

LES CORONAVIROSES DES PETITS RUMINANTS

CORONAVIRUS INFECTIONS IN SMALL RUMINANTS

Par Bertrand RIDREMONT^(1, 2)
(Mémoire soumis le 7 Mai 2020,
Accepté le 10 Mai 2020)

RÉSUMÉ

Les coronavirus des espèces ovine et caprine sont dues à des souches proches du coronavirus bovin et ainsi désignées comme « BCoV-like ». On dispose de très peu de données épidémiologiques et cliniques en relation avec ces viroses dans les conditions d'élevage en Europe ; c'est dans certains pays d'Afrique, du Moyen-Orient ou d'Asie que des études ont mis en évidence des prévalences de virus parfois modérées à élevées et des troubles digestifs (diarrhées) conséquents chez les moutons et chèvres, plutôt sur les jeunes animaux. Le rôle potentiel des coronavirus de ces 2 espèces comme agents zoonotiques n'est pas démontré.

Mots-clés : infection à coronavirus, BCoV-like, diarrhées, ovins, caprins.

ABSTRACT

Coronavirus infections in small ruminants are due to strains close to the bovine coronavirus and thus designated as «BCoV-like». We have very few epidemiological and clinical data about these viral diseases in sheep and goat farms through Europe; only in some countries from Africa, Middle East or Asia, studies highlighted moderate to high prevalence of these coronaviruses and consequently digestive disorders (diarrhea), rather on young animals . The potential role of coronavirus strains from sheep and goats as zoonotic agents has not been yet demonstrated.

Keywords : coronavirus infections, BCoV-like, diarrhea, sheep, goat.

INTRODUCTION

L'impact sanitaire, zootechnique et économique des coronavirus bovines est très bien documenté, tant sur le tropisme du virus BCoV (digestif et respiratoire) que sur l'épidémiologie de ces infections. Par contre, on ne dispose que de peu de données publiées sur le rôle et l'importance du coronavirus chez le mouton (*Ovis aries*) et chez la chèvre (*Capra hircus*). Beaucoup d'études, cliniques, épidémiologiques et sur la transmission interspécifique proviennent de pays ou régions ayant de fortes populations en petits ruminants domestiques : bassin méditerranéen, Moyen-Orient, Afrique et Asie.

DES CORONAVIRUS NON SPÉCIFIQUES

Les premières études détectant, principalement par microscopie électronique, des coronavirus essentiellement à partir de diarrhées ovines ont utilisé la dénomination « coronavirus-like par-

ticles » pour les caractériser (Tzipori *et al.* 1979 ; Pass *et al.* 1982). Munoz *et al.* (1996), analysant des prélèvements de fèces de chevreaux et agneaux diarrhéiques en période néonatale à l'aide d'un test Elisa indirect de blocage détectant le coronavirus bovin, n'ont pas trouvé de coronavirus : les auteurs se sont demandé si la prévalence était réellement très faible ou si les coronavirus des petits ruminants étaient distincts génétiquement du virus bovin (BCoV). En fait, les scientifiques s'accordent désormais sur le fait que les virus isolés chez les ovins et caprins ont des similarités biologiques, antigéniques et génétiques avec le coronavirus bovin (BCoV) et que ce sont ces souches « BCoV-like » qui circulent sur le terrain chez les petits ruminants (Martella *et al.* 2015 ; Decaro & Lorusso, 2020). Plusieurs questions se sont ensuite posées tant sur le rôle de ces virus dans l'étiologie des diarrhées chez les ovins (Martella *et al.* 2015) et chez les caprins (Omacap, 2020) que sur la question de la transmission de ces

(1) Académie Vétérinaire de France.

(2) Vétérinaire consultant, 1 rue Jean-Emile Molland, F-49000 Angers.
Courriel : ridremont@bbox.fr

souches « BCov-like » entre moutons ou chèvres.

