

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 16 octobre 2020

## **AVIS** **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

### **Relatif au rôle épidémiologique éventuel de certaines espèces animales** **dans le maintien et la propagation du virus SARS-CoV-2**

---

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.*

*L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.*

*Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.*

*Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).*

*Ses avis sont rendus publics.*

---

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) s'est autosaisie le 21 avril 2020 afin de réaliser à tout moment et en tant que nécessaire, l'état des connaissances scientifiques relatives au virus SARS-CoV-2, dans les domaines de compétences de l'Agence.

#### **1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE**

Le 31 décembre 2019, les autorités chinoises informent l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de cas groupés de pneumonies, en lien avec un marché de fruits de mer et d'animaux vivants dans la ville de Wuhan (région du Hubei), en Chine. Le virus émergent (2019-nCoV), un coronavirus officiellement désigné par l'OMS par « SARS-CoV-2 » (*Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) le 11 février 2020, est responsable de la maladie COVID-19 (*Coronavirus Disease*, survenue en 2019).

La voie principale de transmission du SARS-CoV-2 est interhumaine, par contact direct ou indirect ou par voie aérienne à travers l'inhalation de microgouttelettes émises lors d'éternuements ou de toux par le patient (Bernard Stoecklin *et al.* 2020). La transmission du virus peut également se produire à partir d'aérosols infectieux émis sur de courtes distances dans les atmosphères confinées (Fennelly 2020).

En quelques mois, la COVID-19 est devenue pandémique, touchant une grande majorité de pays à travers le monde.

Le 29 Février 2020, le premier cas d'infection d'un animal par le SARS-CoV-2 est déclaré à Hong-Kong. Il s'agit d'un chien Spitz nain âgé de 17 ans, placé sous quarantaine à la suite de l'hospitalisation de son

propriétaire atteint de la COVID-19. L'animal n'a présenté aucun signe clinique spécifique. Les cinq prélèvements oraux et nasaux réalisés successivement entre le 26 Février et le 9 Mars se sont révélés « faiblement positifs » par RT-qPCR. Le virus a pu être isolé à partir de deux des prélèvements. Le 16 mars 2020, le chien est mort. Cependant, les autorités de Hong-Kong ont estimé que sa mort n'était pas imputable à son infection par le SARS-CoV-2. Un article (Sit *et al.* 2020) précise également que la séquence du virus obtenue chez le chien était très similaire<sup>1</sup> à celle du virus isolé chez la propriétaire infectée.

D'autres découvertes d'animaux de compagnie infectés ont été déclarées tout au long de l'année 2020. Au stade de la rédaction de l'avis, environ une soixantaine d'animaux de compagnie (des chats et des chiens) en contact étroit avec leur propriétaire atteint de la COVID-19, ont été détectés positifs par RT-qPCR à Hong-Kong, en Europe et aux États-Unis. Des animaux de zoos ont également été découverts infectés (Plateforme ESA<sup>2</sup>).

Par ailleurs, le 23 Avril 2020, les Pays-Bas ont confirmé l'infection de deux élevages de visons par le SARS-CoV-2. Les animaux de ces deux élevages présentaient des signes respiratoires et gastro-intestinaux (Oreshkova *et al.* 2020). L'hypothèse privilégiée pour expliquer la dissémination du virus au sein des élevages est son introduction initiale aux visons par l'humain puis sa transmission entre les animaux.

Plusieurs dizaines d'élevages de visons aux Pays-Bas et au Danemark, un élevage en Espagne et six aux États-Unis ont été détectés positifs au SARS-CoV-2 par RT-qPCR. Les animaux ne présentent pas toujours de signes cliniques.

Dans le même temps, différentes équipes de recherche ont lancé des études d'infections expérimentales sur différentes espèces animales, afin de tester leur réceptivité et leur sensibilité à l'infection par le virus SARS-CoV-2.

L'objectif de cet état des connaissances au 30 septembre 2020, est d'utiliser les données scientifiques disponibles pour donner un avis d'experts sur le rôle épidémiologique éventuel de certaines espèces animales dans la propagation du SARS-CoV-2.

Le présent avis constitue ainsi également une mise à jour de l'avis complété 2020-SA-0037.

## **2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE**

L'Anses a confié au Groupe d'expertise collectif d'urgence (GECU) « Covid-19 » l'instruction de cette saisine. Ses travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise - Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

Le GECU « Covid-19 » s'est réuni en urgence les 23 et 30 septembre 2020 et a adopté ses conclusions en séance. Sur la base de ces conclusions, un projet d'analyse et de conclusions du GECU a été rédigé par la coordination scientifique, qui a été relu par le GECU par voie télématique et transmis à la Direction Générale de l'Anses.

<sup>1</sup> Différences de 3 nucléotides dont deux entraînant des substitutions d'acides aminés

<sup>2</sup> <https://www.plateforme-esa.fr/article/covid-19-et-animaux-mise-a-jour-au-28-09-2020>, consulté le 30/09/2020

Les experts ont fondé leur expertise sur :

- Les éléments de la veille bibliographique mise en œuvre à l'Anses pour le GECU, dans le cadre du suivi de la pandémie liée au SARS-CoV-2, pour ce qui concerne les différentes espèces animales ;
- La mise à jour au 28 septembre 2020 de la note « COVID-19 et animaux » de la veille sanitaire internationale de la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale<sup>3</sup> ;
- Le rapport du REGA Institute de la Katholieke Universiteit Leuven (KU Leuven) (Denis *et al.* 2020) qui synthétise les derniers articles et prépublications en lien avec le SARS-CoV-2 chez les animaux ;
- La fiche technique de l'OIE<sup>4</sup> portant sur l'infection des animaux par le SARS-CoV-2, mise à jour en septembre 2020.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet de l'Anses ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).

### 3. ANALYSES ET CONCLUSIONS DU GECU

#### 1. Parenté génétique entre le SARS-CoV-2 et d'autres virus du genre *Betacoronavirus*

Les coronavirus (CoVs) sont des virus de la famille des *Coronaviridae* qui appartiennent à l'ordre des *Nidovirales*. Ce sont des virus enveloppés pléomorphes dont la taille est comprise entre 60 et 220 nm. Le génome est constitué d'une molécule d'ARN simple brin positif (pouvant être directement traduit en protéines) associé à la protéine de nucléocapside. Le nom de coronavirus vient de leur aspect en microscopie électronique : les protéines structurales de l'enveloppe forment une couronne (« *corona* » en latin) autour de la particule virale.

Les coronavirus sont organisés en quatre genres: *Alphacoronavirus* ( $\alpha$ CoV), *Betacoronavirus* ( $\beta$ CoV), *Gammacoronavirus* ( $\gamma$ CoV) et *Deltacoronavirus* ( $\delta$ CoV) (de Groot *et al.* 2012). Ils sont responsables d'infections chez de nombreuses espèces aviaires ( $\gamma$ CoV,  $\delta$ CoV) et mammifères ( $\alpha$ CoV,  $\beta$ CoV,  $\gamma$ CoV,  $\delta$ CoV) dont l'Homme. Les maladies qu'ils provoquent chez l'Homme et les animaux domestiques sont variées mais touchent principalement les systèmes respiratoires et digestifs.

Les principaux coronavirus habituellement rencontrés chez les animaux domestiques sont les suivants :

- Chez le porc, cinq coronavirus appartenant au genre *Alphacoronavirus* sont associés à des pathologies :
  - le virus de la diarrhée épidémique porcine (PEDV), le virus de la gastro-entérite transmissible (TGEV), le coronavirus entérique porcin (SeCoV) et le virus porcin du syndrome diarrhéique aigu (SADS-CoV), associés à des troubles digestifs ;

<sup>3</sup> <https://www.plateforme-esa.fr/article/covid-19-et-animaux-mise-a-jour-au-28-09-2020>, consulté le 30/09/2020

<sup>4</sup> [https://www.oie.int/fileadmin/Home/MM/EN\\_Factsheet\\_SARS-CoV-2\\_v8\\_final.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/MM/EN_Factsheet_SARS-CoV-2_v8_final.pdf), consulté le 30/09/2020

- le coronavirus respiratoire porcin (PRCV) lui-même issu d'un virus TGEV, associé à des troubles respiratoires.

Le virus hémagglutinant de l'encéphalomyélite porcine (PHEV), responsable de la maladie du vomissement et du dépérissement, appartient au genre *Betacoronavirus* (cf. tableau 1). Un autre coronavirus porcin appartenant au genre *Deltacoronavirus* est également responsable de troubles digestifs, le deltacoronavirus porcin (PDCoV).

- Les oiseaux sont majoritairement infectés par les *Gammacoronavirus* : ainsi, chez les volailles, le coronavirus de la bronchite infectieuse (IBV) est un agent pathogène aviaire hautement infectieux qui affecte l'appareil respiratoire, le tube digestif, les reins et le système reproducteur des poulets. Deux autres virus, proches, ont été isolés chez d'autres galliformes : le coronavirus de la dinde (TCoV), impliqué dans la maladie multifactorielle entérique de la dinde et le coronavirus entérique de la pintade (Gf-Cov) impliqué dans la maladie foudroyante.
- Chez le chat, le coronavirus félin (FCoV) responsable de la péritonite infectieuse féline appartient au genre *Alphacoronavirus*.
- Chez le chien, deux coronavirus sont décrits : le coronavirus entérique canin (CCoV), responsable de troubles digestifs appartient au genre *Alphacoronavirus* tandis que le coronavirus respiratoire canin appartient au genre *Betacoronavirus* (cf. tableau 1).
- Les coronavirus bovins (BCoV) sont quant à eux des *Betacoronavirus* qui provoquent des diarrhées néonatales chez les veaux, la dysenterie hivernale chez les adultes et des signes respiratoires à tous les âges (cf. tableau 1).
- Chez le lapin, des coronavirus du genre *Alphacoronavirus* sont mis en évidence avec des signes cliniques très variés allant de l'absence de signes à des entérites ou des atteintes généralisées avec cardiomyopathie. Plus récemment, un coronavirus du genre *Betacoronavirus* (RbCoV HKU14) a été découvert sur des prélèvements de lapins effectués entre 2006 et 2009 vendus sur des marchés en Chine (Lau *et al.*, 2012). De même, sur des lapins non domestiques en France, des coronavirus appartenant aux genres *Alphacoronavirus* et *Betacoronavirus* (apparenté au HKU14) ont été mis en évidence (Monchatre-Leroy *et al.*, 2017).

Les coronavirus humains connus à ce jour appartiennent aux genres *Alphacoronavirus* (HCoV-229E et HCoV-NL63) et *Betacoronavirus* (HKU1, HCoV-OC43, SARS-CoV, MERS-CoV et SARS-CoV-2).

Les *Betacoronavirus* sont également très représentés chez les animaux. Un recensement non exhaustif des espèces animales connues à ce jour comme pouvant être infectées par ces virus, est présenté dans le Tableau 1. Le genre *Betacoronavirus*, auquel appartient le SARS-CoV-2 est lui-même subdivisé en cinq sous-genres, d'après l'ICTV (*International Committee on Taxonomy of Viruses*) : *Embecovirus*, *Hibecovirus*, *Merbecovirus*, *Nobecovirus*, *Sarbecovirus*.

Tableau 1 : Recensement non exhaustif des *Betacoronavirus* identifiés à ce jour et de leurs espèces hôtes

| Sous-genre          | Espèces virales                                                                                             | Espèces hôtes                                                                                                                                                                                    | Références                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Embecovirus</b>  | Coronavirus bovin et apparentés (BCoV, bovine like- CoV)                                                    | <i>Bovidae</i> ,<br><br><i>Bos frontalis</i> , <i>Kobus ellipsiprymnus</i> et <i>Hippotragus niger</i> ,<br><br><i>Odocoileus virginianus</i> , <i>Cervus unicolor</i> et autres <i>cervidae</i> | Alekseev <i>et al.</i> (2008)<br>Rajkhowa <i>et al.</i> (2007) |
|                     | Gi CoV OH3                                                                                                  | <i>Giraffa camelopardalis</i>                                                                                                                                                                    | Hasoksuz <i>et al.</i> (2007)                                  |
|                     | ECoV                                                                                                        | <i>Equus caballus</i>                                                                                                                                                                            | Davis <i>et al.</i> (2000)                                     |
|                     | PHEV                                                                                                        | <i>Sus scrofa domesticus</i>                                                                                                                                                                     | Greig <i>et al.</i> (1962)                                     |
|                     | CrCoV                                                                                                       | <i>Canis lupus familiaris</i>                                                                                                                                                                    | Erles <i>et al.</i> (2003)                                     |
|                     | RbCoV HKU14                                                                                                 | <i>Oryctolagus cuniculus</i>                                                                                                                                                                     | Lau <i>et al.</i> (2012)                                       |
|                     | ACoV                                                                                                        | <i>Vicugna pacos</i>                                                                                                                                                                             | Jin <i>et al.</i> (2007)                                       |
|                     | HCoV-OC43                                                                                                   | <i>Homo sapiens</i>                                                                                                                                                                              | Hamre <i>et al.</i> (1966)                                     |
|                     | HCoV-HKU1                                                                                                   | <i>Homo sapiens</i>                                                                                                                                                                              | Woo <i>et al.</i> (2005)                                       |
|                     | <i>Murine coronavirus</i> MHV                                                                               | <i>Mus musculus</i>                                                                                                                                                                              | Coley <i>et al.</i> (2005)                                     |
|                     | RCV/SDAV coronavirus du rat et virus de la sialodacryoadénite                                               | <i>Rattus rattus</i>                                                                                                                                                                             | Easterbrook <i>et al.</i> (2008)                               |
| <b>Sarbecovirus</b> | Severe acute respiratory syndrome Coronavirus SARS-CoV                                                      | <i>Homo sapiens</i>                                                                                                                                                                              | Poutanen <i>et al.</i> (2003)                                  |
|                     | <i>Civet-SARS-related-coronavirus</i>                                                                       | <i>Nyctereutes procyonoides</i> , <i>Paguma larvata</i>                                                                                                                                          | Woo <i>et al.</i> (2005)                                       |
|                     | <b>Severe acute respiratory syndrome Coronavirus SARS-CoV-2</b>                                             | <i>Homo sapiens</i>                                                                                                                                                                              | Zhou <i>et al.</i> (2020)                                      |
|                     | <i>Bat-SARS-related-CoVZC45</i>                                                                             | <i>Rhinolophus pusillus</i>                                                                                                                                                                      | Hu <i>et al.</i> (2018)                                        |
|                     | <i>Bat-SARS-related-CoVZXC21</i>                                                                            | <i>Rhinolophus pusillus</i>                                                                                                                                                                      | Hu <i>et al.</i> (2018)                                        |
|                     | Pangolin/GX/P5L/2017<br>Pangolin/GD/2019<br>(séquences partielles)<br>« <i>Pangolin-SARS-CoV2-related</i> » | <i>Manis javanica</i>                                                                                                                                                                            | Liu <i>et al.</i> (2019)<br>Lam <i>et al.</i> (2020)           |

