

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 24 juin 2022

AVIS

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

portant sur des « recommandations relatives à la réduction du risque de transmission du virus Monkeypox (MPXV) lié à la manipulation et la consommation des denrées alimentaires »

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 à 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 publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 14 juin 2022 par la Direction générale de la santé (DGS) et la Direction générale de l'alimentation (DGAL) pour la réalisation de l'expertise suivante : recommandations relatives à la réduction du risque de transmission du virus Monkeypox lié à la manipulation et la consommation des denrées alimentaires.

1 CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Le Monkeypox¹ (MPX ou « variole du singe ») est une maladie infectieuse due à un virus (Monkeypox virus - MPXV) de la famille des *Poxviridae* et du genre *Orthopoxvirus*, virus enveloppé à ADN. En France, les infections par ce virus font l'objet d'une surveillance pérenne par le dispositif de la déclaration obligatoire.

¹ Aussi mentionné par « orthopoxvirose simienne » ou « orthopoxvirose du singe »

Depuis le début du mois de mai 2022, de nombreux cas autochtones d'infection à virus Monkeypox (MPXV) ont été signalés dans plusieurs pays non endémiques. Le premier cas d'infection par le virus Monkeypox a été confirmé le 19 mai 2022 en Île-de-France².

Ainsi, au 21 juin 2022, 2746 cas humains ont été confirmés dans l'Union européenne/Espace économique européen (UE/EEE)³. A la date du 22 juin, 3308 cas confirmés dans le monde sont signalés dans 42 pays, dont 426 cas hors UE/EEE⁴. En France, au 23 juin 2022, 330 cas de Monkeypox ont été confirmés⁵. 52 des 287 cas investigués par Santé publique France sont des cas secondaires. À ce jour, en Europe, ces cas sont survenus sans historique de contact avec un animal importé de zone endémique et enzootique, chez des personnes ne rapportant pas de voyage dans une zone de circulation habituelle du virus, et dans le contexte d'une épidémie à transmission interhumaine exclusive à ce jour.

L'Anses a été saisie une première fois le 3 juin 2022 concernant des recommandations relatives à la réduction du risque de diffusion du virus Monkeypox aux animaux en France (saisine n°2022-SA-0102).

Dans cette seconde saisine, il est demandé à l'Anses : « *d'évaluer le risque de transmission du MPXV par les denrées alimentaires au cours de leur manipulation, et de leur consommation et d'émettre des recommandations relatives à la réduction de ce dernier* ».

2 ORGANISATION DE L'EXPERTISE

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) ».

L'expertise collective a été réalisée par le groupe d'expertise collective d'urgence (GECU) « Monkeypox - Alimentaire ».

Le GECU s'est réuni en urgence pour le traitement de la question et a adopté ses conclusions le 20 juin 2022. Sur la base de ces conclusions, un projet d'analyse et conclusions du GECU a été rédigé par la coordination scientifique, qui a été relu et validé par le GECU par voie télématique le 23 et 24 juin 2022.

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 : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Une recherche bibliographique systématique a été réalisée sur la base de données Pubmed, interrogée en couplant les termes « monkeypox » ou « monkey pox » avec des termes relatifs

² <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2022/un-premier-cas-confirme-de-monkeypox-sur-le-territoire-national>

³ <https://www.ecdc.europa.eu/en/monkeypox-outbreak>

⁴ <https://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/response/2022/world-map.html>

⁵ <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2022/cas-de-variole-du-singe-point-de-situation-au-23-juin-2022>

aux aliments ou à la transmission alimentaire⁶. Cette première recherche a été réalisée le 10 juin 2022 et avait permis d'identifier 30 références. Les références ont été exportées dans EndNote et ont été sélectionnées sur la base des critères d'inclusion suivants : étude sur le MPXV, description de cas avec suspicion ou évidence de transmission par l'alimentation, lésion ou réplication dans le système digestif.

Cette recherche bibliographique initiale a été complétée par l'interrogation d'autres bases de données (Scopus), d'autres mots-clefs ou combinaison tels que (« *pox and food* », « *monkeypox and bushmeat* » etc.), par la méthode « boule de neige » et par des éléments de la littérature grise (rapport, communication scientifique etc..).

Les éléments suivants ont été pris en compte pour la réalisation de cette expertise :

- la saisine ;
- les éléments de l'avis de la saisine n° 2022-SA-0102 (Anses 2022) ;
- les données bibliographiques listées dans le présent avis.