UNE PRÉVALENCE TRÈS VARIABLE

Chez les ovins

Des particules virales « BCoV-like » ont été détectés dans les fèces de moutons dans différents pays : Australie, Nouvelle-Zélande, Chili, Ecosse et Hongrie. Des anticorps dirigés contre le coronavirus bovin ont été détectés en Allemagne, Suède et au Japon (Saif *et al.* 2004). La prévalence varie selon la méthode de détection utilisée (isolement viral sur fèces ou sérologie), le type et l'âge des ovins prélevés (de l'agneau après la naissance jusqu'au mouton adulte), le nombre d'animaux prélevés, l'existence ou non de troubles digestifs (diarrhées) lors des prélèvements. Ainsi certains auteurs n'ont pas isolé de coronavirus sur des fèces d'agneaux à diarrhée (Munoz *et al.* 1996 en Espagne ; Ozmen *et al.*, 2006 en Turquie). D'autres publications font état d'une mise en évidence du coronavirus de manière très ponctuelle, sur un nombre limité d'animaux ou d'élevages (Durham *et al.* 1979 en Nouvelle-Zélande ; Harp *et al.* 1981 aux USA). Enfin, une prévalence plus importante a été observée soit chez des agneaux diarrhéiques (8 % pour Koromyslov *et al.* 1984 en Russie ; 19,6 % pour Shabana *et al.* 2017 en Arabie Saoudite), soit chez des ovins sevrés et adultes (10 % pour Tzipori *et al.* 1978 en Australie ; 19 % pour Traven *et al.* 1999 en Suède ; 25,8 % pour Burimuah *et al.* 2019 au Ghana). En ce qui concerne les facteurs de risques, l'âge est évoqué par certains auteurs, notamment la plus grande sensibilité des jeunes (agneaux avant sevrage). Shabana *et al.* (2017) ont observé une prévalence supérieure du coronavirus lors de troubles digestifs (diarrhée) chez les animaux de moins d'un an (9,8 %) par rapport aux ovins d'un à deux ans (4,9 %) et de deux à trois ans (5,2 %). L'incidence des diarrhées néonatales des agneaux serait plus élevée en fin de saison de mises-bas (Millemann *et al.* 2003). Le risque de la présence de bovins infectés près de troupeaux de moutons a été souligné par Traven *et al.* (1999) : la séropositivité des moutons serait en relation avec une infection directe ou indirecte (fèces) par des bovins infectés par le BCoV. Enfin certaines enquêtes de prévalence du coronavirus chez des agneaux diarrhéiques soulignent la présence d'autres agents pathogènes qui agiraient en association avec les souches « BCoV-like » : les colibacilles (9 % des associations mixtes pour Shabana *et al.* 2017), mais aussi les cryptosporidies, coccidies et salmonelles (Underwood *et al.* 2015).

Chez les caprins

Selon Amer (2018), la prévalence du coronavirus est faible dans les élevages caprins. Elle était même nulle dans l'enquête espagnole de Munoz *et al.* (1996), portant sur 46 épisodes diarrhéiques sur des chevreaux. L'étude de séroprévalence de Yang *et al.* (2008), sur 804 chèvres issues de 144 élevages de Corée du Sud, aboutit à une incidence de 2,4 % dans les élevages et un taux de séropositivité individuelle de 1 %. D'autres auteurs ont trouvé une prévalence moyenne à élevée : 15,97 % d'isolement

(Singh *et al.* 2018 en Inde chez 238 chevreaux diarrhéiques de moins de 3 mois) ; 16,2 % d'isolement (Shabana *et al.* 2017 en Arabie Saoudite chez 117 caprins avec diarrhées de moins de 3 ans) ; 41,12 % de séroprévalence (Gumusova *et al.* 2007 en Turquie chez 107 chèvres de plus d'un an) ; 43,1 % de séropositivité (Burimuah *et al.* 2019 au Ghana chez 66 chèvres malades de plus de 6 mois). Shabana *et al.* (2017) mettent en évidence un effet âge comme pour les ovins : les caprins de moins d'un an étaient plus atteints (6,8 %) que ceux d'un à deux ans (4,3 %) et ceux de deux à trois ans (5,1 %). Enfin, le coronavirus est associé à d'autres agents pathogènes lors de diarrhées chez les chevreaux de la naissance à trois mois d'âge (Singh *et al.* 2018) avec dans l'ordre de prévalence : les colibacilles entéropathogènes (EPEC : 11,34 %), les rotavirus du groupe A (GARV : 5,88 %), l'association EPEC + GARV (4,20 %), *Clostridium perfringens* (2,1 %).