|                     |                     |                               |                                                                |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Merbecovirus</b> | HKU5 Pi-BatCoV HKU5 | <i>Pipistrellus sp.</i>       | Woo <i>et al.</i> (2006)                                       |
|                     | Dromedary-MERS-CoV  | <i>Camelus dromedarius</i>    | Ferguson <i>et al.</i> (2014)                                  |
|                     | Hedgehog-CoV        | <i>Erinaceus europaeus</i>    | Corman <i>et al.</i> (2014)                                    |
|                     | MERS-CoV            | <i>Homo sapiens</i>           | Zaki <i>et al.</i> (2012)<br>van Boheemen <i>et al.</i> (2012) |
| <b>Hibecovirus</b>  | Bat Hp-BetaCoV      | <i>Hipposideros pratti</i>    | Wu <i>et al.</i> (2016)                                        |
| <b>Nobecovirus</b>  | Ro-BaCoV HKU9       | <i>Rousettus leschenaulti</i> | Woo <i>et al.</i> (2007)                                       |

Le SARS-CoV et le SARS-CoV-2 appartiennent au même sous-genre *Sarbecovirus* et représentent deux clades apparentés, qui regroupent plusieurs dizaines de coronavirus de chauves-souris du genre *Rhinolophus* (Bat-SARS-related-CoVZC45 et Bat-SARS-related-CoVZXC21, Tableau 1). Le Tableau 1 montre aussi que le SARS-CoV-2 appartient à un groupe différent des autres *Betacoronavirus* habituellement retrouvés chez les animaux domestiques.

## 2. Positionnement phylogénétique du SARS-CoV-2

Le génome du SARS-CoV-2 présente une identité de 96,3 % (Paraskevis *et al.* 2020) avec celui du virus Bat\_CoV\_RaTG13 (Figure 1), le plus proche actuellement connu chez l'animal et détecté chez une chauve-souris du genre *Rhinolophus* en Chine (Zhou *et al.* 2020). Pour autant, aucune preuve directe de l'existence d'une infection naturelle par le SARS-CoV-2 chez les chauves-souris n'est documentée à ce jour (Munir *et al.* 2020).

L'évolution des *Sarbecovirus* a conduit, chez les rhinolophes d'Asie, d'Europe (Gouilh *et al.* 2018) et d'Afrique (Tong *et al.* 2009), à une forte diversification des coronavirus décrits aujourd'hui comme « SARS-CoV like ou SARS-CoV related », dont deux clades ont émergé chez l'Homme : le SARS-CoV et le SARS-CoV-2, et dont les origines phylogénétiques remontent probablement à la deuxième moitié du XXème siècle (Gouilh, communication personnelle). L'origine animale du SARS-CoV-2 est probablement à rechercher chez les chiroptères, du fait de fortes similitudes génétiques avec le virus sauvage le plus proche connu à ce stade, le Bat\_CoV\_RaTG13, identifié chez une chauve-souris du genre *Rhinolophus*.

L'expérience du SARS-CoV (dont l'hôte intermédiaire est la civette palmiste - *Paguma larvata*) laisse penser qu'il pourrait exister un hôte intermédiaire qui resterait à identifier.



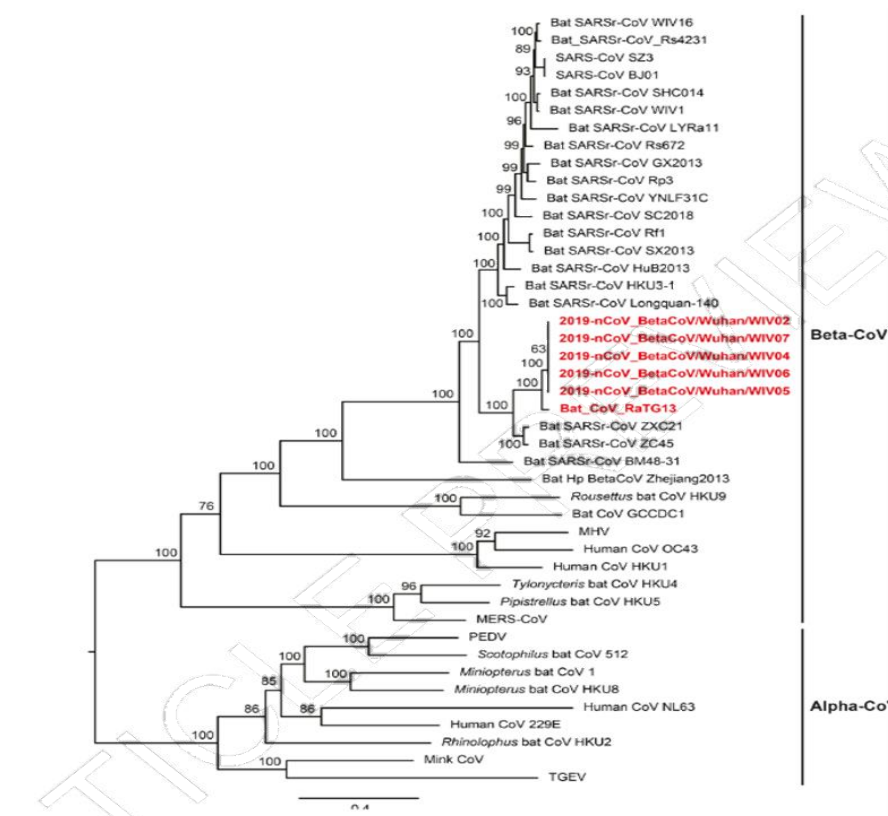


Figure 1 : Arbre phylogénétique basé sur les génomes complets des *Alphacoronavirus* et *Betacoronavirus* incluant le nouveau SARS-CoV-2 (2019-nCoV en rouge) (Zhou et al. 2020).

Le SARS-CoV-2 est un virus de la famille des *Coronaviridae* appartenant au genre des *Betacoronavirus* et au sous-genre des *Sarbecovirus*. Les analyses phylogénétiques montrent qu'il n'existe pas de lien génétique direct entre le SARS-CoV-2, et les souches de *Betacoronavirus* habituellement isolées chez les animaux domestiques.

L'origine animale du SARS-CoV-2 implique très probablement les chiroptères (chauve-souris, *Rhinolophidae*). Le génome du SARS-CoV-2 présente une identité de 96,3 % avec celui du virus RaTG13 détecté chez une chauve-souris du genre *Rhinolophus* en Chine. L'évolution des *Sarbecovirus* a conduit chez les rhinolophes d'Asie, d'Europe et d'Afrique, à une forte diversification de coronavirus décrits aujourd'hui comme « SARS-CoV like » ou « SARS-CoV related », dont deux clades ont émergé chez l'Homme : le SARS-CoV et le SARS-CoV-2. L'hôte intermédiaire, s'il existe, n'a à ce jour pas encore été mis en évidence.

### 3. Infections naturelles et expérimentales d'espèces animales par le SARS-CoV-2

Le GECU a rassemblé les éléments scientifiques disponibles au 30 septembre 2020, concernant :

- les infections naturelles relatées à travers le monde par des notifications à l'OIE, des dépêches Promed ou des communications des autorités sanitaires de différents pays ;
- les infections expérimentales ayant fait l'objet d'articles scientifiques, que ceux-ci soient publiés ou en cours de relecture par les pairs (*preprint*).

Le GECU souligne que les enquêtes sérologiques qui ont abouti à des résultats négatifs dans la population animale testée n'ont pas été prises en compte, dans la mesure où les informations relatives à la représentativité de ces enquêtes n'étaient pas disponibles.

Dans l'objectif d'évaluer le rôle épidémiologique éventuel de différentes espèces animales, les experts ont analysé les données scientifiques en ciblant les informations relatives à :

- la description d'une infection naturelle et/ou d'une infection expérimentale chez l'espèce animale cible,
- la réceptivité et la sensibilité des animaux,
- la transmission intra-espèce et inter-espèce,
- la possibilité de réinfection de l'espèce animale cible par le SARS-CoV-2.

### 3.1. Définitions

Pour les besoins de la présente évaluation, les experts ont défini les termes suivants :

#### 3.1.1 *Faune domestique*

L'arrêté du 11 août 2006 fixe la liste des espèces, races ou variétés d'animaux domestiques. Une espèce domestique est une espèce dont tous les représentants appartiennent à des populations animales sélectionnées ou sont issus de parents appartenant à des populations animales sélectionnées<sup>5</sup>. L'arrêté comporte, en annexe, l'énumération taxonomique d'espèces domestiques dont vingt-cinq de mammifères, quatre-vingt-dix d'oiseaux, cinq de poissons, ainsi que deux d'amphibiens, sans oublier trois espèces d'insectes. Un animal domestique est un animal appartenant à une espèce domestique qui, élevé de génération en génération sous la surveillance de l'homme, a évolué de façon à constituer une espèce, ou une race, différente de la forme sauvage primitive dont il est issu.

#### 3.1.2 *Faune sauvage*

Le terme faune sauvage n'est, quant à lui, pas un concept clairement délimité dans le corpus réglementaire. Le code de l'environnement (article R.411-5) décrit et définit les espèces animales non domestiques comme « *celles qui n'ont pas subi de modification par sélection de la part de l'homme* »<sup>6</sup>. Autrement dit, un animal dit sauvage (appelé non domestique dans la législation) est un animal appartenant à une espèce qui n'est donc pas sur la liste de l'arrêté du 11 août 2006. Ce statut accordé aux espèces, races ou variétés est donc indépendant du fait que les animaux soient nés en captivité ou pas, ou qu'ils soient libres ou enfermés. La détention d'animaux sauvages en captivité est aujourd'hui par contre régie par le code de l'environnement, articles L. 413-1 à L. 413-8 et ses textes d'application, notamment l'arrêté du 08 Octobre 2018. Ces dispositions complètent les règles particulières de protection des espèces animales sauvages interdisant ou réglementant certaines activités (espèces animales protégées sur le territoire français, espèces

<sup>5</sup> On appelle population animale sélectionnée une population d'animaux qui se différencie des populations génétiquement les plus proches par un ensemble de caractéristiques identifiables et héréditaires qui sont la conséquence d'une politique de gestion spécifique et raisonnée des accouplements.

<sup>6</sup> Différent du règlement européen sur la santé animale du 9 mars 2016 (Règlement 2016/429, qui va bientôt entrer en vigueur) qui définit, lui, les animaux sauvages comme tel : « *Aux fins du présent règlement, on entend par « animaux sauvages » tous les animaux qui ne sont pas détenus par l'homme, y compris les animaux errants et les animaux devenus sauvages, même s'ils appartiennent à des espèces qui sont normalement domestiquées* »



protégées au niveau européen, espèces visées par la Convention CITES<sup>7</sup>). Toute personne détenant, comme amateur ou professionnel, un animal d'espèce non domestique inscrit à l'annexe II de l'arrêté du 08 Octobre 2018, est soumise à la réglementation en vigueur sur la détention d'animaux sauvages en captivité<sup>8</sup>. À titre d'exemple, le vison américain (*Neovison vison* = *Mustela vison*) est inscrit dans la liste de l'arrêté du 8 octobre 2018 (Annexe II). Il rentre dans la catégorie C, sa détention n'étant possible qu'après obtention d'un certificat de capacité et d'une autorisation préalable d'ouverture par la DDCSPP<sup>9</sup>.

### 3.1.3 Animal de compagnie

Un animal de compagnie est un animal détenu ou destiné à être détenu par l'homme pour son agrément. Ce n'est pas nécessairement un animal domestique.

### 3.1.4 Réceptivité

Dans cet avis, le terme « réceptivité » au SARS-CoV-2 de l'espèce animale considérée s'entend comme étant la capacité d'un individu à héberger le virus et à en permettre la multiplication, sans forcément développer des signes cliniques et/ou des lésions histologiques macroscopiques ou microscopiques ;

### 3.1.5 Sensibilité

Dans le présent avis, le terme « sensibilité » de l'espèce animale au virus s'entend comme étant la capacité d'un individu réceptif à exprimer des signes cliniques et/ou des lésions histologiques macroscopiques ou microscopiques.