3 ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GROUPE D'EXPERTISE COLLECTIVE D'URGENCE

3.1 Présentation générale de la maladie du Monkeypox (MPX)

3.1.1 Virus et maladie du Monkeypox chez les humains

Le Monkeypox (MPX ou « variole du singe »⁷) est une maladie infectieuse due à un virus (Monkeypox virus - MPXV) de la famille des *Poxviridae* (poxvirus) et du genre *Orthopoxvirus*, virus enveloppé à ADN.

L'infection par le virus Monkeypox est une infection localisée ou systémique, qui peut associer de la fièvre, des maux de tête, des courbatures et une asthénie. L'éruption vésiculeuse peut être présente d'emblée ou apparaître après les signes généraux ou être isolée. Une ou plusieurs poussées peuvent être observées. Les lésions initiales papulaires évoluent le plus souvent vers des formes vésiculaires, puis le dessèchement, la formation de croûtes puis la cicatrisation après la chute des croûtes. La cicatrisation peut parfois survenir avant la formation des vésicules. Les bulles se concentrent plutôt sur le visage, les paumes des mains et plantes des pieds, les muqueuses sont également concernées (bouche, région ano-génitale). Les lésions ano-génitales sont les plus fréquentes dans le cadre de cette épidémie extra-africaine⁸.

L'incubation de la maladie serait de 5 à 21 jours. La phase de fièvre dure environ 1 à 3 jours. La maladie, généralement bénigne, guérit le plus souvent spontanément, au bout de 2 à 3 semaines. Une personne malade est contagieuse dès l'apparition des symptômes et jusqu'à la cicatrisation complète de la peau lésée. La transmission en l'absence de symptômes n'a jamais été documentée (Grant *et al.* 2020).

⁶ Termes relatifs aux aliments et transmission alimentaire : « *bread, dairy products, eggs, fast foods, flour, fruit, meal, meat, raw foods, salads, vegetables, food, digestive tropism, gastrointestinal, intestine, digestive, feces, stool, fecal* » [Lien hypertexte vers la requête PubMed](#)

⁷ Aussi mentionné par « orthopoxvirose simienne » ou « orthopoxvirose du singe »

⁸ <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2022/un-premier-cas-confirme-de-monkeypox-sur-le-territoire-national>

Les *Poxviridae* se caractérisent par un tropisme tissulaire marqué pour la peau et les muqueuses. Le MPXV peut être transmis de façon directe, par contact cutané ou muqueux avec un individu infecté, ainsi que par les gouttelettes contaminées par des lésions muqueuses (salive, éternuements, postillons, baiser...). L'épidémie de mai 2022 suppose également une transmission au cours de contacts intimes et sexuels mais la transmission par le liquide séminal ou le sperme n'est pas établie à ce jour (Otu *et al.* 2022).

Une autre voie de transmission directe du MPXV est la voie respiratoire, également déjà connue pour le virus de la variole humaine (VARV) et d'autres poxvirus (Diaz 2021). Il existe une transmission materno-foétale-périnatale possible avec formes graves du nouveau-né (Mbala *et al.* 2017).

La transmission du MPXV peut également se faire de manière indirecte via l'environnement contaminé par le malade (literie, vêtements, vaisselle, linge de bain...). Ainsi, le premier cas autochtone identifié en 2018 au Royaume-Uni concerne une aide-soignante très probablement contaminée par les draps d'un malade atteint de MPX (Vaughan *et al.* 2020). Adler *et al.* (2022) mentionnent également trois cas dans un cluster familial, au Royaume-Uni. Une revue systématique suggère un taux d'attaque secondaire d'environ 8 % (intervalle de 0 à 11 %) chez les contacts familiaux non vaccinés (Beer et Rao 2019).

Des complications peuvent survenir : surinfection cutanée, kératite en cas de lésion oculaire, atteintes pulmonaire, digestive, neurologique, infection généralisée en cause dans la létalité.

3.2 Évaluation descendante : preuves de cas d'infection par le virus du Monkeypox (MPXV) d'origine alimentaire chez l'Homme (viande de brousse)

L'analyse des différentes épidémies de MPX permet d'identifier deux sources d'infection pour l'Homme : animale ou humaine. Les épidémies sont classiquement initiées à partir d'une source animale puis s'ensuivent des cas de transmission interhumaine (Bunge *et al.* 2022). Dans les deux situations, un véhicule de la transmission peut être l'ingestion de viande d'un animal contaminé.