DES SIGNES CLINIQUES INCONSTANTS

Dans les deux espèces, ce sont les troubles digestifs (diarrhées) qui sont associés aux infections par « BCoV-like », particulièrement chez les jeunes animaux. Une seule référence fait allusion à des signes respiratoires modérés, outre les symptômes digestifs, chez des agneaux (Underwood *et al.* 2015). Cependant, de nombreux auteurs s'interrogent sur l'implication réelle des coronavirus dans l'étiologie des diarrhées néonatales des petits ruminants (Martella *et al.* 2015 ; Amer, 2018 ; Ozmen *et al.* 2018 ; Decaro & Lorusso, 2020). Le rôle des virus en général dans ces gastro-entérites est peut-être mal décrit en raison de l'absence fréquente d'outils diagnostiques appropriés (Omacap, 2020).

Chez les ovins

De manière générale, le rôle des virus dans les gastro-entérites de l'agneau est moins important en comparaison du veau, alors que c'est la situation inverse pour les entérotoxémies (Millemann *et al.* 2003). Les viroses digestives chez l'agneau sont essentiellement dues aux rotavirus (Brugère-Picoux, 2011). Sinon les agents pathogènes majeurs dans ces troubles digestifs restent les colibacilles, cryptosporidies puis clostridies (Millemann *et al.* 2003 ; Brugère-Picoux, 2011). Le plus souvent, la diarrhée est le seul symptôme observé, les signes généraux étant rares (parfois de la déshydratation), avec une guérison spontanée en 3 à 4 jours. La diarrhée est liquide, de couleur verdâtre (Tzipori *et al.* 1978 ; Millemann *et al.* 2003). Certains auteurs ont décrit des formes plus sévères, notamment chez l'agneau (Underwood *et al.* 2015) : diarrhée jaune, semi-fluide à aqueuse, avec possiblement déshydratation, perte de poids, anorexie, acidose et occasionnellement mort des animaux. De manière plus anecdotique, Durham *et al.* (1979) avaient observé ces mêmes signes graves chez des ovins de 12 à 26 semaines d'âge, avec des morbidité et mortalité respectivement de 40 et 15 %.

Chez les caprins

Aucun agent infectieux n'est isolé dans 20% des épisodes diarrhéiques du chevreau ; ceux-ci correspondent à des diarrhées

d'origine alimentaire, beaucoup plus fréquentes et sévères que chez l'agneau (Millemann *et al.* 2003). Les causes infectieuses dépendent de l'âge : les colibacilles dans la première semaine, les cryptosporidies d'une à quatre semaines, clostridies et coccidies au-delà de quatre semaines (Omacap, 2020). Le coronavirus pourrait être impliqué dans les diarrhées néonatales du chevreau, mais surtout en coinfection avec d'autres agents pathogènes (Smith & Sherman, 2009). Les diarrhées sont, comme chez l'agneau, souvent le seul signe clinique décrit ; les signes généraux sont rares et une guérison est observée en quelques jours. Lors d'une enquête menée sur 107 chèvres adultes (plus d'un an d'âge), Gumusova *et al.* (2007) se sont posé la question sur l'existence d'une forme clinique d'entérite hémorragique hivernale (*winter dysentery*, syndrome couramment décrit chez les bovins) sur des caprins à l'âge adulte.

DIAGNOSTIC DE LABORATOIRE

Les méthodes diagnostiques des coronavirus des petits ruminants ont fait appel à des tests de caractérisation des particules virales (microscopie électronique, Elisa, immunohistochimie) et de sérologie (séroneutralisation, immunofluorescence, inhibition de l'hémagglutination). L'immunohistochimie (IHC) a entraîné des immunoréactions positives dans les entérocytes, cryptes épithéliales et macrophages de la muqueuse digestive (particulièrement au niveau du jéjunum) (Ozmen *et al.* 2006 et 2018).