## 3.2. Etude des infections naturelles et expérimentales par le SARS-CoV-2 chez différentes espèces animales

L'ensemble des espèces animales a été pris en considération, qu'il s'agisse d'animaux domestiques, d'animaux d'élevage, d'animaux de compagnie, d'animaux sauvages, d'espèces détenues à des fins scientifiques, etc ...

De manière générale, le GECU souligne que certains facteurs intrinsèques (espèce animale, race, sexe et âge) et extrinsèques (alimentation, microbisme intrinsèque et statut sanitaire de l'animal) peuvent induire une différence au niveau de la réceptivité et/ou la sensibilité d'un organisme vis-à-vis du SARS-CoV-2. Ainsi, dans certaines études, l'utilisation d'animaux jeunes, immunocompétents et en bonne santé pourrait ne pas refléter l'impact de l'infection chez des individus plus âgés et/ou avec un statut sanitaire différent. De plus, pour une même espèce animale, la réceptivité et la sensibilité pourraient dépendre des doses infectieuses testées et du mode d'inoculation, lesquels peuvent varier d'une étude à une autre.

<sup>7</sup> Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction

<sup>8</sup> La réglementation relative à la détention des animaux sauvages vise plusieurs objectifs : Le respect des équilibres écologiques et la préservation de la biodiversité, la garantie de la sécurité et de la santé des personnes, l'assurance du bien-être des animaux dans les structures qui les accueillent et la promotion de la qualité des établissements et de la technicité des éleveurs.

<sup>9</sup> Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations

Enfin, les experts soulignent la difficulté de l'extrapolation des résultats de réceptivité et de sensibilité, obtenus à partir d'infections expérimentales en conditions de laboratoire, à des situations réelles. Ces conditions en termes de doses, de volume inoculé et de voies d'inoculation, diffèrent le plus souvent du terrain.

### 3.2.1 Animaux de compagnie

- Chats (*Felis catus*)

Les données de quatre études<sup>10</sup> analysées par le GECU montrent que des chats subadultes inoculés à  $10^5$  pfu (plaque forming unit) par voie nasale (sauf pour l'étude de Gaudreault *et al.* 2020 où la dose était de  $10^6$  TCID<sub>50</sub><sup>11</sup> par voies orale et nasale) étaient réceptifs et sensibles au SARS-CoV-2. Les animaux ont tous développé une réponse sérologique et des lésions ont été observées au niveau de l'appareil respiratoire, bien qu'aucun signe clinique n'ait été rapporté<sup>12</sup>. Les jeunes animaux apparaissent plus sensibles que les adultes au vu des lésions pulmonaires observées. À noter cependant que sur la base des différentes données collectées, environ la moitié des chats infectés naturellement par le SARS-CoV-2 (et rapportés jusqu'à présent) ont développé des signes cliniques respiratoires et/ou digestifs.

Plusieurs études sérologiques et virologiques menées sur le terrain ont montré que des chats en contact étroit avec leur propriétaire atteint de la COVID-19 avaient une sérologie positive (Zhang *et al.* 2020 ; Patterson *et al.*, 2020 ; Fritz *et al.* 2020). Les séroprévalences observées variaient en fonction des méthodes d'analyses (séro-neutralisation, ELISA ou immuno-essais en microsphères) et des conditions de l'étude, jusqu'à atteindre 53 % (détection par immuno-essais en microsphères) dans les foyers où des cas humains de la COVID-19 étaient avérés (Fritz *et al.* 2020). Ces résultats terrains suggèrent que dans un contexte de forte pression d'infection virale dans leur environnement proche, les chats peuvent être infectés par le SARS-CoV-2.

Par ailleurs, l'étude de Bosco-Lauth *et al.* 2020, a montré qu'aucune réinfection n'était observée chez des chats subadultes dans les conditions expérimentales de l'étude, c'est-à-dire une ré-inoculation 28 jours après la première avec la même dose.

Les études rapportent également que de l'ARN viral a été détecté dans l'appareil respiratoire et les fèces de chats placés dans des cages distinctes à proximité des animaux inoculés. Une séroconversion a été également observée chez ces animaux contacts. Ces résultats expérimentaux montrent une transmission du virus entre chats.

À ce jour, en revanche, aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le chat vers une autre espèce.

- Chiens (*Canis lupus familiaris*)

Il ressort des deux études expérimentales analysées par le GECU<sup>13</sup> (une étude incluant des chiots de 3 mois et l'autre des animaux adultes) que des chiens inoculés par  $10^5$  pfu n'avaient pas développé de signes cliniques. Cependant, dans l'étude conduite avec des animaux adultes, tous les chiens ont séroconverti. Seul l'essai de Shi *et al.*, 2020 a permis de détecter du génome viral dans des écouvillons

<sup>10</sup> Gaudreault *et al.* 2020 ; Halfmann *et al.* 2020 ; Shi *et al.* 2020 ; Bosco-Lauth *et al.* 2020

<sup>11</sup> Dose induisant une infection de 50% de culture cellulaire

<sup>12</sup> A l'exception d'un chat âgé de 100 jours décédé (Shi *et al.* 2020)

<sup>13</sup> Shi *et al.*, 2020 ; Bosco-Lauth *et al.* 2020

rectaux de deux chiots sur les cinq inoculés, mais sans y retrouver de virus infectieux. Un de ces deux chiots a été euthanasié sans connaître son statut sérologique. A J14, deux des quatre chiots restants ont séroconverti.

Les cas d'infections naturelles recensées chez les chiens dans les différentes bases de données montrent qu'à l'heure actuelle, peu d'animaux ont développé des signes cliniques (respiratoires légers).

Les études sérologiques de terrain (Patterson *et al.*, 2020 ; Fritz *et al.* 2020) montrent une prévalence variable selon les méthodologies et critères de positivité utilisés, comme pour les chats (séroneutralisation ou immuno-essais en microsphères) pouvant aller jusqu'à 38,5 % (détection par immuno-essais en microsphères) dans les foyers où des cas de la COVID-19 étaient avérés.

Ainsi, le GECU estime que les chiens sont réceptifs au SARS-CoV-2 avec une sensibilité au virus qui pourrait être moins prononcée que celle observée chez les chats.

Par ailleurs les essais réalisés sur des animaux contacts n'ont pas permis de démontrer une transmission du virus de chien à chien dans les conditions de l'étude.

Enfin, il n'existe à ce jour, aucune donnée scientifique qui met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le chien vers une autre espèce.

Bien que les études sur furets et hamsters soient entreprises essentiellement dans l'objectif de rechercher un modèle animal pour étudier la maladie humaine, les experts ont choisi de faire figurer les données issues de ces expérimentations dans la partie relative aux animaux de compagnie, car certains individus de ces espèces sont également détenus comme animaux de compagnie.

Au stade de la rédaction de cet avis, le GECU n'était pas en capacité d'analyser l'intégralité des prépublications et articles portant sur les furets et hamsters : le GECU a donc sélectionné quelques études permettant d'évaluer la réceptivité et la sensibilité de ces deux espèces.

- Furets (*Mustela putorius furo*)

Chez le furet, les cinq études expérimentales<sup>14</sup> analysées par le GECU montrent que cette espèce est réceptive et sensible au virus SARS-CoV-2. En effet, des animaux âgés entre 6 et 24 mois inoculés par voie nasale à  $10^5$  TCID<sub>50</sub> avaient développé des signes cliniques (baisse d'activité, hyperthermie, perte de poids et d'appétit) ainsi que des lésions macroscopiques et microscopiques dans l'appareil respiratoire.

Une séroconversion des animaux a été observée par ELISA et/ou séroneutralisation, et de l'ARN viral a été également détecté à partir d'écouvillons nasaux oraux et rectaux, reflétant l'excrétion du virus. Dans l'étude de Ryan *et al.* 2020, des furets inoculés par  $5.10^2$ ,  $5.10^4$  ou  $5.10^6$  pfu ont produit des anticorps neutralisants à partir de 8 jours, avec des taux plus importants pour une dose moyenne ( $5.10^4$ ) et forte ( $5.10^6$ ) d'inoculum. Les essais de réinfection de ces animaux à des doses 100 et 10 000 fois plus élevées que les doses initiales ont montré que les signes cliniques étaient plus prononcés après la deuxième inoculation. Selon les auteurs, la présence d'anticorps chez ces animaux ne protégerait donc pas contre la réinfection à des doses plus élevées.

Les études analysées chez le furet rapportent également que de l'ARN viral a été détecté dans des écouvillons nasaux chez les animaux contacts, ce qui suggère une transmission avérée du virus au sein de cette espèce.

<sup>14</sup> Ryan *et al.* 2020 ; Schlottau *et al.* 2020 ; Kim *et al.* 2020 ; Shi *et al.* 2020 ; Richard *et al.* 2020

À ce jour, en revanche, aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le furet vers une autre espèce. Aucune infection naturelle n'a été rapportée à ce jour chez ces animaux.

- Hamster doré (*Mesocricetus auratus*)

Tout comme le furet, il ressort des sept articles analysés par les experts<sup>15</sup> que le hamster doré est réceptif et sensible au virus SARS-CoV-2. Des animaux âgés entre 4 semaines et deux mois, inoculés par voie nasale à des doses variant entre  $10^3$  et  $10^6$  TCID<sub>50</sub>, ont développé des signes cliniques (léthargie, poil piqué, perte de poids).

Une séroconversion a été observée chez tous les animaux.

Dans l'étude de Imai *et al.* 2020, des essais de réinfection par voies nasale et oculaire combinées, à des doses équivalentes ou inférieures à celles initialement administrées, ont mis en évidence une possible protection des hamsters.

Par ailleurs, deux essais réalisés sur des hamsters naïfs placés à proximité des hamsters inoculés ont révélé une infection chez les animaux contacts lesquels ont développé des signes cliniques, ce qui suggère une transmission avérée du virus au sein de cette espèce.

À ce jour, en revanche, aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le hamster vers une autre espèce.

Enfin, le GECU rappelle également qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée, à ce jour, chez ces animaux.

### 3.2.2 Animaux d'élevages

- Volailles

Les trois articles analysés par le GECU<sup>16</sup> montrent que des poulets (*Gallus gallus*) et des dindes (*Meleagris gallopavo*) inoculés à des doses variant entre  $10^5$  et  $10^6$  pfu par voie nasale et par voies orale/nasale/oculaire combinées, n'étaient ni réceptifs ni sensibles au virus SARS-CoV-2, dans les conditions des essais. Ces mêmes observations ont été faites chez le canard (Shaoxing duck) dans l'étude de Shi *et al.* 2020. Aucun de ces animaux n'a développé de signes cliniques et/ou de lésions histologiques et aucune excrétion d'ARN viral n'a été détectée.

Enfin, le GECU constate qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée chez les volailles à ce jour.

- Lapins (*Oryctolagus cuniculus*)

L'étude de Mykytyn *et al.* 2020 rapporte que chez trois lapins inoculés par voie nasale à  $10^6$  TCID<sub>50</sub> et suivis pendant 21 jours, aucun signe clinique n'a été observé.

Les résultats d'excrétion montrent que de l'ARN viral a été détecté dans des écouvillons rectaux (J9) et pharyngés (J14). L'ARN viral a été également détecté au niveau des écouvillons nasaux (J21), avec isolement de virus infectieux jusqu'à sept jours après inoculation.

Une sérologie positive a été également observée chez ces lapins.

Dans une deuxième expérience, trois groupes de trois lapins chacun ont été inoculés avec des doses de  $10^4$ ,  $10^5$  et  $10^6$  TCID<sub>50</sub> et écouvillonnés pendant quatre jours avant que les animaux ne soient euthanasiés

<sup>15</sup> Bryche *et al.* 2020 ; Sia *et al.* 2020 ; Chan *et al.* 2020 ; Mohandas *et al.* 2020 ; Imai *et al.* 2020 ; Driouich *et al.* 2020

<sup>16</sup> Shi *et al.* 2020 ; Schlottau *et al.* 2020 ; Berhane *et al.* 2020

et autopsiés. Aucun signe clinique n'a été observé chez ces animaux. Cependant, de l'ARN viral a été détecté au niveau des écouvillons nasaux et pharyngés et des lésions microscopiques ont été observées dans les poumons chez les animaux inoculés à la dose de  $10^6$  TCID<sub>50</sub>. Les animaux inoculés avec les doses les plus faibles ont présenté moins ou pas d'excrétion virale.

Selon le GECU, cette étude révèle que le lapin est réceptif au SARS-CoV-2. Néanmoins, sa sensibilité au virus reste à confirmer. En effet, bien que l'examen histologique des poumons des animaux infectés et sacrifiés 4 jours après l'inoculation ait révélé des lésions microscopiques pulmonaires, le GECU regrette que des coupes histologiques de poumons de lapins non inoculés (témoins négatifs) n'aient pas été communiquées dans l'article. Concernant une éventuelle transmission du virus de lapin à lapin, ce volet n'a pas été investigué dans l'étude analysée.

À ce jour, en revanche, aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le lapin vers une autre espèce.

Enfin, le GECU rappelle également qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée, à ce jour, chez ces animaux.