Le contact avec le ou les réservoirs animaux et/ou des animaux hôtes de liaison (certains sciuridés, rongeurs, ou d'autres espèces, voir annexe 2), vivants ou morts, souvent lors de la chasse et de la préparation de viande de brousse comme nourriture, est un mode présumé d'infection par le MPXV (Durski *et al.* 2018).

Les données établissant le lien entre la préparation ou la consommation de l'aliment, et l'apparition de la maladie sont très rares (Simpson *et al.* 2020), mais plusieurs études laissent envisager qu'une contamination par ingestion de viande d'animaux infectés est possible (Reynolds *et al.* 2019; Yong *et al.* 2020).

L'annexe 3 recense les cas ou épidémies pour lesquels le rôle de l'aliment contaminé a été suspecté. Cette liste a été établie à partir de revues systématiques (Brown et Leggat 2016; Bunge *et al.* 2022) et des recherches bibliographiques réalisées par le GECU. De 1970 à juin 2022, 20 épidémies ont été recensées qui font mention d'une possible transmission par un aliment contaminé. L'analyse de ces données montre qu'aucun aliment, autre que la viande de brousse, n'a été identifié ou suspecté comme étant associé aux cas humains de MPX (Annexe 3). Dans la majorité des études listées, il est difficile de distinguer le véhicule de la contamination, les personnes pouvant être contaminées par la manipulation des animaux morts et/ou leur consommation.

Aucune de ces références n'a fourni d'information robuste pour étayer la possibilité d'une transmission alimentaire avérée du MPXV, ni de sa présence dans d'autres aliments que la viande de brousse. On peut donc conclure que les aliments autres que la viande de brousse n'ont jamais été identifiés comme étant associés aux cas humains de Monkeypox dans aucun des foyers signalés.

L'ingestion d'aliments contaminés ne peut cependant être exclue en tant que modalité d'exposition dans les infections naturelles, bien que cela n'ait jamais été directement observé.

3.3 Évaluation ascendante du risque de transmission du virus du Monkeypox par des aliments

Le GECU a adopté une démarche similaire à celle appliquée par l'EFSA dans le cadre de l'évaluation ascendante des risques associés à un virus zoonotique (*European Food Safety Authority* 2014). La démarche est présentée sur la figure 1 et résume la série d'étapes nécessaires pour qu'un seul cas de MPX survienne à cause d'aliments (autres que la viande de brousse) contaminés par le MPXV.

La suite d'événements nécessaires comporte de nombreux obstacles : 1) l'aliment brut doit être contaminé naturellement par le MPXV ou contaminé par un manipulateur ; 2) l'aliment doit contenir un virus viable lorsqu'il arrive au consommateur ; 3) la personne doit être exposée au virus (par voie orale ou par contact) ; et 4) la personne doit être infectée après l'exposition. Les différentes étapes de ce parcours sont décrites ci-dessous. Il convient de noter que toutes les étapes sont nécessaires ; si la réponse à l'une des questions de l'une des étapes est « non », la probabilité que le cas de MPX se produise est nulle.

Risque de transmission humaine du virus MPXV à la suite de manipulation ou de la consommation d'aliments (autres que la viande de brousse)

