut être établi, comprenant les souches anciennes comme la souche américaine Mass ou d'autres souches de découverte plus récente comme les souches d'origine chinoise QX ou 793B.

Ces différentes souches connaissent une répartition mondiale favorisée par les échanges commerciaux et peuvent évoluer vers des souches plus pathogènes ou, au contraire, moins virulentes. Ceci a été démontré par Worthington et al. [8] dans une enquête épidémiologique menée en Europe, de 2002 à 2006, à partir d'écouvillons trachéaux sur des cas évocateurs de BIA et analysés par Nested RT-PCR sur la région hypervariable de la protéine de spicule S1 (Fig. 3) [8]. Cette étude a montré que certaines souches peuvent rester stables comme, par exemple, la souche Mass : après une prévalence

de 40 % en début d'enquête, celle-ci se stabilise autour de 30 % des diagnostics. C'est aussi le cas de la souche 793B d'apparition récente qui concerne environ 40 % des diagnostics. D'autres souches peuvent disparaître progressivement, comme la souche italienne It2, qui représentait, en début d'enquête, jusqu'à 25 % des diagnostics pour ne présenter qu'un pourcentage minime en fin d'enquête. Ces exemples témoignent de la grande variabilité dans l'espace et dans le temps des différentes souches de coronavirus aviaires.

Sensibilité

La présence d'une enveloppe lipidique autour des coronavirus explique leur sensibilité aux solvants des graisses (savon), à la dessiccation. Cette caractéristique se traduit

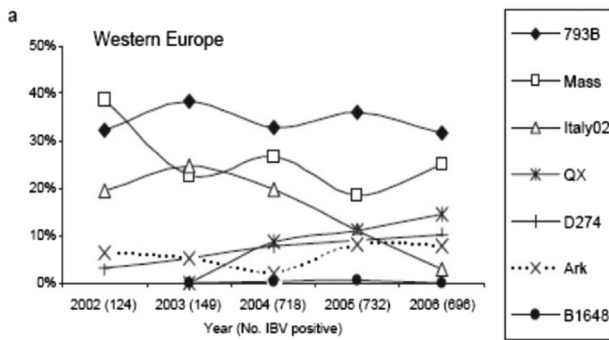


Figure 3 Enquête épidémiologique des différentes souches de virus de la BIA présentes en Europe 2002–2006 d'après Worthington et al. [8].

par une saisonnalité des infections, démontrée en médecine vétérinaire et humaine.

Les volailles d'intérêt commercial sont élevées dans des bâtiments sensés les soustraire aux variations climatiques, avec chauffage pendant la saison froide, refroidissement pendant la saison chaude, contrôle de l'hygrométrie, de la vitesse de l'air, de la présence de gaz délétères mais on observe malgré tout cela une saisonnalité de la BIA, avec un pic de saisies à l'abattoir liées à cette maladie en saison hivernale (Fig. 4) [9].

Ce même phénomène a été observé en médecine humaine avec la COVID-19 en Chine où les coefficients de transmission (R_0) sont les plus bas dans les régions où les températures et les humidités sont les plus hautes [10].

Contrôle de la bronchite infectieuse aviaire

Le pouvoir infectieux du virus et sa très large diffusion, nécessitent une approche holistique comprenant des mesures de biosécurité et de la vaccination.

Biosécurité

Les trois piliers d'un bon programme de biosécurité sont :

- une veille épidémiologique avec un diagnostic le plus rapide possible permettant l'instauration d'un traitement symptomatique. Comme toutes les volailles d'élevage sont vaccinées, l'apparition de la maladie est souvent le résultat d'un échec de vaccination, dont il faut établir la cause, qui peut, entre autres causes, être dû à l'intervention d'un variant du virus, qu'il faut isoler et typer ;
- la mise en œuvre d'un programme de biosécurité comprenant des mesures de bioconfinement pour éviter la sortie du virus de la ferme, des mesures de bioexclusion pour éviter l'entrée de virus (murs d'enceinte, distance entre les bâtiments...) ;
- à la fin de l'exploitation de chaque troupeau, il faut procéder, dans les meilleurs délais, à des opérations de nettoyage et de désinfection suivies d'un vide sanitaire.

Malgré la mise en œuvre de l'ensemble de ces mesures, l'éradication de la BIA est pratiquement impossible, d'où la nécessité du recours à la vaccination.