- Porcs (*Sus scrofa domesticus*)

Les quatre articles analysés par le GECU<sup>17</sup> portent sur des porcs âgés de 5 semaines, 40 jours et 9 semaines, ce qui selon le GECU, permet d'avoir une représentativité des différents âges des animaux du stade post-sevrage dans un élevage<sup>18</sup>. Cependant :

- Dans trois publications (Schlottau *et al.* 2020 ; Shi *et al.* 2020 ; Meekins *et al.* 2020), les porcs inoculés à  $10^5$  ou  $1,3.10^6$  TCID<sub>50</sub> par voie nasale ou par voies orale, nasale et trachéale combinées, n'étaient ni réceptifs ni sensibles au virus SARS-CoV-2. Ces animaux n'ont pas développé de signes cliniques et/ou de lésions tissulaires et aucune excrétion virale n'a été détectée dans les trois études. De plus, aucune séroconversion n'a été observée chez les animaux testés.
- Dans une publication (Pickering *et al.*, 2020), des porcs inoculés par voie oro-nasale à  $10^6$  TCID<sub>50</sub> ont été estimés réceptifs au virus SARS-CoV-2. Les signes cliniques observés étaient modérés (larmoiements et écoulement nasal dans certains cas) et ont duré trois jours seulement. De l'ARN viral a été détecté dans du lavage nasal de deux animaux sur les seize inoculés, ainsi que dans du fluide oral collectif prélevé dans une case regroupant la moitié des animaux inoculés, mais il n'y a pas eu d'isolement de virus infectieux à partir de ces prélèvements. Du virus infectieux a cependant été retrouvé dans un nœud lymphatique submandibulaire d'un porc prélevé treize jours post-inoculation. Une sérologie positive a été également observée chez deux animaux sur seize, à partir de onze jours post-infection. Des anticorps ont été également détectés dans du fluide oral collectif prélevé dans une des deux cases testées.

Les quatre études analysées par le GECU donnent des résultats divergents : dans trois d'entre elles, cette espèce n'apparaît pas réceptive au SARS-CoV-2. Mais dans la quatrième, de l'ARN viral a été détecté chez deux des 16 porcs inoculés (par lavage nasal), avec séroconversion.

Aucune transmission du virus aux animaux contacts n'a été mise en évidence dans les essais concernés<sup>19</sup>. De plus, aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le porc vers une autre espèce.

<sup>17</sup> Schlottau *et al.* 2020 ; Shi *et al.* 2020 ; Meekins *et al.* 2020 ; Pickering *et al.*, 2020

<sup>18</sup> Sauf pour les truies et les verrats

<sup>19</sup> Meekins *et al.* 2020 : 6 animaux contacts ; Pickering *et al.*, 2020 : deux animaux contacts

Enfin le GECU rappelle qu'aucune infection naturelle n'a été à ce jour, rapportée chez cet animal.

- Bovins (*Bos taurus*)

L'étude de Ulrich *et al.* 2020 montre qu'aucun signe clinique n'a été mis en évidence chez six jeunes bovins inoculés par voie nasale à  $10^5$  TCID<sub>50</sub>. Ces animaux n'ayant pas été euthanasiés, il n'y a pas eu d'observation lésionnelle chez ces animaux.

Les résultats d'excrétion montrent que de l'ARN viral a été détecté par RT-PCR dans des écouvillons nasaux chez deux bovins à J2 et J3 :

- Une séroconversion a été observée chez un animal avec un résultat positif par test ELISA et immunofluorescence à J12 et J20, respectivement, et une séroneutralisation faiblement positive à J20 ;
- Pour le deuxième animal, les résultats par test ELISA étaient faiblement positifs à J20 et négatifs par immunofluorescence et séroneutralisation.

Selon le GECU, les résultats de cette étude interrogent sur la réceptivité des bovins. Ils seraient en revanche, a priori non sensibles au SARS-CoV-2. Des études complémentaires sont cependant nécessaires pour confirmer ces observations.

Les travaux de Ulrich *et al.* 2020 n'ont pas permis de mettre en évidence une transmission du virus chez les trois bovins contacts à partir des animaux inoculés.

Aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le bovin vers une autre espèce.

Enfin, le GECU rappelle qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée, à ce jour, chez ces animaux.

### 3.2.3. Animaux non domestiques détenus en captivité (élevages et parcs zoologiques)

- Visons (*Neovison vison*)

A ce jour, quelques dizaines d'élevages de visons aux Pays-Bas et au Danemark, un élevage en Espagne et six élevages aux États-Unis ont été détectés positifs au SARS-CoV-2 par RT-qPCR. Dans certains élevages, les animaux présentaient des signes respiratoires et gastro-intestinaux (Oreshkova *et al.* 2020). Selon les autorités, la source de contamination est, dans les quatre pays, certainement liée à des employés qui ont présenté des symptômes évocateurs de la COVID-19. Suite aux investigations épidémiologiques menées aux Pays-Bas, une contamination inter-visons a été suspectée.

Le ministère de l'agriculture des Pays-Bas a indiqué que le passage du SARS-CoV-2 du vison à l'être humain serait plausible pour expliquer l'infection de plusieurs employés dans deux des quatre premiers élevages de visons détectées positives. Les autorités néerlandaises se basent sur des similitudes de séquences génomiques entre le virus présent chez les visons et ceux retrouvés chez deux des employés<sup>20</sup> et sur la chronologie des événements, les employés ayant été contaminés après l'infection de ces élevages (Oude Munnink *et al.* 2020).

Par ailleurs, une étude menée aux Pays-Bas par Oreshkova *et al.* 2020 a montré que sept chats (sur vingt-quatre) errants dans l'environnement de deux élevages de visons infectés, présentaient des anticorps contre le SARS-CoV-2. Un chat avait un résultat positif en RT-qPCR mais la charge virale était trop faible pour réaliser le séquençage. Selon les auteurs, il est probable qu'il y ait eu une transmission du virus depuis les visons infectés vers les chats, ces derniers étant connus pour fréquenter les zones de ces élevages.

<sup>20</sup> <https://promedmail.org/promed-post/?id=20200520.7359976>, consulté le 30/09/2020



Au vu de ces éléments, le GECU considère que le vison est une espèce réceptive et sensible au SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée et inter-espèce présumée.

Les événements survenus aux Pays-Bas sont en faveur d'une transmission-retour du virus à partir des visons infectés, vers les humains.

- Primates non-humains

De nombreuses études précliniques et expérimentales ont été récemment conduites sur les primates non humains afin d'évaluer leur capacité à être infectés par le virus SARS-CoV-2, d'une part, ainsi que pour analyser leur réponse immunitaire d'autre part. Ces travaux ont porté principalement sur les Macaques rhésus (*Malacca mulatta*), les cynomolgus (*Macaca fascicularis*), les grivets (*Chlorocebus aethiops*) et les marmousets (*Callithrix jacchus*). Au stade de la rédaction de cet avis, le GECU n'a pas analysé toutes les publications portant sur les primates. Seuls quelques travaux d'infections expérimentales conduits sur des Macaques rhésus ont été pris en compte par les experts.

Il ressort de ces études<sup>21</sup> que des Macaques rhésus adultes inoculés entre  $1.10^6$  et  $7.10^6$  TCID<sub>50</sub> par voie trachéale ou par voies trachéale, nasale, orale et oculaire combinées étaient réceptifs et sensibles au virus SARS-CoV-2. Ces animaux développaient des signes cliniques modérés à sévères (pilo-érection, réduction de l'appétit, prostration, pâleur, déshydratation, toux, perte de poids, fièvre) avec lésions et infiltrations pulmonaires confirmées par radiographie.

Le virus a été principalement détecté dans les tissus respiratoires (poumons, trachée et bronches) mais également dans les organes digestifs.

Concernant l'excrétion virale, les études ont montré que le virus était retrouvé par RT-qPCR dans des prélèvements nasaux, rectaux, et pharyngés.

Les résultats sérologiques montrent une séroconversion chez la majorité des Macaques rhésus avec production d'anticorps neutralisants (IgG).

Quant aux essais de réinfection, les résultats des travaux de Shan *et al.* 2020 et Deng *et al.* 2020 montrent que les animaux ré-inoculés à J28 à la même dose virale, et avec la même souche que celle d'inoculation, sont protégés contre la réinfection : les animaux n'ont pas présenté de signes cliniques suite à la seconde inoculation, le virus n'a pas été détecté dans les tissus respiratoires et aucune lésion histologique n'a été observée par radiographie. La réponse immunité cellulaire et humorale détectée après primoinoculation pourrait expliquer cette protection.

Concernant une éventuelle transmission du SARS-CoV-2 de primate à primate, il n'y a pas eu d'essais réalisés sur des animaux contacts dans les quatre études analysées. Cependant, le GECU souligne que d'autres études menées sur des primates ont démontré une transmission intra-espèce avérée.

Aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le macaque vers une autre espèce.

Enfin, le GECU souligne qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée, à ce jour, chez ces primates.

- Chauve-souris (*Rousettus aegyptiacus*)

Concernant les chauves-souris, une seule étude menée par Schlottau *et al.* 2020 a porté sur des infections expérimentales réalisées sur des Roussettes. En France, cette espèce de chiroptères n'est présente qu'en captivité, dans les parcs zoologiques.

<sup>21</sup> Munster *et al.* 2020 ; Williamson *et al.* 2020 ; Shan *et al.* 2020 ; Deng *et al.* 2020 ; van Doremalen *et al.* 2020 ;

Les travaux de Schlottau *et al.* 2020 ont montré que des roussettes (7 femelles et 5 mâles, nés entre 2015 et 2019), inoculées par voie nasale avec une dose de  $10^5$  TCID<sub>50</sub>, étaient réceptives et sensibles au SARS-CoV-2. Selon ces auteurs, ces animaux n'ont pas développé de signes cliniques, cependant des lésions microscopiques dans l'appareil respiratoire ont été mises en évidence.

L'ARN viral a été détecté chez la majorité des animaux à partir d'écouvillons oraux et rectaux.

La production d'anticorps neutralisants a été observée par immunofluorescence chez tous les individus à partir de J8.

Les essais de transmission de Roussette à Roussette ont montré que de l'ARN viral a été détecté chez deux animaux naïfs placés en contact direct avec des animaux inoculés. Une séroconversion a été observée chez un seul animal.

Le GECU souligne donc que la Roussette est une espèce sensible au SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée.

- Chien viverrin (*Nyctereutes procyonoides*)

Le chien viverrin est une espèce de la famille des canidés, très prisé pour sa fourrure. À partir des aires d'introduction en Europe orientale et dans un processus d'expansion naturelle vers l'ouest, l'espèce est apparue dans plusieurs pays européens limitrophes de l'ex-URSS. En France, le chien viverrin est considéré comme étant une espèce sauvage invasive.

L'étude de Freuling *et al.*, 2020 montre qu'aucun signe clinique n'a été observé chez neuf animaux adultes inoculés par voie nasale à une dose de  $10^5$  TCID<sub>50</sub>. Des lésions tissulaires ont cependant été décrites : nécrose et perte de l'épithélium olfactif dans la zone caudale de la cavité nasale, ainsi qu'un œdème et une hémorragie sous-muqueuses dans la même zone.

L'ARN viral a été détecté dans les écouvillons oro-pharyngés et nasaux (titres les plus élevés au niveau nasal) mais pas dans les écouvillons rectaux. Du virus infectieux a été retrouvé principalement dans les écouvillons nasaux à deux et quatre jours post-infection et une séroconversion a été observée chez deux animaux dès huit jours post-infection.

Les résultats de l'étude révèlent que de l'ARN viral a été détecté dans les écouvillons nasaux dès huit jours post-infection, chez deux des trois animaux contacts. Une séroconversion a été également observée chez ces deux animaux.

Cette étude révèle donc que le chien viverrin est un animal réceptif et sensible au SARS-CoV-2 dans les conditions de l'essai, avec une transmission avérée au sein de cette espèce.

Aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le chien viverrin vers une autre espèce.

Enfin, le GECU souligne qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée, à ce jour, chez ces animaux.

- Toupaye (*Tupaia belangeris*)

Le Toupaye appartient à la famille des Tupaïdés, une famille de petits mammifères arboricoles vivant dans les forêts tropicales d'Asie du sud-est.

Les deux études<sup>22</sup> analysées par le GECU, montrent que les toupayes sont réceptifs et sensibles au SARS-CoV-2. Des animaux<sup>23</sup> inoculés par voie nasale et par voie orale/ nasale/oculaire combinées, à des doses variant entre  $10^6$  et  $10^7$  TCID<sub>50</sub>, présentaient des signes cliniques légers (anorexie chez certains animaux

<sup>22</sup> Xu *et al.* 2020; Zhao *et al.* 2020

<sup>23</sup> 3 groupes d'animaux testés : jeunes (6 à 12 mois), adultes (2 à 4 ans) et âgés (5 à 7 ans) avec une parité des mâles et des femelles dans chaque groupe.

âgés, augmentation de la température corporelle chez quelques animaux jeunes et âgés). Des lésions pulmonaires ont été observées dans les deux études. L'ARN viral a été détecté dans des écouvillons nasaux, pharyngés et rectaux. Quelques animaux ont séroconverti. Les essais de transmission entre animaux n'ont pas été réalisés dans ces études.

Aucune donnée scientifique ne met en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le toupaye vers une autre espèce. Enfin, le GECU souligne qu'aucune infection naturelle n'a été rapportée à ce jour, chez ces animaux.