TRANSMISSION INTERSPÉCIFIQUE ET POTENTIEL ZONOTIQUE

Comme précédemment évoqué, certains auteurs mettent en avant la contamination possible des ovins et caprins à partir de bovins infectés par des souches de BCoV. Gumusova *et al.* (2007) suggèrent d'investiguer, à l'inverse, le rôle des caprins dans la contamination de bovins par des souches de type BCoV. Plus récemment, les scientifiques ont particulièrement étudié le rôle potentiel des petits ruminants (surtout les caprins) comme hôtes intermédiaires et agents de transmission du virus responsable chez l'homme du *Middle East Respiratory Syndrome*, à savoir le MERS-CoV. Hemida *et al.* (2013), en Arabie Saoudite, n'avaient trouvé aucune séropositivité (séroneutralisation) vis-à-vis du MERS-CoV sur 45 chèvres et 100 moutons testés. Cependant, Stalin Raj *et al.* (2014) avaient identifié la protéine DPP4 chez des dromadaires et des chèvres comme récepteur fonctionnel du MERS-CoV. Eckerle *et al.* (2014) avaient répliqué avec succès le MERS-CoV dans des lignées cellulaires de chèvre (poumon et rein). La chèvre pouvait-elle être un hôte intermédiaire du virus ? Adney *et al.* (2016) ont inoculé par voie intranasale le MERS-CoV à cinq chevreaux (en contact avec 2 mères) et trois moutons adultes. Ils ont utilisé l'immunofluorescence pour titrer le virus à partir d'écouvillons nasaux, la sérologie dans les quatre semaines suivant l'infection, l'immunohistochimie sur tissu (après autopsie). Une excrétion virale faible a été

détectée sur un chevreau ; une séroconversion a été constatée sur la plupart des chevreaux sans signes cliniques associés. Une faible détection du virus est constatée chez deux moutons sans séroconversion ni signes cliniques. Les auteurs concluent à la probable « non importance » des deux espèces (ovine et caprine) dans la transmission du MERS-CoV. El-Duah *et al.* (2019), au Ghana, n'ont isolé aucun virus du clade 2c du coronavirus (dont le MERS-CoV) chez des moutons et chèvres, sur la base d'un diagnostic par PCR à partir d'écouvillons rectaux. Enfin, Kandeil *et al.* (2019) ont mené une large enquête sur de nombreuses espèces domestiques exposées régulièrement à des populations de dromadaires ; rappelons que cette dernière espèce est reconnue comme hôte intermédiaire du MERS-CoV, avec un rôle potentiel dans la transmission de ce virus à l'homme (Mohd *et al.* 2016). Ils ont réalisé ainsi une double enquête : sérologique (par séroneutralisation) et virologique (RT-PCR à partir d'écouvillons nasaux). Les élevages concernés étaient sélectionnés dans trois pays africains : Egypte, Sénégal et Tunisie. Le virus a été détecté chez trois moutons sur 254 (1,2%) et cinq chèvres sur 121 (4,1%). Trente-sept moutons sur 177 (20,9 %) et une chèvre sur 107 (0,9 %) ont été reconnus séropositifs. Les auteurs concluent en l'infection possible de ces espèces de petits ruminants, mais en présence de dromadaires. Donc il est impossible de conclure quant au risque de transmission de ces espèces à d'autres espèces ou à l'homme, en l'absence de dromadaires présents dans ces élevages. En ce qui concerne l'infection au SARS-CoV-2 (Covid-19), Qiu *et al.* (2020) précisent que ce virus pourrait utiliser la protéine réceptrice ACE2 (*angiotensin converting enzyme 2*) de diverses espèces de mammifères, dont la chèvre et le mouton, pour y associer la partie du domaine de liaison au récepteur de la protéine S (partie RBD pour *receptor binding domain*) et ainsi favoriser le processus infectieux. Plusieurs publications ont comparé en théorie les séquences de cette protéine réceptrice ACE2 de l'homme et de nombreuses espèces animales. Sun *et al.* (2020) ont comparé la séquence de 19 acides aminés de la protéine ACE2 entre l'homme et diverses espèces dont le mouton : une similarité a été établie pour 15 des 19 acides aminés. Luan *et al.* (2020) ont mis en évidence une similarité pour 18 acides aminés de la protéine ACE2 du mouton sur une séquence de 20 acides aminés considérés comme essentiels au niveau de la même protéine de l'homme. La dernière étude de Damas *et al.* (2020) a opéré la comparaison d'une séquence de 25 acides aminés de la protéine ACE 2 entre l'homme et de très nombreuses espèces animales domestiques et sauvages ; ces auteurs ont catégorisé ces espèces selon un risque théorique de sensibilité à l'infection par le SARS-CoV-2 : mouton et chèvre ont été classés dans la catégorie à risque « moyen » (21 acides aminés communs sur 25). Plus récemment encore, Lam *et al.* (2020) ont évalué la stabilité de la liaison entre la protéine S du virus SARS-CoV-2 et son récepteur majeur, ACE2, cela chez pas moins de 215 espèces de vertébrés. Ils ont ensuite calculé le changement en énergie de liaison du complexe S/ACE2 dans chaque espèce relativement à l'homme. Puis ils ont analysé la corrélation existant entre ces valeurs et les données de sensibilité au virus disponibles *in vitro* et/ou *in vivo*. Il en ressort qu'une majorité d'espèces de Mammifères sont