Vaccination

Le prérequis principal à la réussite de la vaccination est une surveillance constante des génotypes circulant dans la région. Du fait de la grande variabilité du virus, le concept de protectotype a été développé par Cook et al. [11] au laboratoire GD Deventer aux Pays-Bas. Un protectotype comprend l'ensemble des souches virales offrant la plus large protection contre les différents variants isolés sur le terrain permettant ainsi l'utilisation d'un seul vaccin.

Le résultat de la vaccination va alors dépendre, du degré de correspondance entre les virus terrain et les virus vaccinaux et bien sûr de la maîtrise des techniques de vaccination de masse utilisées dans les élevages avicoles pour administrer les vaccins à virus vivants atténués.

Le résultat de la vaccination va alors dépendre du degré de correspondance entre les virus du terrain et les virus vaccinaux et, bien sûr, de la maîtrise des techniques de vaccination de masse utilisées dans les élevages avicoles pour administrer les vaccins à virus vivants atténués.

Si aujourd'hui tous les oiseaux d'élevage sont vaccinés, 80 % au moins d'entre eux reçoivent une combinaison de vaccins de souche Mass et un vaccin préparé avec un virus variant, en application de la notion de protectotype.

Différents types de vaccins peuvent être utilisés :

- vaccins vivants, souche Mass : 1 ou 2 applications en fonction de la durée de la vie économique ;
- vaccin variant : choisi en fonction du protectotype prévalent dans la région, aujourd'hui souvent des vaccins du groupe 793B ;
- vaccins tués adjuvés : utilisés à l'entrée en ponte, ils permettent de protéger pendant toute la période de ponte ;
- vaccins recombinants : non encore utilisés, basés sur l'expression de la glycoprotéine S1 dans un adénovirus aviaire de sérotype 8 [12]. La même technologie est utilisée par l'un des vaccins proposés aujourd'hui en médecine humaine contre la COVID 19.

Conclusion

Les coronavirus aviaires sont connus depuis très longtemps et sont relativement bien contrôlés par des programmes de vaccination complets. Ces programmes peuvent évoluer pour adapter les réponses vaccinales souhaitées à l'évolution de ces virus au cours du temps et dans les différentes régions du monde. Face à l'émergence de nouveaux variants ou de nouveaux pathotypes, nous devons rester vigilants sur les pratiques d'élevage et de vaccination.

L'accumulation des connaissances acquises depuis plus de huit décennies sur la BIA en médecine vétérinaire témoigne de l'importance à accorder à la médecine comparée lorsqu'une maladie émergente survient, comme c'est le cas pour la COVID-19.

Parmi les *Alphacoronavirus*, certains peuvent contaminer l'Homme (HCoV 229E et HCoV-NL63) ou certains animaux domestiques : gastroentérite transmissible du porc (TGEV), diarrhée épidémique porcine (PEDV), coronavirose respiratoire du porc (PRCV), entérite porcine à coronavirus (SeCoV), diarrhée aiguë porcine (SADS), entérite à coronavirus du chien (CCoV) ou pantropique (pCCoV), coronavirose du chat (FCoV) présentant une forme entéritique (FECV) et une forme de péritonite (FIPV).

Les *Betacoronavirus* peuvent être responsables d'une zoonose [syndrome respiratoire aigu ou SRAS (Sars-CoV), syndrome respiratoire du Moyen Orient ou MERS (Mers-CoV) et la COVID-19 (Sars-CoV2)], mais aussi de maladies