- Félinés sauvages

Le 06 avril 2020, l'OIE a reçu le signalement d'un tigre de zoo (*Panthera tigris*) âgé de 4 ans qui a présenté des signes cliniques respiratoires le 27 mars 2020. Les résultats des prélèvements nasaux, oro-pharyngés et trachéaux étaient positifs au SARS-CoV-2 par RT-qPCR et séquençage<sup>24</sup>.

Le 03 avril 2020, trois autres tigres et trois lions (*Panthera leo*) du même zoo ont présenté des signes cliniques (toux sèche et difficultés respiratoires). Ils n'ont pas fait l'objet de prélèvements. Au 06 avril 2020, ces félins présentaient une amélioration de leur état général<sup>25</sup>. Le 22 avril 2020 un article informait que quatre autres tigres et trois lions de ce zoo avaient été testés positifs au SARS-CoV-2<sup>26</sup>.

Le 31 juillet 2020, un puma (*Puma concolor*) du zoo de Johannesburg en Afrique du Sud a été testé positif au SARS-CoV-2 par RT-qPCR. L'exposition serait due à un contact avec un animalier atteint de la COVID-19. Selon l'OIE, les animaux contacts ont tous été testés négatifs au SARS-CoV-2.

Au vu de ces éléments, le GECU considère que les félinés sauvages sont des espèces animales réceptives et sensibles au SARS-CoV-2.

Concernant une potentielle transmission du virus depuis les animaux infectés naturellement vers les animaux naïfs, il n'existe à ce jour aucun élément scientifique permettant de le mettre en évidence.

L'ensemble des données scientifiques détaillées ci-dessus est synthétisée dans le Tableau 2 :

<sup>24</sup> [https://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page\\_refer=MapFullEventReport&reportid=33885](https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page_refer=MapFullEventReport&reportid=33885), consulté le 30/09/2020

<sup>25</sup> [https://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page\\_refer=MapFullEventReport&reportid=33885](https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page_refer=MapFullEventReport&reportid=33885), consulté le 30/09/2020

<sup>26</sup> <https://www.nationalgeographic.com/animals/2020/04/tiger-coronavirus-covid19-positive-test-bronx-zoo/>, consulté le 30/09/2020

**Tableau 2 : Synthèse de données bibliographiques relatives à l'infection au SARS-CoV-2 de différentes espèces animales**

| Espèces animales                                                                  | Type d'infection<br>Naturelle /<br>Expérimentale | Références<br>bibliographiques*                    | Réceptif<br>(multiplication du virus) | Sensible<br>(clinique et/ou<br>lésions)       | Transmission<br>intra-espèce | Transmission inter-<br>espèces | Possibilité de réinfection          | Commentaires                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chat</b><br><i>Felis catus</i>                                                 | Expérimentale<br>et naturelle                    | 4 études expérimentales<br>Plusieurs notifications | Oui                                   | Oui                                           | Oui                          | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Testée en expérimental →<br>Négatif | –                                                                                                                                                                                      |
| <b>Chien</b><br><i>Canis lupus<br/>familiaris</i>                                 | Expérimentale<br>et naturelle                    | 2 études expérimentales<br>Plusieurs notifications | Oui (< chat)                          | Sensibilité à confirmer<br>(cf. commentaires) | Non                          | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Non testée                          | Pas de signes cliniques en infection<br>expérimentale, en revanche, des signes<br>cliniques modérés ont été observés dans une<br>faible proportion de chiens infectés<br>naturellement |
| <b>Hamster doré</b><br><i>Mesocricetus<br/>auratus</i>                            | Expérimentale                                    | 9 études expérimentales                            | Oui                                   | Oui                                           | Oui                          | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Testée en expérimental<br>→Négatif  | Le GECU a sélectionné quelques études<br>permettant d'évaluer la réceptivité et la<br>sensibilité de cette espèce                                                                      |
| <b>Furet</b><br><i>Mustela putorius<br/>furo</i>                                  | Expérimentale<br>et naturelle                    | 5 études expérimentales                            | Oui                                   | Oui                                           | Oui                          | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Testé en expérimental →<br>Positif  | Le GECU a sélectionné quelques études<br>permettant d'évaluer la réceptivité et la<br>sensibilité de cette espèce                                                                      |
| <b>Toupaye</b><br><i>Tupaia<br/>belangeris</i>                                    | Expérimentale                                    | 2 études expérimentales                            | Oui                                   | Oui                                           | Non testée                   | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Non testée                          | –                                                                                                                                                                                      |
| <b>Poulet, dinde</b><br><i>Gallus gallus</i> et<br><i>Meleagris<br/>gallopavo</i> | Expérimentale                                    | 3 études expérimentales                            | Non                                   | Non                                           | Non                          | Sans objet                     | Sans objet                          | –                                                                                                                                                                                      |
| <b>Canard</b><br>Shaoxing duck                                                    | Expérimentale                                    | 1 étude expérimentale                              | Non                                   | Non                                           | Non                          | Sans objet                     | Sans objet                          | –                                                                                                                                                                                      |
| <b>Lapin</b><br><i>Oryctolagus<br/>cuniculus</i><br>New Zealand<br>White rabbit   | Expérimentale                                    | 1 étude expérimentale                              | Oui                                   | Sensibilité à confirmer<br>(cf. commentaires) | Non testée                   | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Non testée                          | Pas d'informations sur d'éventuelles lésions<br>dans le groupe témoin                                                                                                                  |
| <b>Porc</b><br><i>Sus scrofa<br/>domesticus</i>                                   | Expérimentale                                    | 4 études expérimentales                            | Oui, à confirmer                      | Sensibilité à confirmer<br>(cf. commentaires) | Non                          | Pas d'éléments à ce<br>jour    | Non testée                          | Une étude avec des signes cliniques légers                                                                                                                                             |

**Avis Anses**  
**Autosaisine n° 2020-SA-0059**

|                                                                                                                 |                         |                                                                        |                  |                                        |               |                                                        |                                  |                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bovin</b><br><i>Bos taurus</i><br>Holstein                                                                   | Expérimentale           | 1 étude expérimentale                                                  | Oui, à confirmer | Non, à confirmer<br>(cf. commentaires) | Non           | Pas d'éléments à ce jour                               | Non testée                       | Pas de signes cliniques mais pas d'informations sur d'éventuelles lésions (il n'y a pas eu d'euthanasie) |
| <b>Vison d'Amérique</b><br><i>Neovison vison</i>                                                                | Naturelle               | Plusieurs notifications, comptes rendus CPVAADA** et deux publications | Oui              | Oui                                    | Oui           | Oui → chat, Homme (1 publication), chien (à confirmer) | Pas d'éléments à ce jour         | —                                                                                                        |
| <b>Chien viverrin</b><br><i>Nyctereutes procyonoides</i>                                                        | Expérimentale           | 1 étude expérimentale                                                  | Oui              | Oui                                    | Oui           | Pas d'éléments à ce jour                               | Non testée                       | —                                                                                                        |
| <b>Rhésus Macaque</b><br><i>Macaca mulatta</i>                                                                  | Expérimentale           | 6 études expérimentales                                                | Oui              | Oui                                    | Non testée    | Pas d'éléments à ce jour                               | Testée en expérimental → Négatif | Nombreuses publications chez le macaque, mais toutes n'ont pas été analysées                             |
| <b>Chauve-souris</b><br><i>Rousettus aegyptiacus</i>                                                            | Expérimentale           | 1 étude expérimentale                                                  | Oui              | Oui                                    | Oui           | Pas d'éléments à ce jour                               | Non testée                       | Espèce d'expérimentation (la Roussette) qui n'est pas présente en France, sauf en captivité (zoos)       |
| <b>Tigre, lion, puma</b><br><i>Panthera tigris jacksoni</i> ,<br><i>Panthera leo</i> et<br><i>Puma concolor</i> | Naturelle, en captivité | 2 notifications                                                        | Oui              | Oui                                    | Non conclusif | Pas d'éléments à ce jour                               | Pas d'éléments à ce jour         | —                                                                                                        |

\* Nombre d'études expérimentales analysées (en preprint ou publiées, voir références bibliographiques en fin d'avis) + notifications pour les infections naturelles

\*\* CPVAADA : Comité permanent des végétaux, des animaux, des denrées alimentaires et des aliments pour animaux.

- : Pas de commentaires

#### 4. Conclusions du GECU :

Le GECU a décidé de présenter ses conclusions en classant les espèces animales selon la réceptivité des animaux au virus SARS-CoV-2, (qui s'entend comme étant la capacité d'un individu à héberger le virus et à en permettre une multiplication contrôlée) et selon la sensibilité des animaux, (entendue ici comme étant la capacité d'un individu réceptif à exprimer des signes cliniques et/ou à développer des lésions).

Les différentes études analysées par le GECU (infections expérimentales ou infections naturelles) ont pu mettre en évidence une variabilité de la réceptivité et/ou de la sensibilité vis-à-vis du virus SARS-CoV-2, en fonction des espèces animales étudiées. Si la réceptivité/sensibilité ou son absence a pu être établie pour certains animaux dans les conditions des essais ou dans le cadre d'infections naturelles, il n'en est pas de même pour d'autres espèces animales où des incertitudes demeurent, en raison d'imprécisions identifiées au niveau des données d'infections expérimentales.

Les experts soulignent en outre la difficulté de l'extrapolation des résultats de réceptivité et de sensibilité, obtenus à partir d'infections expérimentales en conditions de laboratoire, à des situations réelles. Ces conditions en termes de doses, de volume inoculé et de voies d'inoculation, diffèrent le plus souvent du terrain.

##### 1- Espèces animales dont l'absence de réceptivité et de sensibilité au SARS-CoV-2 est établie à ce jour par infections expérimentales.

Il ressort des articles analysés par le GECU que les **poulets et les dindes et le canard (au moins pour l'espèce testée)** ne sont pas réceptifs (et non sensibles) au SARS-CoV-2 dans les conditions des études. En outre, aucune donnée d'infection naturelle n'existe à ce jour.

##### 2- Espèces animales dont la réceptivité et la sensibilité au SARS-CoV-2 sont à confirmer

Selon le GECU, les **bovins** semblent réceptifs au SARS-CoV-2. Ceci nécessite néanmoins d'être confirmé, dans la mesure où cette donnée scientifique repose sur une seule étude, dans laquelle seuls 2 bovins sur 6 se sont révélés positifs par RT-qPCR dans les cavités nasales (charges virales modérées à faible), durant seulement un et deux jours respectivement (avec une séroconversion toutefois) après inoculation expérimentale. Dans la seule étude disponible, les bovins seraient *a priori* non sensibles au SARS-CoV-2.

L'essai analysé n'a pas permis de mettre en évidence une transmission du virus chez les trois bovins contacts à partir des animaux inoculés.

Concernant le **porc**, les quatre études analysées par le GECU donnent des résultats divergents. Dans trois d'entre elles, cette espèce n'apparaît pas réceptive (et non sensible) au SARS-CoV-2. Mais dans la quatrième, de l'ARN viral a été détecté chez deux des 16 porcs inoculés (par lavage nasal), avec séroconversion et les signes cliniques observés ont duré trois jours et étaient modérés (larmolements et écoulement nasal dans certains cas).

Les quatre études n'ont pas permis de mettre en évidence une transmission du virus chez des porcs contacts à partir des animaux inoculés.

**Que ce soit pour les bovins ou les porcs, le GECU souligne l'incertitude attachée à ces conclusions. Des études complémentaires sont nécessaires pour conforter ces conclusions.**



3- Espèces animales dont la réceptivité au SARS-CoV-2 est établie à ce jour, mais dont la sensibilité reste à confirmer

La réceptivité et la sensibilité des animaux peuvent être établies expérimentalement ou par l'investigation d'infections naturelles. Selon les espèces, les différents scénarios peuvent ou non coexister.

✓ *Réceptivité démontrée à travers des infections expérimentales*

Les études analysées par le GECU montrent que le **lapin** est réceptif au SARS-CoV-2. Néanmoins, sa sensibilité au virus reste à confirmer, en l'absence d'éléments permettant de comparer, dans l'étude, les lésions des lapins inoculés à celles des lapins témoins. La transmission intra-espèce n'a pas été investiguée dans l'étude analysée ;

✓ *Réceptivité démontrée à la fois par des infections expérimentales et naturelles*

Les études analysées par le GECU montrent que les **chiens** sont réceptifs au SARS-CoV-2. Leur sensibilité reste à confirmer, dans la mesure où elle n'a pas été mise en évidence dans les infections expérimentales et que peu d'animaux en infection naturelle ont développé des signes cliniques.

Par ailleurs, les essais réalisés sur des chiens contacts n'ont pas permis de démontrer une transmission intra-espèce du virus dans les conditions des études. Enfin, il n'existe à l'heure actuelle, pas de données scientifiques mettant en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le chien vers une autre espèce.

Le GECU souligne que la survenue d'infections naturelles chez les chiens par le SARS-CoV-2, intervient dans un contexte de forte pression d'infection virale, par contacts étroits avec leurs propriétaires atteints par la COVID-19.