potentiellement sensibles au SARS-CoV-2 ; le cas de l'espèce ovine a interpellé les auteurs, car ceux-ci n'ont pas obtenu de variation de l'énergie du complexe S/ACE2 chez *Ovis aries* par rapport à l'homme (comme pour les grands Primates), ce qui pourrait laisser présager d'une forte sensibilité de l'espèce ovine au virus responsable du Covid-19. Or le mouton, espèce domestiquée, est bien évidemment en contact étroit avec l'homme. En pratique, des études expérimentales d'inoculations *in vivo* sont en cours et les résultats ne sont pas connus à ce jour. Toutefois, les analyses des récepteurs au virus chez ces espèces animales (Qiu *et al*, 2020), l'incapacité de lignées cellulaires (notamment d'origine bovine) à être infectées *in vitro* par le SARS-CoV-2 (Hoffmann *et al*, 2020) et l'absence de foyer épidémique chez ces espèces dans tous les pays du monde touchés par la pandémie sont autant d'indices qui suggèrent que ces espèces ne seraient pas sensibles à ce virus.

CONCLUSION

Les coronaviruses ne constituent pas des infections majeures chez les petits ruminants. Leur implication dans le complexe des diarrhées, notamment chez les jeunes animaux, est certainement limitée dans nos conditions d'élevage, du moins lors d'une infection par les seules souches « BCoV like ». Cependant, il serait intéressant de conduire des études épidémiologiques plus complètes, notamment dans les pays européens, afin d'avoir une idée plus précise sur la réalité de ces infections dans différents contextes de production (élevages laitiers, élevages à viande). En l'absence de solutions vaccinales spécifiques, conduite d'élevage, mesures d'hygiène et traitement symptomatique restent les moyens de contrôle de ces infections virales.