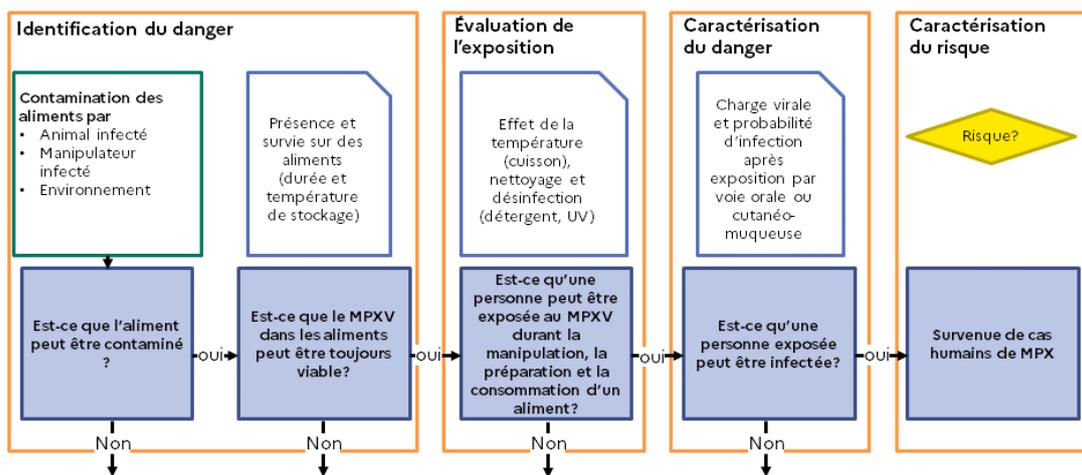


Figure 1. Démarche d'évaluation ascendante du risque utilisée pour répondre à la question de la saisine.

3.3.1 Potentielles sources de contamination des aliments

La première étape de l'identification du danger concerne la possibilité de contamination des aliments. Les aliments produits dans des zones où le MPXV circule (soit dans la faune sauvage, soit dans la population humaine, soit dans les deux) pourraient être contaminés de

plusieurs manières : à la source (animal infecté), par l'environnement (effluent, faune sauvage), ou par un opérateur transformant ou préparant un aliment.

3.3.1.1 Aliment produit à partir d'un animal infecté

L'analyse des épisodes (annexe 3) a montré que certains cas de MPX sont imputés à la consommation d'animaux sauvages. Il est donc possible que la viande de brousse puisse être naturellement contaminée par le MPXV.

En France, la consommation de viande de brousse repose sur une introduction illégale. L'importation illégale de denrées alimentaires d'origine animale (DAOA) est soit un acte délibéré, soit un acte non intentionnel. Les importations illégales de petites quantités par les particuliers peuvent être destinées à un usage personnel, alors que des quantités plus élevées pourraient être distribuées par des détaillants ou vendues sur des marchés à des fins commerciales (Jansen *et al.* 2019). Les contrôles aux frontières, réduisent l'afflux illégal de DAOA dans l'UE sans pour autant pouvoir totalement l'éviter. Plusieurs études ont montré que parmi les DAOA importées illégalement, les viandes d'animaux potentiellement réservoirs de virus zoonotiques étaient parfois identifiées (Smith *et al.* 2012; Bair-Brake *et al.* 2014; Beutlich *et al.* 2015).

En se basant sur 1) le nombre limité de foyers suspectés de MPX à ce jour en zone endémique et enzootique (annexe 3) (malgré la consommation courante de viande de brousse) ; 2) la manipulation de la viande de brousse en France, qui n'implique pas de pratiques à haut risque (telles que la chasse et le dépeçage (Chastel et Charmot 2004)) ; 3) les techniques de préparation (telles que des cuissons longues) et 4) la faible consommation globale supposée de viande de brousse en France, les experts du GECU supposent que le potentiel d'introduction et de transmission du MPXV via la viande de brousse en France est actuellement très faible. Une meilleure connaissance des données associées à l'importation des viandes de brousse en France (espèces concernées, origine géographique des viandes de brousse importées en France et volume importé) pourrait améliorer l'estimation de ce risque.

S'agissant des animaux de production, une étude de portée limitée a concerné 120 petits ruminants dans un milieu agro-forestier où le virus et/ou des anticorps anti-MPXV avaient été mis en évidence chez des humains et des écureuils, avec des résultats négatifs (Khodakevich *et al.* 1988).

Concernant les bovins, l'état des connaissances d'après Haddad (2022) montre une absence de données expérimentales sur la réceptivité et la sensibilité au MPXV chez les ruminants, ainsi que sur l'infection en conditions naturelles. Aussi, les ruminants sont à considérer comme une source hypothétique de transmission en cas d'infection.

Les lapins se sont avérés sensibles par voie sous-cutanée tout en se rétablissant s'ils sont adultes, sauf dans une étude portant sur des lapins albinos, chez lesquels un gonflement est apparu au point d'inoculation, suivi sept jours plus tard d'une éruption cutanée avec évolution vers la mort (Parker et Buller 2013). Les lapereaux nouveau-nés sont particulièrement sensibles à l'infection. En revanche, aucune donnée sur l'infection des lagomorphes par du MPXV en conditions naturelles n'est disponible.