4- Espèces animales dont la réceptivité et la sensibilité au SARS-CoV-2 sont établies à ce jour

✓ *Réceptivité et sensibilité démontrées à travers des infections expérimentales*

Les études analysées par le GECU montrent que :

- Les **furets** et **hamsters** sont réceptifs et sensibles au virus SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée. Cependant, il n'existe à ce stade pas de données scientifiques mettant en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis ces animaux vers d'autres espèces, ni d'infection naturelle ;
- Le **touyaye** est réceptif et sensible au SARS-CoV-2. La transmission intra-espèce n'a pas été investiguée dans les deux études analysées ;
- Le **chien viverrin** est réceptif et sensible au SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée ;
- La **roussette** est réceptive et sensible au SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée. En France et plus généralement en Europe, cette espèce de chauve-souris n'est présente qu'en captivité, dans les parcs zoologiques. Ces données ne sont donc pas extrapolables aux espèces de chauve-souris européennes ;
- Pour les **primates non-humains**, de nombreuses études expérimentales ont été récemment conduites sur certaines espèces (les Macaques rhésus, les cynomolgus, les grivets et les

marmousets). Au stade de la rédaction de cet avis, les experts n'ont pas analysé toutes les publications portant sur les primates. Seuls quelques travaux d'infections expérimentales conduits sur des Macaques rhésus ont été étudiés par les experts. Il ressort de ces études que les Macaques rhésus sont réceptifs et sensibles au SARS-CoV-2 avec une transmission intra-espèce avérée.

✓ *Réceptivité démontrée à travers des infections naturelles*

- Concernant le **vison**, les données d'infections naturelles rapportées aux Pays-Bas, au Danemark, en Espagne et aux États-Unis montrent que cette espèce est réceptive et sensible au SARS-CoV-2, avec une transmission intra-espèce avérée.

Aux Pays-Bas, la confirmation de la COVID-19 survenue chez des employés après la détection d'animaux positifs dans certains élevages, ainsi que la similitude des séquences génomiques du virus présent chez les visons et de celles retrouvés chez ces employés, sont des éléments en faveur d'une transmission-retour des visons infectés vers les humains exposés. Le GECU souligne que la survenue de ces événements de transmission depuis les visons infectés vers l'Homme est vraisemblablement à relier au contexte de forte pression d'infection virale due à une densité élevée de la population animale au sein de ces élevages.

- Concernant les **tigres, lions et puma en captivité** dans les parcs zoologiques, le GECU considère que ces espèces sont réceptives et sensibles au SARS-CoV-2. Quant à une potentielle transmission du virus depuis ces animaux infectés naturellement vers les animaux naïfs, il n'existe à ce jour aucune donnée scientifique permettant de le mettre en évidence.

✓ *Réceptivité démontrée à la fois par des infections expérimentales et naturelles*

Les études analysées par le GECU montrent que les **chats** sont réceptifs et sensibles au SARS-CoV-2 avec une transmission intra-espèce avérée. En revanche, il n'existe à ce jour pas de données scientifiques mettant en évidence une transmission du SARS-CoV-2 depuis le chat vers une autre espèce.

Le GECU souligne que la survenue d'infections naturelles chez les chats par le SARS-CoV-2, intervient dans un contexte de forte pression d'infection virale, par contacts étroits avec leurs propriétaires atteints par la COVID-19.

**Le GECU considère qu'à la lumière des éléments scientifiques actuellement disponibles (épidémiologie de la COVID-19, études expérimentales et naturelles), les animaux domestiques et sauvages ne jouent pas, à ce jour, un rôle épidémiologique dans le maintien et la propagation du SARS-CoV-2 au niveau national, voire mondial ; cette diffusion est, à ce jour, le résultat d'une transmission interhumaine efficace par voie respiratoire.**

**Toutefois, la réceptivité de certaines espèces animales au SARS-CoV-2, désormais établie, pose la question d'un risque éventuel de constitution d'un réservoir animal autre que l'humain. À cet égard, le GECU recommande d'être particulièrement vigilant vis-à-vis de situations particulières impliquant des contacts entre l'Homme et les espèces réceptives, dans des conditions de densité importante d'animaux, et de promiscuité animal-Homme particulièrement en milieu clos ou confiné. De même,**

**une vigilance est nécessaire vis-à-vis d'évasions potentielles d'animaux sauvages réceptifs, détenus en captivité, qui pourraient servir de relais de transmission.**

**Dans un contexte de forte pression d'infection virale (situation épidémique), le GECU rappelle la nécessité de mettre en œuvre les mesures de biosécurité adéquates (tenant compte de la transmission aéroportée) dans les élevages d'espèces réceptives pour y éviter l'introduction et la propagation du virus.**

**Il recommande aux personnes atteintes par la COVID-19 d'éviter tout contact étroit avec les animaux, sans pour autant compromettre leur bien-être et lorsque le contact ne peut être évité (soins aux animaux par exemple), de porter un masque et de se laver les mains avant et après le contact avec les animaux.**

**Enfin, en contexte de circulation virale active (situation épidémique), il convient également d'appliquer des mesures d'hygiène strictes après tout contact avec un animal réceptif (se laver les mains avec du savon après avoir touché un animal ou après un entretien de la litière, éviter les contacts étroits au niveau du visage, port d'un masque en cas de manipulation d'un animal réceptif, etc.).**

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail s'est autosaisie le 21 avril 2020 afin de réaliser à tout moment et en tant que nécessaire, l'état des connaissances scientifiques relatives au virus SARS-CoV-2, dans les domaines de compétences de l'Agence.

L'objectif de cet état des connaissances pour la santé animale est, grâce à une veille bibliographique ciblée sur le SARS-CoV-2 et les animaux, d'utiliser les données scientifiques nouvellement acquises pour fournir un avis d'experts, sur le rôle épidémiologique éventuel de certaines espèces animales dans la propagation du SARS-CoV-2.

Le présent avis constitue ainsi également une mise à jour de l'Avis complété 2020-SA-0037, suite à deux saisines de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) sur ce même sujet.

Compte tenu de l'activité scientifique foisonnante et constamment en évolution, sur le SARS-CoV-2 et les animaux, les experts doivent prendre en compte, pour établir l'état des connaissances à un moment donné, des éléments scientifiques qui n'ont pas encore été revus par les pairs, ce qui les amène à souligner cette source d'incertitudes accrue dans l'expertise.

L'agence endosse les conclusions du Groupe d'expertise collectif d'urgence (GECU) « Covid-19 ». Elle souligne les connaissances désormais acquises concernant certaines espèces animales réceptives au virus SARS-CoV-2. Elle rejoint ainsi les conclusions des experts sur le fait que si ces espèces ne jouent pas de rôle épidémiologique dans le maintien et la propagation du SARS-CoV-2, celui-ci étant transmis entre humains par voie respiratoire, certaines situations particulières de forte pression virale appellent à la vigilance, pour ne pas constituer à l'avenir un réservoir animal de SARS-CoV-2.

L'Anses restera attentive aux études et informations à venir susceptibles de faire évoluer cette évaluation

Dr. Roger Genet

## MOTS-CLÉS / KEY-WORD

SARS-CoV-2, COVID-19, chauve-souris, coronavirus, transmission, animaux domestiques, faune sauvage.

SARS-CoV-2, COVID-19, bat, coronavirus, transmission, domestic animals, wild animals.

## BIBLIOGRAPHIE

- Alekseev, K. P., A. N. Vlasova, K. Jung, M. Hasoksuz, X. Zhang, R. Halpin, S. Wang, E. Ghedin, D. Spiro, et L. J. Saif. 2008. "Bovine-like coronaviruses isolated from four species of captive wild ruminants are homologous to bovine coronaviruses, based on complete genomic sequences." *J Virol* 82 (24):12422-31. doi: 10.1128/JVI.01586-08.
- Bernard Stoecklin, S., P. Rolland, Y. Silue, A. Mailles, C. Campese, A. Simondon, M. Mechain, L. Meurice, M. Nguyen, C. Bassi, E. Yamani, S. Behillil, S. Ismael, D. Nguyen, D. Malvy, F. X. Lescure, S. Georges, C. Lazarus, A. Tabai, M. Stempfelet, V. Enouf, B. Coignard, D. Levy-Bruhl, et Team Investigation. 2020. "First cases of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in France: surveillance, investigations and control measures, January 2020." *Euro Surveill* 25 (6). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.6.2000094.
- Bosco-Lauth, Angela M., Airn E. Hartwig, Stephanie M. Porter, Paul W. Gordy, Mary Nehring, Alex D. Byas, Sue VandeWoude, Izabela K. Ragan, Rachel M. Maison, et Richard A. Bowen. 2020. "Pathogenesis, transmission and response to re-exposure of SARS-CoV-2 in domestic cats." preprint. : Microbiology.
- Bryche, B., A. St Albin, S. Murri, S. Lacote, C. Pulido, M. Ar Gouilh, S. Lesellier, A. Servat, M. Wasniewski, E. Picard-Meyer, E. Monchatre-Leroy, R. Volmer, O. Rampin, R. Le Goffic, P. Marianneau, et N. Meunier. 2020. "Massive transient damage of the olfactory epithelium associated with infection of sustentacular cells by SARS-CoV-2 in golden Syrian hamsters." *Brain Behav Immun*:2020.06.16.151704. doi: 10.1016/j.bbi.2020.06.032.
- Chan, J. F., A. J. Zhang, S. Yuan, V. K. Poon, C. C. Chan, A. C. Lee, W. M. Chan, Z. Fan, H. W. Tsoi, L. Wen, R. Liang, J. Cao, Y. Chen, K. Tang, C. Luo, J. P. Cai, K. H. Kok, H. Chu, K. H. Chan, S. Sridhar, Z. Chen, H. Chen, K. K. To, et K. Y. Yuen. 2020. "Simulation of the clinical and pathological manifestations of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in golden Syrian hamster model: implications for disease pathogenesis and transmissibility." *Clin Infect Dis*. doi: 10.1093/cid/ciaa325.
- Chen, Hongbo, Zhongping Xie, Runxiang Long, Shengtao Fan, Heng Li, Zhanlong He, Kanwei Xu, Yun Liao, Lichun Wang, Ying Zhang, Xueqi Li, Xingqi Dong, Tangwei Mou, Xiaofang Zhou, Yaoyun Yang, Lei Guo, Jianbo Yang, Huiwen Zheng, Xingli Xu, Jing Li, Yan Liang, Dandan Li, Zhimei Zhao, Chao Hong, Heng Zhao, Guorun Jiang, Yanchun Che, Fengmei Yang, Yunguang Hu, Xi Wang, Jing Pu, Kaili Ma, Lin Wang, Chen Chen, Weiguo Duan, Dong Shen, Hongling Zhao, Ruiju Jiang, Xinqiang Deng, Yan Li, Hailian Zhu, Jian Zhou, Li Yu, Mingjue Xu, Huijuan Yang, Li Yi, Zhenxin Zhou, Jiafang Yang, Nan Duan, Huan Yang, Wangli Zhao, Wei Yang, Changgui Li, Longding Liu, et Qihan Li.