CONFLITS D'INTÉRÊT

L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêt dans la rédaction de cette note qui n'exprime que son opinion personnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Adney DR, Brown VR, Porter SM, Bielefeldt-Ohmann H, Hartwig AE, Bowen RA. Inoculation of Goats, Sheep, and Horses with MERS-CoV Does Not Result in Productive Viral Shedding. *Viruses*. 2016; 8, 230. Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/v8080230>. Consulté le 17/04/2020.
- Amer HM. Bovine-like coronaviruses in domestic and wild ruminants. *Animal Health Research Reviews*. 2018; 19: 113–124.
- Brugère-Picoux J. Diarrhées des agneaux (diagnostic différentiel). In: *Maladies infectieuses du mouton*. Editions France Agricole. 2011; pp 79-84.
- Burimuah V, Sylverkenc A, Owusud M, El-Duaha P, Yeboah R, Lamptey J *et al*. Sero-prevalence, cross-species infection and serological determinants of prevalence of Bovine Coronavirus in Cattle, Sheep and Goats in Ghana. *Vet Microbiol*. 2020. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108544>. Consulté le 15/04/2020.
- Damas J, Hughes GM, Keough KC, Painter CA, Persky NS, Corbo M. Broad Host Range of SARS-CoV-2 Predicted by Comparative and Structural Analysis of ACE2 in Vertebrates. *BIORXIV*. 2020. Disponible sur : <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.045302>. Consulté le 20/04/2020.
- Decaro N & Lorusso A. Novel human coronavirus (SARS-CoV-2): a lesson from animal coronaviruses. *Vet Microbiol*. 2020. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108693>. Consulté le 16/04/2020.
- Durham PJK, Stevenson BJ, Farquharson BC. Rotavirus and coronavirus associated diarrhoea in domestic animals. *New Zealand Veterinary Journal*. 1979; 27: 30-32.
- Eckerle I, Corman VM, Müller MA, Lenk M, Ulrich RG, Drosten C. Replicative Capacity of MERS Coronavirus in Livestock Cell Lines. *Emerging Infectious Diseases*. 2014; 20: 276-279.
- El-Duah P, Sylverken A, Owusu M, Yeboah R, Lamptey J, Frimpong YO. Potential Intermediate Hosts for Coronavirus Transmission: No Evidence of Clade 2c Coronaviruses in Domestic Livestock from Ghana. *Trop Med Infect. Dis*. 2019; 4, 34. Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4010034>. Consulté le 17/04/2020.
- Gumusova OS, Yazici Z, Albayrak H, Çakiroglu D. First report of bovine rotavirus and bovine coronavirus seroprevalence in goats in Turkey. *Vet glasnik*. 2007; 61: 75-79.
- Harp JA, Myers LL, Rich JE, Gates NL. Role of *Salmonella arizonae* and other infective agents in enteric disease of lambs. *Am J Vet Res*. 1981; 42: 596-599.
- Hemida MG, Perera RA, Wang P, Alhamadi MA, Siu LY, Li M. Middle East Respiratory Syndrome (MERS) coronavirus seroprevalence in domestic livestock in Saudi Arabia, 2010 to 2013. *Euro Surveill*. 2013; 18(50): pii=20659. Disponible sur : <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20659>. Consulté le 17/04/2020.
- Hoffmann M, Kleine-Weber H, Krüger N, Müller M, Drosten C, Pöhlmann S. The novel coronavirus 2019 (2019-nCoV) uses the SARS-coronavirus receptor 2 ACE2 and the cellular protease TMPRSS2 for entry into target cells. *BioRxiv*. 2020; available online : <https://doi.org/10.1101/2020.01.31.929042>.
- Kandeil A, Gomaa M, Shehata M, El-Taweela A, Kayeda AE, Abiadhb A. Middle East respiratory syndrome coronavirus infection in non-camelid domestic mammals. *Emerging Microbes & Infections*. 2019; 8. Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/22221751.2018.1560235>. Consulté le 17/04/2020.
- Koromylov GF, Avilov VS, Gogolev MM, Sokolova NL, Mnikova LA, Matyugina NI. Rotavirus and coronavirus infections in calves. *Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki*. 1984; 7: 129-136.
- Lam S, Bordin N, Waman VP, Scholes HM, Ashford P, Sen N *et al*. SARS-CoV-2 spike protein predicted to form stable complexes with host receptor protein orthologues from mammals, but not fish, birds or reptiles. *bioRxiv*. 2020; 05.01.072371. Disponible sur : <https://doi.org/10.1101/2020.05.01.072371>.
- Luan J, Jin X, Lu Y, Zhang L. SARS-CoV-2 spike protein favors ACE2 from Bovidae and Cricetidae. *J Med Virol*. 2020; <https://doi.org/10.1002/jmv.25817>.
- Martella V, Decaro N, Buonavoglia C. Enteric viral infections in lambs or kids. *Vet Microbiol*. 2015; 181: 154–160.
- Millemann Y, Adjou K, Maillard R, Polack B, Chartier C. Les diarrhées néonatales des agneaux et des chevreux. *Point Vet*. 2003; 233: 22-29.
- Mohd HA, Al-Tawfiq JA, Memish ZA. Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) origin and animal reservoir. *Virology Journal*. 2016; 13 (87). <https://doi.org/10.1186/s12985-016-0544-0>.