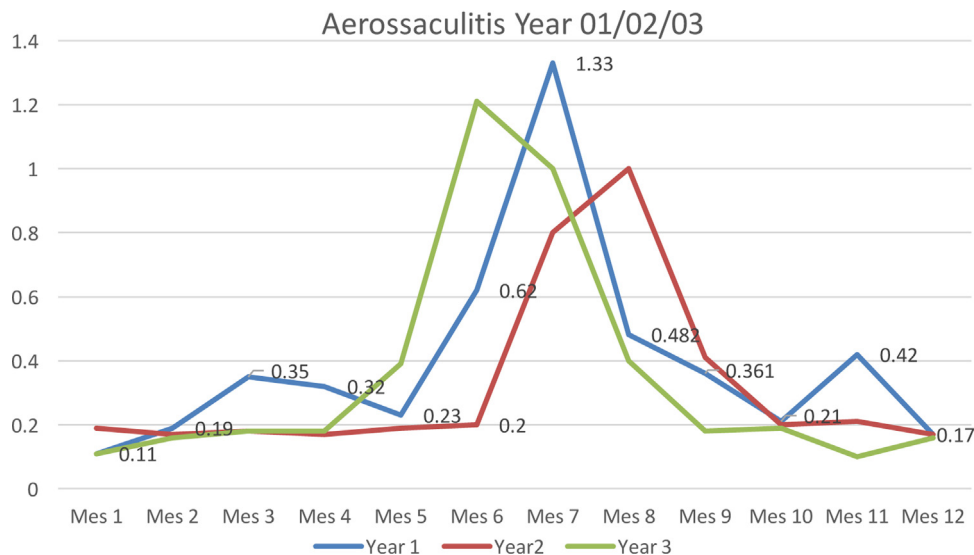


Figure 4 Augmentation du nombre de cas de saisies à l'abattoir pour BIA pendant la saison froide au Brésil d'après Assayag et al. [8].

respiratoires chez l'Homme (HCoV OC43 et HCoV-HKU1) ou d'une encéphalomyélite chez le porc (PHEV), de la coronavirus respiratoire du chien (CRCoV) ainsi que de la coronavirus bovine (BCoV). On y retrouve aussi de nombreux coronavirus de la chauve-souris dont le virus Bat-CoV RaTG13 proche du Sars-CoV-2.

Chez les volailles, on connaît principalement trois virus classés dans les *Gammacoronavirus* et correspondant à la bronchite infectieuse aviaire (IBV), la coronavirus du dindon (TCoV) et à celle de la pintade (GfVoV), mais il faut remarquer la sensibilité des oiseaux au deltacoronavirus de la diarrhée porcine PDCoV HKU.

Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Schalk AF, Hawn MC. An apparently new respiratory disease of baby chicks. *J Am Vet Med Assoc* 1931;78:413–23.
- [2] Beaudette FR, Hudson CB. Cultivation of the virus of infectious bronchitis. *J Am Vet Med Assoc* 1937;90:51–8.
- [3] Van Roeckel H, Clark MK, Bullis KL, Olesiuk OM, Sperling FG. Infectious bronchitis. *Am J Vet Res* 1951;12:140–6.
- [4] Atlas mondial des maladies de l'élevage – Une analyse quantitative des données mondiales sur la santé animale (2006–2009). Banque mondiale; 2011 [En ligne. Disponible sur : <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/27118> (consulté le 24/03/2021)].
- [5] Angot JL, Brugère-Picoux J. Introduction générale sur les coronavirus animaux et humains. *Bull Acad Natl Med* 2021;205.
- [6] Swayne DE, Suarez DL, Spackman E, Tumpey TM, Beck JR, Erdman D, et al. SARS-CoV: β -coronavirus was unable to grow in eggs and poultry. *South China Emerg Infect Dis* 2004;10:914–7.
- [7] Suarez DL, Pantin-Jackwood MJ, Swayne DE, Lee SA, DeBlois SM, Spackman E. Lack of susceptibility to SARS-CoV-2 and MERS-CoV in poultry. *Emerg Infect Dis* 2020;26:3074–6, <http://dx.doi.org/10.3201/eid2612.202989>.
- [8] Worthington KJ, Currie RJ, Jones RC. A reverse transcriptase-polymerase chain reaction survey of infectious bronchitis virus genotypes in western Europe from 2002 to 2006. *Avian Pathol* 2008;37:247–57.
- [9] Assayag Junior MS, Rocha PT, Kuana S, Pedrosa AC, Pereira CE, Chacon JL, et al. Epidemiology of Infectious Bronchitis and the impact in the condemnations in the slaughterhouse. *International symposium on avian corona and pneumovirus and complicating pathogens*. Germany: Ruischholzhausen; 2012. p. 74–9.
- [10] Wang J, Tang K, Feng K, Lin X, Weifeng L, Chen K, et al. Impact of temperature and relative humidity on the transmission of COVID-19: a modeling study in China and the United States. *BMJ Open* 2021;11(2):e043863 <https://ssrn.com/abstract=3551767>.
- [11] Cook JK, Orbell SJ, Woods MA, Huggins MB. Breadth of protection of the respiratory tract provided by different live-attenuated infectious bronchitis vaccines against challenge with infectious bronchitis viruses of heterologous serotypes. *Avian Pathol* 1999;28:477–85.
- [12] Johnson MA, Pooley C, Ignjatovic J, Tyack SG. A recombinant fowl adenovirus expressing the S1 gene of infectious bronchitis virus protects against challenge with infectious bronchitis virus. *Vaccine* 2003;21:2730–6.