En l'absence de connaissances sur la transmission aux animaux de production, il est recommandé d'appliquer des mesures de prévention : les humains malades doivent éviter tout contact avec les animaux. Si le respect de cette consigne s'avérait impossible, le port d'EPI serait alors indispensable. Afin de limiter le possible transfert du MPXV aux animaux, il est intéressant de rappeler que les déchets de cuisine et de table (épluchures et autres chutes de denrées alimentaires produites pendant la conception des repas, et les « restes » des assiettes après consommation) sont considérés comme des sous-produits animaux de catégorie 3 et ne peuvent donc pas être destinés directement à l'alimentation animale sans traitement (règlement CE n° 1069/2009 article 10).

En l'état actuel des connaissances, la possible contamination des denrées alimentaires d'origine animale (DAOA) à partir d'un animal infecté a été exclue.

3.3.1.2 Opérateur transformant ou préparant un aliment

Dans le cadre de cette saisine qui concerne un virus circulant activement au sein de populations humaines, une des sources potentielles identifiées est la contamination des aliments par les manipulateurs infectés. Il serait alors possible qu'un opérateur infecté et symptomatique impliqué dans la transformation ou la préparation d'aliment contamine des aliments avec le MPXV. Ces aliments pourraient être mis à la vente et consommés.

Le risque de transmission dépendrait de la phase de la maladie humaine chez le manipulateur d'aliments infecté. La transmission est considérée comme négligeable avant l'apparition des symptômes (Grant *et al.* 2020). Une exposition longue mais de faible intensité pourrait entraîner une infection sans signe clinique visible (Reynolds *et al.* 2010).

Chez les humains, les niveaux les plus élevés d'excrétion virale sont observés dans les vésicules et dans les croûtes sèches, bien que la quantité de virus excrétée par les personnes malades varie. Au cours de cette épidémie, les premières informations relatives au diagnostic de cas récents ont permis de mettre en évidence des Ct⁹ de 20 à 32 (soit de 10^{8,3} à 10^{5,3} copies génomes/ml ou 10^{6,6} à 10^{3,6} UFP/ml¹⁰), dans les prélèvements de lésions cutanées et dans les prélèvements oraux et nasopharyngés, confirmant une excrétion par les voies naso et oropharyngées.

Chez le macaque crabier, les charges virales dans le sang augmentent rapidement au cours de la maladie, de 10³ à 10⁸ génomes/ g de tissu en moins de 14 jours (Jordan *et al.* 2009). Si les charges virales dans les lésions sont supérieures à celles de la peau sans lésion, cette dernière présente néanmoins des charges en génomes élevées (Tableau 1). Ce constat a été également fait chez la chèvre infectée par un *Capripoxvirus* (un genre différent de virus de la famille des *Poxviridae*) (Bowden *et al.* 2008). Chez les macaques témoins exposés à 10⁶ et 10⁷ UFP de MPXV par voie intratrachéale, les charges virales dans les écouvillons de gorge

⁹ La valeur de Ct est une mesure relative de la concentration de la cible virale. Elle correspond au nombre de cycles de qPCR nécessaires pour atteindre un seuil. Ainsi, les valeurs de Ct sont inversement proportionnelles aux charges virales.

¹⁰ UFP : unité formant plaques

ont augmenté rapidement, atteignant des niveaux maximaux au 11^e jour, avec des charges d'environ 10³ UFP/ml (Stittelaar *et al.* 2005).

Récemment, le génome du MPXV a été détecté dans les selles de patients (Antinori *et al.* 2022) ce qui peut suggérer une excrétion fécale. Patrono *et al.* (2020) avaient déjà observé une telle excrétion chez le chimpanzé en situation de foyer naturel d'infection.

Tableau 1 - Charges virales dans des tissus ou sécrétions d'animaux infectés par deux *Poxviridae* différents (MPXV et GTPV)