- Munoz M, Alvarez M, Lanza I, Carmenes P. Role of enteric pathogens in the aetiology of neonatal diarrhoea in lambs and goat kids in Spain. *Epidemiol Infect.* 1996; 117: 203-211.
- Omacap. Troubles digestifs du nouveau-né. Portail santé des chèvres. 2020. Disponible sur : <http://sante-chevres.fr/IMG/pdf/digestif-chevreau-gsc2010.pdf>. Consulté le 15/04/2020).
- Ozmen O, Yukari BA, Haligur M, Sahinduran S. Observations and immunohistochemical detection of Coronavirus, *Cryptosporidium parvum* and *Giardia intestinalis* in neonatal diarrhoea in lambs and kids. *Schweiz Arch Tierheilk.* 2006; 148: 357-364.
- Ozmen O, Haligur M, Aydogan A, Demir N. Immunohistochemical Detection of Viral Etiopathogenesis in Lambs and Goat Kids with Neonatal Diarrhoea. *Acta Scientiae Veterinariae.* 2018; 46. <http://dx.doi.org/10.22456/1679-9216.83864>
- Pass DA, Penhale WJ, Wilcox GE, Batey RG. Intestinal coronavirus-like particles in sheep with diarrhoea. *Vet Rec.* 1982; 111: 106-107.
- Qiu Y, Zao Y, Wang Q, Li J, Zhou Z, Liao C and al. Predicting the angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) utilizing capability as the receptor of SARS-CoV-2. *Microbes and Infection.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2020.03.003>
- Saif LJ, Jung K, Wang Q. Ovine coronavirus infection. In: *Infectious Diseases of Livestock, Part 2.* Coetzer JAW, Thomson GR, Maclachlan NJ, Penrith NL, editors. Oxford Edition. 2004. Disponible sur : <https://www.anipedia.org/resources/ovine-coronavirus-infection/1038>. Consulté le 15/04/2020.
- Shabana II, Bouqellah NA, Zaraket H. Investigation of viral and bacterial enteropathogens of diarrheic sheep and goats in Medina, Saudi Arabia. *Tropical Biomedicine.* 2017; 34: 1-12.
- Singh DD, Pawaiya RS, Gururaj K, Gangwar NK, Mishra AK, Andani D et al. Molecular detection of *Clostridium perfringens* toxinotypes, Enteropathogenic *Escherichia coli*, rotavirus and coronavirus in diarrheic fecal samples of neonatal goat kids. *Veterinarski Arhiv.* 2018; 88: 1-20.
- Smith MC & Sherman DM. Digestive system. In: *Goat Medicine, 2nd Edition.* Wiley-Blackwell Edition. 2009; pp 377-500.
- Stalin Raj V, Osterhaus ADME, Fouchier RAM, Haagmans BL. MERS: emergence of a novel human coronavirus. *Current Opinion in Virology.* 2014; 5: 58-62.
- Sun J, He W, Wang L, Lai A, Ji X, Zhai X et al. COVID-19: Epidemiology, Evolution, and Cross-Disciplinary Perspectives. *Trends in Molecular Medicine.* 2020; <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>
- Traven M, Carlsson U, Lundén A, Larsson B. Serum antibodies to bovine coronavirus in Swedish sheep. *Acta Vet Scand.* 1999; 40: 69-74.
- Tzipori S, Smith M, Makin T. Enteric Coronavirus-like particles in sheep. *Austr Vet J.* 1978; 54: 320-321.
- Underwood WJ, Blauwiekel R, Delano ML, Gillesby R, Mischler SA, Schoell A. Biology and Diseases of Ruminants (Sheep, Goats, and Cattle). In: *Laboratory Animal Medicine, 3rd Edition.* Anderson L, Otto G, Pritchett-Corning K, Whary M, editors. Academic Press Edition. 2015; pp 623-694.
- Yang D, Hwang I, Kim B, Kweon C, Lee K, Kang M. Serosurveillance of Viral Diseases in Korean Native Goats (*Capra hircus*). *J Vet Med Sci.* 2008; 70: 977-979.