2020. "A valid protective immune response elicited in rhesus macaques by an inactivated vaccine is capable of defending against SARS-CoV-2 infection." preprint. : Immunology.
- Coley, S. E., E. Lavi, S. G. Sawicki, L. Fu, B. Schelle, N. Karl, S. G. Siddell, et V. Thiel. 2005. "Recombinant mouse hepatitis virus strain A59 from cloned, full-length cDNA replicates to high titers in vitro and is fully pathogenic in vivo." *J Virol* 79 (5):3097-106. doi: 10.1128/JVI.79.5.3097-3106.2005.
- Corman, V. M., R. Kallies, H. Philipps, G. Gopner, M. A. Muller, I. Eckerle, S. Brunink, C. Drosten, et J. F. Drexler. 2014. "Characterization of a novel betacoronavirus related to middle East respiratory syndrome coronavirus in European hedgehogs." *J Virol* 88 (1):717-24. doi: 10.1128/JVI.01600-13.
- Corman, V. M., D. Muth, D. Niemeyer, et C. Drosten. 2018. "Hosts and Sources of Endemic Human Coronaviruses." *Adv Virus Res* 100:163-188. doi: 10.1016/bs.aivir.2018.01.001.
- Davis, E., B. R. Rush, J. Cox, B. DeBey, et S. Kapil. 2000. "Neonatal enterocolitis associated with coronavirus infection in a foal: a case report." *J Vet Diagn Invest* 12 (2):153-6. doi: 10.1177/104063870001200210.
- Deng, W., L. Bao, J. Liu, C. Xiao, J. Liu, J. Xue, Q. Lv, F. Qi, H. Gao, P. Yu, Y. Xu, Y. Qu, F. Li, Z. Xiang, H. Yu, S. Gong, M. Liu, G. Wang, S. Wang, Z. Song, Y. Liu, W. Zhao, Y. Han, L. Zhao, X. Liu, Q. Wei, et C. Qin. 2020. "Primary exposure to SARS-CoV-2 protects against reinfection in rhesus macaques." *Science* 369 (6505):818-823. doi: 10.1126/science.abc5343.
- Denis, M, V Vandeweerd, et D Van der Vliet. 2020. "Overview of information available to support the development of medical countermeasures and interventions against COVID-19." *Transdisciplinary Insights-Living Paper*.
- Driouich, Jean-Sélim, Maxime Cochin, Guillaume Lingas, Grégory Moureau, Franck Touret, Paul Rémi Petit, Géraldine Piorkowski, Karine Barthélémy, Bruno Coutard, Jérémie Guedj, Xavier de Lamballerie, Caroline Solas, et Antoine Nougairède. 2020. "Favipiravir antiviral efficacy against SARS-CoV-2 in a hamster model." preprint. : Microbiology.
- Easterbrook, J. D., J. B. Kaplan, G. E. Glass, J. Watson, et S. L. Klein. 2008. "A survey of rodent-borne pathogens carried by wild-caught Norway rats: a potential threat to laboratory rodent colonies." *Lab Anim* 42 (1):92-8. doi: 10.1258/la.2007.06015e.
- Erles, K., C. Toomey, H. W. Brooks, et J. Brownlie. 2003. "Detection of a group 2 coronavirus in dogs with canine infectious respiratory disease." *Virology* 310 (2):216-23. doi: 10.1016/s0042-6822(03)00160-0.
- Fennelly, K. P. 2020. "Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control." *Lancet Respir Med* 8 (9):914-924. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30323-4.
- Ferguson, N. M., et M. D. Van Kerkhove. 2014. "Identification of MERS-CoV in dromedary camels." *Lancet Infect Dis* 14 (2):93-4. doi: 10.1016/S1473-3099(13)70691-1.
- Freuling, Conrad M., Angele Breithaupt, Thomas Müller, Julia Sehl, Anne Balkema-Buschmann, Melanie Rissmann, Antonia Klein, Claudia Wylezich, Dirk Höper, Kerstin Wernike, Andrea Aebischer, Donata Hoffmann, Virginia Friedrichs, Anca Dorhoi, Martin H. Groschup, Martin Beer, et Thomas C. Mettenleiter. 2020. "Susceptibility of raccoon dogs for experimental SARS-CoV-2 infection." *BioRxiv*.
- Fritz, Matthieu, Béatrice Rosolen, Emilie Krafft, Pierre Becquart, Eric Elguero, Oxana Vratskikh, Solène Denolly, Bertrand Boson, Jessica Vanhomwegen, Meriadeg Ar Gouilh, Angeli Kodjo, Catherine Chirouze, Serge Rosolen, Vincent Legros, et Eric M. Leroy. 2020. "High prevalence of SARS-CoV-2 antibodies in pets from COVID-19+ households." *BioRxiv*.
- Gaudreault, N. N., J. D. Trujillo, M. Carossino, D. A. Meekins, I. Morozov, D. W. Madden, S. V. Indran, D. Bold, V. Balaraman, T. Kwon, B. L. Artiaga, K. Cool, A. Garcia-Sastre, W. Ma, W. C. Wilson, J. Henningson, U. B. R. Balasuriya, et J. A. Richt. 2020. "SARS-CoV-2 infection, disease and transmission in domestic cats." *Emerg Microbes Infect*:1-36. doi: 10.1080/22221751.2020.1833687.
- Ar Gouilh, Meriadeg, Sébastien J Puechmaille, Laure Diancourt, Mathias Vandenberg, Jordi Serra-Cobo, Marc Lopez Roig, Paul Brown, François Moutou, Valérie Caro, et Astrid Vabret. 2018. "SARS-CoV related Betacoronavirus and diverse Alphacoronavirus members found in western old-world." *Virology* 517:88-97.



- Greig, A. S., D. Mitchell, A. H. Corner, G. L. Bannister, E. B. Meads, et R. J. Julian. 1962. "A Hemagglutinating Virus Producing Encephalomyelitis in Baby Pigs." *Can J Comp Med Vet Sci* 26 (3):49-56.
- Halfmann, P. J., M. Hatta, S. Chiba, T. Maemura, S. Fan, M. Takeda, N. Kinoshita, S. I. Hattori, Y. Sakai-Tagawa, K. Iwatsuki-Horimoto, M. Imai, et Y. Kawaoka. 2020. "Transmission of SARS-CoV-2 in Domestic Cats." *N Engl J Med* 383 (6):592-594. doi: 10.1056/NEJMc2013400.
- Hamre, D., et J. J. Procknow. 1966. "A new virus isolated from the human respiratory tract." *Proc Soc Exp Biol Med* 121 (1):190-3. doi: 10.3181/00379727-121-30734.
- Hasoksuz, M., K. Alekseev, A. Vlasova, X. Zhang, D. Spiro, R. Halpin, S. Wang, E. Ghedin, et L. J. Saif. 2007. "Biologic, antigenic, and full-length genomic characterization of a bovine-like coronavirus isolated from a giraffe." *J Virol* 81 (10):4981-90. doi: 10.1128/JVI.02361-06.
- Hu, D., C. Zhu, L. Ai, T. He, Y. Wang, F. Ye, L. Yang, C. Ding, X. Zhu, R. Lv, J. Zhu, B. Hassan, Y. Feng, W. Tan, et C. Wang. 2018. "Genomic characterization and infectivity of a novel SARS-like coronavirus in Chinese bats." *Emerg Microbes Infect* 7 (1):154. doi: 10.1038/s41426-018-0155-5.
- Imai, M., K. Iwatsuki-Horimoto, M. Hatta, S. Loeber, P. J. Halfmann, N. Nakajima, T. Watanabe, M. Ujie, K. Takahashi, M. Ito, S. Yamada, S. Fan, S. Chiba, M. Kuroda, L. Guan, K. Takada, T. Armbrust, A. Balogh, Y. Furusawa, M. Okuda, H. Ueki, A. Yasuhara, Y. Sakai-Tagawa, T. J. S. Lopes, M. Kiso, S. Yamayoshi, N. Kinoshita, N. Ohmagari, S. I. Hattori, M. Takeda, H. Mitsuya, F. Krammer, T. Suzuki, et Y. Kawaoka. 2020. "Syrian hamsters as a small animal model for SARS-CoV-2 infection and countermeasure development." *Proc Natl Acad Sci U S A* 117 (28):16587-16595. doi: 10.1073/pnas.2009799117.
- Jin, L., C. K. Cebra, R. J. Baker, D. E. Mattson, S. A. Cohen, D. E. Alvarado, et G. F. Rohrmann. 2007. "Analysis of the genome sequence of an alpaca coronavirus." *Virology* 365 (1):198-203. doi: 10.1016/j.virol.2007.03.035.
- Kim, Y. I., S. G. Kim, S. M. Kim, E. H. Kim, S. J. Park, K. M. Yu, J. H. Chang, E. J. Kim, S. Lee, M. A. B. Casel, J. Um, M. S. Song, H. W. Jeong, V. D. Lai, Y. Kim, B. S. Chin, J. S. Park, K. H. Chung, S. S. Foo, H. Poo, I. P. Mo, O. J. Lee, R. J. Webby, J. U. Jung, et Y. K. Choi. 2020. "Infection and Rapid Transmission of SARS-CoV-2 in Ferrets." *Cell Host Microbe* 27 (5):704-709 e2. doi: 10.1016/j.chom.2020.03.023.
- Lau, S. K., P. C. Woo, C. C. Yip, R. Y. Fan, Y. Huang, M. Wang, R. Guo, C. S. Lam, A. K. Tsang, K. K. Lai, K. H. Chan, X. Y. Che, B. J. Zheng, et K. Y. Yuen. 2012. "Isolation and characterization of a novel Betacoronavirus subgroup A coronavirus, rabbit coronavirus HKU14, from domestic rabbits." *J Virol* 86 (10):5481-96. doi: 10.1128/JVI.06927-11.
- Meekins, D. A., I. Morozov, J. D. Trujillo, N. N. Gaudreault, D. Bold, B. L. Artiaga, S. V. Indran, T. Kwon, V. Balaraman, D. W. Madden, H. Feldmann, J. Henningson, W. Ma, U. B. R. Balasuriya, et J. A. Richt. 2020. "Susceptibility of swine cells and domestic pigs to SARS-CoV-2." *BioRxiv*:2020.08.15.252395. doi: 10.1101/2020.08.15.252395.
- Mohandas, S., R. Jain, P. D. Yadav, A. Shete-Aich, P. Sarkale, M. Kadam, A. Kumar, G. Deshpande, S. Baradkar, S. Patil, G. Sapkal, D. Mali, M. Salve, D. Patil, T. Majumdar, A. Suryawanshi, H. Kaushal, R. Lakra, H. Dighe, N. Gupta, P. Abraham, et R. R. Gangakhedkar. 2020. "Evaluation of the susceptibility of mice & hamsters to SARS-CoV-2 infection." *Indian Journal of Medical Research* 151 (5):479-482. doi: 10.4103/ijmr.IJMR\_2235\_20.
- Monchatre-Leroy, E., F. Boue, J. M. Boucher, C. Renault, F. Moutou, M. Ar Gouilh, et G. Umhang. 2017. "Identification of Alpha and Beta Coronavirus in Wildlife Species in France: Bats, Rodents, Rabbits, and Hedgehogs." *Viruses* 9 (12):364. doi: 10.3390/v9120364.
- Munir, K., S. Ashraf, I. Munir, H. Khalid, M. A. Muneer, N. Mukhtar, S. Amin, S. Ashraf, M. A. Imran, U. Chaudhry, M. U. Zaheer, M. Arshad, R. Munir, A. Ahmad, et X. Zhao. 2020. "Zoonotic and Reverse Zoonotic Events of SARS-CoV-2 and their Impact on Global Health." *Emerg Microbes Infect* 0 (ja):1-35. doi: 10.1080/22221751.2020.1827984.
- Munster, V. J., F. Feldmann, B. N. Williamson, N. van Doremalen, L. Perez-Perez, J. Schulz, K. Meade-White, A. Okumura, J. Callison, B. Brumbaugh, V. A. Avanzato, R. Rosenke, P. W. Hanley, G.



- Saturday, D. Scott, E. R. Fischer, et E. de Wit. 2020. "Respiratory disease in rhesus macaques inoculated with SARS-CoV-2." *Nature* 585 (7824):268-272. doi: 10.1038/s41586-020-2324-7.
- Mykytyn, Anna Z., Mart M. Lamers, Nisreen M. A. Okba, Tim I. Breugem, Debby Schipper, Petra B. van den Doel, Peter van Run, Geert van Amerongen, Leon de Waal, Marion P. G. Koopmans, Koert J. Stittelaar, Judith M. A. van den Brand, et Bart L. Haagmans. 2020. "Susceptibility of rabbits to SARS-CoV-2." *BioRxiv*.
- Oreshkova, Nadia, Robert Jan Molenaar, Sandra Vreman, Frank Harders, Bas B Oude Munnink, Renate W Hakze-van der Honing, Nora Gerhards, Paulien Tolsma, Ruth Bouwstra, et Reina S Sikkema. 2020. "SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020." *Eurosurveillance* 25 (23):2001005.
- Oude Munnink, Bas B., Reina S. Sikkema, David F. Nieuwenhuijse, Robert Jan Molenaar, Emmanuelle Munger, Richard Molenkamp, Arco van der Spek, Paulin Tolsma, Ariene Rietveld, Miranda Brouwer, Noortje Bouwmeester-Vincken, Frank Harders, Renate Hakze-van der Honing, Marjolein C. A. Wegdam-Blans, Ruth J. Bouwstra, Corine GeurtsvanKessel, Annemiek A. van der Eijk, Francisca C. Velkers, Lidwien A. M. Smit, Arjan Stegeman, Wim H. M. van der Poel, et Marion P. G. Koopmans. 2020. "Jumping back and forth: anthropozoonotic and zoonotic transmission of SARS-CoV-2 on mink farms." *BioRxiv*.
- Paraskevis, Dimitrios, Evangelia Georgia Kostaki, Gkikas Magiorkinis, Georgios Panayiotakopoulos, G Sourvinos, et S Tsiodras. 2020. "Full-genome evolutionary analysis of the novel corona virus (2019-nCoV) rejects the hypothesis of emergence as a result of a recent recombination event." *Infection, Genetics and Evolution* 79:104212.
- Patterson, E. I., G. Elia, A. Grassi, A. Giordano, C. Desario, M. Medardo, S. L. Smith, E. R. Anderson, T. Prince, G. T. Patterson, E. Lorusso, M. S. Lucente, G. Lanave, S. Lauzi, U. Bonfanti, A. Stranieri, V. Martella, F. Solari Basano, V. R. Barrs, A. D. Radford, U. Agrimi, G. L. Hughes, S. Paltrinieri, et N. Decaro. 2020. "Evidence of exposure to SARS-CoV-2 in cats and dogs from households in Italy." preprint. : Microbiology.
- Pickering, Brad S., Greg Smith, Mathieu M. Pinette, Carissa Embury-Hyatt, Estella Moffat, Peter Marszal, et Charles E. Lewis. 2020. "Susceptibility of domestic swine to experimental infection with SARS-CoV-2." *BioRxiv*.
- Poutanen, S. M., D. E. Low, B. Henry, S. Finkelstein, D. Rose, K. Green, R. Tellier, R. Draker, D. Adachi, M. Ayers, A. K. Chan, D. M. Skowronski, I. Salit, A. E. Simor, A. S. Slutsky, P. W. Doyle, M. Krajden, M. Petric, R. C. Brunham, A. J. McGeer, Canada National Microbiology Laboratory, et Team Canadian Severe Acute Respiratory Syndrome Study. 2003. "Identification of severe acute respiratory syndrome in Canada." *N Engl J Med* 348 (20):1995-2005. doi: 10.1056/NEJMoa030634.
- Rajkhowa, S., C. Rajkhowa, et G. C. Hazarika. 2007. "Serological evidence of coronavirus infection in mithuns (*Bos frontalis*) from India." *Rev Sci Tech* 26 (3):747-53.
- Richard, M., A. Kok, D. de Meulder, T. M. Bestebroer, M. M. Lamers, N. M. A. Okba, M. Fentener van Vlissingen, B. Rockx, B. L. Haagmans, M. P. G. Koopmans, R. A. M. Fouchier, et S. Herfst. 2020. "SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets." *Nature Communications* 11 (1):3496. doi: 10.1038/s41467-020-17367-2.
- Ryan, Kathryn A., Kevin R. Bewley, Susan A. Fotheringham, Phillip Brown, Yper Hall, Anthony C. Marriott, Julia A. Tree, Lauren Allen, Marilyn J. Aram, Emily Brunt, Karen R. Buttigieg, Breeze E. Cavell, Daniel P. Carter, Rebecca Cobb, Naomi S. Coombes, Kerry J. Godwin, Karen E. Gooch, Jade Gouriet, Rachel Halkerston, Debbie J. Harris, Holly E. Humphries, Laura Hunter, Catherine M. K. Ho, Chelsea L. Kennard, Stephanie Leung, Didier Ngabo, Karen L. Osman, Jemma Paterson, Elizabeth J. Penn, Steven T. Pullan, Emma Rayner, Gillian S. Slack, Kimberley Steeds, Irene Taylor, Tom Tipton, Stephen Thomas, Nadina I. Wand, Robert J. Watson, Nathan R. Wiblin, Sue Charlton, Bassam Hallis, Julian A. Hiscox, Simon Funnell, Mike J. Dennis, Catherine J. Whittaker, Michael G. Catton, Julian Druce, Francisco J. Salguero, et Miles W. Carroll. 2020. "Dose-dependent response to infection with SARS-CoV-2 in the ferret model: evidence of protection to re-challenge." *BioRxiv*:2020.05.29.123810. doi: 10.1101/2020.05.29.123810.