| Espèce | Souche infectante Exposition Mesures | Tissus / matrice | Charges dans les tissus | Référence |
|--|---|------------------------|--|---------------------------------|
| Macaque crabier (<i>Macaca fascicularis</i>) | MPXV - Zaire 79 Intraveineuse Dose: 5x10 ⁷ PFU Mesure 3 jours après infection | Sang | 1,1x10 ⁴ génomes/ g de tissu | (Jordan <i>et al.</i> 2009) |
| | | Peau - Lésion | 1,4x10 ⁷ génomes/ g de tissu | |
| | | Peau - Normale | 1,5x10 ⁶ génomes/ g de tissu | |
| | Dose : 10 ⁶ PFU | Écouvillon de gorge | < 3 log ₁₀ PFU/ml | (Stittelaar <i>et al.</i> 2005) |
| | Dose : 10 ⁷ PFU | | ~3 log ₁₀ PFU/ml | |
| Chèvre | <i>Capripoxvirus</i> (Indian GTPV) Intradermal Dose 10 ^{4.4} TCID ₅₀ Mesures entre 4 et 13 jours après inoculation (animaux témoins) | Peau - Normale | Entre 2,7 et 4,4 log ₁₀ TCID ₅₀ /g | (Bowden <i>et al.</i> 2008) |
| | | Peau - Lésion (Macule) | < 2,7 log ₁₀ TCID ₅₀ /g | |
| | | Peau - Lésion (Papule) | Entre 5,2 et > 7,2 log ₁₀ TCID ₅₀ /g | |
| | | Muqueuse nasale | Entre < 2,7 et 3,2 log ₁₀ TCID ₅₀ /g | |

La contamination des denrées alimentaires par un manipulateur malade ne peut être exclue. Un humain excréteur du virus peut contaminer les aliments par contact avec des mains souillées (par exemple en présence de lésions) ou dans le cas de mauvaises pratiques d'hygiène (excrétion oro ou naso pharyngée). Une possible contamination fécale par le MPXV n'est pas exclue.

Les experts du GECU soulignent le manque de données concernant les charges virales excrétées par les différents tissus, et qu'au vu des données chez les animaux, une incertitude existe concernant une excrétion par la peau sans lésions visibles d'un humain malade. L'absence de connaissances sur une possible excrétion du MPXV chez des personnes pré-symptomatiques ou post-symptomatiques, et sur la possible existence de cas asymptomatiques, sont également des limites à cette analyse.

3.3.1.3 Environnement

Une étude a montré que du matériel génétique du MPXV pouvait être retrouvé dans les produits de régurgitation/défécation de mouches s'étant posées sur ou nourries de fèces de chimpanzés infectés naturellement (dont 1 échantillon avec du virus infectieux) (Patrono *et al.* 2020).

Les bonnes pratiques d'hygiène habituellement en place (lutte contre les insectes et les nuisibles) sont suffisantes pour éviter la contamination théorique des aliments par cette source.

Les experts du GECU supposent que la contamination de l'environnement (en industrie agroalimentaire, en restauration ou à domicile) ne peut survenir que par le biais de personnes infectées excrétrices, notamment par le biais des contacts avec les lésions, les croûtes et des sécrétions naso ou oro-pharyngées.

3.3.1.4 Conclusion sur les sources de contamination des aliments par le MPXV

En l'état actuel des connaissances, la contamination possible des denrées alimentaires d'origine animale (DAOA) à partir d'un animal infecté a été exclue. Les mesures habituelles de lutte contre les nuisibles (insectes, rongeurs) permettent de maîtriser le risque très hypothétique de contamination de l'environnement et des denrées alimentaires par les insectes.

La contamination des denrées alimentaires par un manipulateur malade ne peut être exclue. Un humain excréteur du virus peut contaminer les aliments par contact avec des mains souillées (par exemple en présence de lésions) ou dans le cas de mauvaises pratiques d'hygiène (excrétions oro ou naso pharyngées). Les experts du GECU n'excluent pas une possible contamination fécale en cas d'hygiène insuffisante des mains.

La contamination de l'environnement en industrie agroalimentaire ou en restauration ne peut survenir que par l'intermédiaire de personnes infectées (notamment par des croûtes et des sécrétions oro ou naso pharyngées). Les cas confirmés doivent s'isoler à domicile, et peuvent disposer d'un arrêt de travail pour une durée de 3 semaines à partir de la date de début de des signes cliniques¹¹.

Les experts du GECU rappellent que les bonnes pratiques d'hygiène en agroalimentaire ou en restauration impliquent que les personnes présentant un symptôme cutané infecté (lésions, maladie de peau) ou des symptômes de gastro-entérite ne doivent pas manipuler les aliments (DILA 2015). Dans le contexte actuel, toute personne avec des symptômes évocateurs de MPX¹² (dont lésions, papules etc..) ne doit pas manipuler des aliments, doit consulter et se faire tester¹³, et en cas de résultat positif doit suivre les recommandations en vigueur.