- Schlottau, K., M. Rissmann, A. Graaf, J. Schon, J. Sehl, C. Wylezich, D. Hoper, T. C. Mettenleiter, A. Balkema-Buschmann, T. Harder, C. Grund, D. Hoffmann, A. Breithaupt, et M. Beer. 2020. "SARS-CoV-2 in fruit bats, ferrets, pigs, and chickens: an experimental transmission study." *Lancet Microbe* 1 (5):e218-e225. doi: 10.1016/S2666-5247(20)30089-6.
- Shan, Chao, Yan-Feng Yao, Xing-Lou Yang, Yi-Wu Zhou, Jia Wu, Ge Gao, Yun Peng, Lian Yang, Xue Hu, Jin Xiong, Ren-Di Jiang, Hua-Jun Zhang, Xiao-Xiao Gao, Cheng Peng, Juan Min, Ying Chen, Hao-Rui Si, Peng Zhou, Yan-Yi Wang, Hong-Ping Wei, Wei Pang, Zheng-Fei Hu, Long-Bao Lv, Yong-Tang Zheng, Zheng-Li Shi, et Zhi-Ming Yuan. 2020. "Infection with Novel Coronavirus (SARS-CoV-2) Causes Pneumonia in the Rhesus Macaques." preprint. : In Review.
- Shi, J., Z. Wen, G. Zhong, H. Yang, C. Wang, B. Huang, R. Liu, X. He, L. Shuai, Z. Sun, Y. Zhao, P. Liu, L. Liang, P. Cui, J. Wang, X. Zhang, Y. Guan, W. Tan, G. Wu, H. Chen, et Z. Bu. 2020. "Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS-coronavirus 2." *Science* 368 (6494):1016-1020. doi: 10.1126/science.abb7015.
- Sit, Thomas H. C., Christopher J. Brackman, Sin Ming Ip, Karina W. S. Tam, Pierra Y. T. Law, Esther M. W. To, Veronica Y. T. Yu, Leslie D. Sims, Dominic N. C. Tsang, Daniel K. W. Chu, Ranawaka A. P. M. Perera, Leo L. M. Poon, et Malik Peiris. 2020. "Canine SARS-CoV-2 infection." doi: 10.21203/rs.3.rs-18713/v1.
- Temmam, S., A. Barbarino, D. Maso, S. Behillil, V. Enouf, C. Huon, A. Jaraud, L. Chevallier, M. Backovic, P. Perot, P. Verwaerde, L. Tiret, S. van der Werf, et M. Eloit. 2020. "Absence of SARS-CoV-2 infection in cats and dogs in close contact with a cluster of COVID-19 patients in a veterinary campus." *One Health* 10:100164. doi: 10.1016/j.onehlt.2020.100164.
- Tong, S., C. Conrardy, S. Ruone, I. V. Kuzmin, X. Guo, Y. Tao, M. Niezgoda, L. Haynes, B. Agwanda, R. F. Breiman, L. J. Anderson, et C. E. Rupprecht. 2009. "Detection of novel SARS-like and other coronaviruses in bats from Kenya." *Emerg Infect Dis* 15 (3):482-5. doi: 10.3201/eid1503.081013.
- Ulrich, L., K. Wernike, D. Hoffmann, T. C. Mettenleiter, et M. Beer. 2020. "Experimental Infection of Cattle with SARS-CoV-2." *Emerg Infect Dis* 26 (12). doi: 10.3201/eid2612.203799.
- van Boheemen, S., M. de Graaf, C. Lauber, T. M. Bestebroer, V. S. Raj, A. M. Zaki, A. D. Osterhaus, B. L. Haagmans, A. E. Gorbalenya, E. J. Snijder, et R. A. Fouchier. 2012. "Genomic characterization of a newly discovered coronavirus associated with acute respiratory distress syndrome in humans." *mBio* 3 (6). doi: 10.1128/mBio.00473-12.
- van Doremalen, N., T. Lambe, A. Spencer, S. Belij-Rammerstorfer, J. N. Purushotham, J. R. Port, V. A. Avanzato, T. Bushmaker, A. Flaxman, M. Ulaszewska, F. Feldmann, E. R. Allen, H. Sharpe, J. Schulz, M. Holbrook, A. Okumura, K. Meade-White, L. Perez-Perez, N. J. Edwards, D. Wright, C. Bissett, C. Gilbride, B. N. Williamson, R. Rosenke, D. Long, A. Ishwarbhai, R. Kailath, L. Rose, S. Morris, C. Powers, J. Lovaglio, P. W. Hanley, D. Scott, G. Saturday, E. de Wit, S. C. Gilbert, et V. J. Munster. 2020. "ChAdOx1 nCoV-19 vaccine prevents SARS-CoV-2 pneumonia in rhesus macaques." *Nature*:1-8. doi: 10.1038/s41586-020-2608-y.
- Williamson, B. N., F. Feldmann, B. Schwarz, K. Meade-White, D. P. Porter, J. Schulz, N. van Doremalen, I. Leighton, C. K. Yinda, L. Perez-Perez, A. Okumura, J. Lovaglio, P. W. Hanley, G. Saturday, C. M. Bosio, S. Anzick, K. Barbican, T. Cihlar, C. Martens, D. P. Scott, V. J. Munster, et E. de Wit. 2020. "Clinical benefit of remdesivir in rhesus macaques infected with SARS-CoV-2." *Nature* 585 (7824):273-276. doi: 10.1038/s41586-020-2423-5.
- Woo, P. C., S. K. Lau, C. M. Chu, K. H. Chan, H. W. Tsoi, Y. Huang, B. H. Wong, R. W. Poon, J. J. Cai, W. K. Luk, L. L. Poon, S. S. Wong, Y. Guan, J. S. Peiris, et K. Y. Yuen. 2005. "Characterization and complete genome sequence of a novel coronavirus, coronavirus HKU1, from patients with pneumonia." *J Virol* 79 (2):884-95. doi: 10.1128/JVI.79.2.884-895.2005.
- Woo, P. C., S. K. Lau, K. S. Li, R. W. Poon, B. H. Wong, H. W. Tsoi, B. C. Yip, Y. Huang, K. H. Chan, et K. Y. Yuen. 2006. "Molecular diversity of coronaviruses in bats." *Virology* 351 (1):180-7. doi: 10.1016/j.virol.2006.02.041.
- Woo, P. C., M. Wang, S. K. Lau, H. Xu, R. W. Poon, R. Guo, B. H. Wong, K. Gao, H. W. Tsoi, Y. Huang, K. S. Li, C. S. Lam, K. H. Chan, B. J. Zheng, et K. Y. Yuen. 2007. "Comparative analysis of twelve

- genomes of three novel group 2c and group 2d coronaviruses reveals unique group and subgroup features." *J Virol* 81 (4):1574-85. doi: 10.1128/JVI.02182-06.
- Wu, Z., L. Yang, X. Ren, J. Zhang, F. Yang, S. Zhang, et Q. Jin. 2016. "ORF8-Related Genetic Evidence for Chinese Horseshoe Bats as the Source of Human Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus." *J Infect Dis* 213 (4):579-83. doi: 10.1093/infdis/jiv476.
- Xu, L., D. D. Yu, Y. H. Ma, Y. L. Yao, R. H. Luo, X. L. Feng, H. R. Cai, J. B. Han, X. H. Wang, M. H. Li, C. W. Ke, Y. T. Zheng, et Y. G. Yao. 2020. "COVID-19-like symptoms observed in Chinese tree shrews infected with SARS-CoV-2." *Zool Res* 41 (5):517-526. doi: 10.24272/j.issn.2095-8137.2020.053.
- Zaki, A. M., S. van Boheemen, T. M. Bestebroer, A. D. Osterhaus, et R. A. Fouchier. 2012. "Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia." *N Engl J Med* 367 (19):1814-20. doi: 10.1056/NEJMoa1211721.
- Zhang, Q., H. Zhang, J. Gao, K. Huang, Y. Yang, X. Hui, X. He, C. Li, W. Gong, Y. Zhang, Y. Zhao, C. Peng, X. Gao, H. Chen, Z. Zou, Z. L. Shi, et M. Jin. 2020. "A serological survey of SARS-CoV-2 in cat in Wuhan." *Emerg Microbes Infect* 9 (1):2013-2019. doi: 10.1080/22221751.2020.1817796.
- Zhao, Y., J. Wang, D. Kuang, J. Xu, M. Yang, C. Ma, S. Zhao, J. Li, H. Long, K. Ding, J. Gao, J. Liu, H. Wang, H. Li, Y. Yang, W. Yu, J. Yang, Y. Zheng, D. Wu, S. Lu, H. Liu, et X. Peng. 2020. "Susceptibility of tree shrew to SARS-CoV-2 infection." *Sci Rep* 10 (1):16007. doi: 10.1038/s41598-020-72563-w.
- Zhou, L., Y. Sun, T. Lan, R. Wu, J. Chen, Z. Wu, Q. Xie, X. Zhang, et J. Ma. 2019. "Retrospective detection and phylogenetic analysis of swine acute diarrhoea syndrome coronavirus in pigs in southern China." *Transbound Emerg Dis* 66 (2):687-695. doi: 10.1111/tbed.13008.
- Zhou, P., X. L. Yang, X. G. Wang, B. Hu, L. Zhang, W. Zhang, H. R. Si, Y. Zhu, B. Li, C. L. Huang, H. D. Chen, J. Chen, Y. Luo, H. Guo, R. D. Jiang, M. Q. Liu, Y. Chen, X. R. Shen, X. Wang, X. S. Zheng, K. Zhao, Q. J. Chen, F. Deng, L. L. Liu, B. Yan, F. X. Zhan, Y. Y. Wang, G. F. Xiao, et Z. L. Shi. 2020. "A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin." *Nature* 579 (7798):270-273. doi: 10.1038/s41586-020-2012-7.

## ANNEXE 1

### Présentation des intervenants

**PRÉAMBULE :** Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

#### GROUPE D'EXPERTISE COLLECTIVE EN URGENCE

---

##### Présidente

Mme Sophie LE PODER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - virologie, immunologie, vaccinologie

##### Membres (partie santé animale)

M. Paul BROWN – Responsable de la recherche sur les métapneumovirus et les coronavirus aviaires, Anses Ploufragan – Virologie, métapneumovirus et coronavirus aviaires

M. Meriadeg Ar. GOUILH - Assistant Hospitalier Universitaire, CHU de Caen-Virologie -Ecologie et évolution des micro-organismes, virus zoonotiques et émergents circulant chez les chauves-souris.

M. François MEURENS – Professeur, Oniris - Ecole Vétérinaire de Nantes - Virologie, immunologie, vaccinologie, pathologie porcine

M. Gilles MEYER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants

Mme Elodie MONCHATRE-LEROY – Directrice du Laboratoire de la rage et de la faune sauvage, Anses Nancy - Virologie, épidémiologie, évaluation de risques, faune sauvage

Mme Nicole PAVIO – Directrice de recherche – Laboratoire de santé animale, Anses Maisons-Alfort – Virologie alimentaire, culture cellulaire, outils de diagnostic et de détection, hygiène des aliments

Mme Gaëlle SIMON – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Virologie Immunologie Porcines, Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Virologie, immunologie, maladies des monogastriques

#### PARTICIPATION ANSES

---

##### Coordination scientifique UERSABA

Mme Charlotte DUNOYER - Cheffe de l'unité Evaluation des risques liés à la Santé, à l'Alimentation et au Bien-être des animaux - Anses

Mme Elissa KHAMISSE - Coordinatrice scientifique - Unité Evaluation des risques Santé, à l'Alimentation et au Bien-être des animaux - Anses

##### Secrétariat administratif

Régis MOLINET- Direction de l'évaluation des risques - Anses