Le Haut conseil de la santé publique estime dans son avis du 24 mai 2022 que les personnes contacts sont considérées comme indemnes d'infection en l'absence de symptômes (Haut Conseil de la Santé Publique 2022). Les experts du GECU estiment que les personnes contacts travaillant dans la restauration ou dans le secteur agroalimentaire doivent bénéficier d'une sensibilisation aux symptômes évocateurs du MPX, et doivent être invitées à suivre les recommandations en vigueur émises par le Haut Conseil de la santé publique.

De nouvelles connaissances relatives à la quantification des charges virales excrétées chez les personnes symptomatiques sans lésions, et relatives à l'excrétion possible du MPXV chez des personnes présymptomatiques, asymptomatiques et post-symptomatiques pourraient étendre le périmètre de ces recommandations aux personnes infectées mais ne présentant pas de lésions au contact des aliments.

¹¹ Voir définitions des cas : <https://www.santepubliquefrance.fr/media/files/maladies-a-declaration-obligatoire/definition-de-cas-cat-monkeypox>

¹² Voir au lien <https://www.coreb.infectiologie.com/UserFiles/File/monkeypox/fichedermatomkp-v9-juin22.pdf>

3.3.2 Présence et survie du MPXV dans les aliments

La présence et la survie du MPXV dans les aliments dépendent de la localisation du virus (en surface ou internalisé), de la charge virale initiale et des conditions de stockage.

Aucune information n'est disponible sur le potentiel du MPXV à survivre en surface ou au cœur des aliments. Il n'y a pas de données quantitatives concernant les charges virales initiales du MPXV qui pourraient se retrouver dans les aliments (voir point 3.3.1). En 2003, appuyé par les analyses épidémiologiques, le CDC supposait que le MPXV pourrait rester infectieux dans la viande de brousse (Food and Drug Administration & Centers for Disease Control and Prevention 2003).

Concernant les conditions de stockage, le virus MPXV reste stable en condition de réfrigération (4 °C) dans des milieux de laboratoire. Par extrapolation, le MPXV pourrait rester viable dans un aliment contaminé conservé au réfrigérateur.

En l'absence de données sur la survie du MPXV dans les aliments, la survie d'autres virus de la famille des *Poxviridae* a été explorée.

3.3.2.1 Survie d'autres virus de la famille des *Poxviridae* dans les matrices alimentaires

Les données sur plusieurs virus de la famille des *Poxviridae* montrent que les virus infectieux restent stables sur de longues durées aux températures de réfrigération. Essbauer *et al.* (2007) ont caractérisé la survie du virus de la vaccine (*Vaccinia virus* - VACV) et du virus de la variole humaine (*Variola virus* - VARV) dans plusieurs matrices alimentaires (pain, saucisse et salade). Les deux virus ont montré une stabilité de leur infectiosité sur 166 jours à 4,5 °C.

Dans le lait, le VACV reste stable dans le lait après 48 h de conservation à 4 °C (De Oliveira *et al.* 2010). Dans les fromages, il a été montré que ce virus était partiellement inactivé pendant l'affinage mais des virus infectieux ont été retrouvés dans les fromages même après 60 jours d'affinage (Rehfeld *et al.* 2017). De Oliveira *et al.* (2010) ont également montré que la congélation n'affectait pas l'infectiosité des virus (échantillons de lait à -20 °C).

Les données relatives au virus de la clavelée (*Sheep pox virus* - SPPV) et au virus de l'ecthyma contagieux (*Goat pox virus* - GTPV) montrent qu'ils sont stables dans les conditions de congélation (ILSI Europe Expert Group on Animal-Borne Viruses 2009).

Ainsi, certains exemples présentés ci-dessus suggèrent la présence et la survie des *Poxviridae* dans les aliments après leur stockage. La persistance des virus dépend de leur localisation (à la surface ou internalisé), de la charge virale initiale et des conditions de stockage (par exemple durée, température ou exposition aux rayonnements ultraviolets provenant de la lumière du soleil). En outre, les étapes de préparation de l'aliment en amont (par exemple, épluchage, rinçage) pourraient également influencer la survie du virus dans l'aliment ou le produit fini.

En conclusion, les charges virales initiales du MPXV qui pourraient se retrouver sur les aliments ne sont pas connues. Les données sur les différents virus de la famille des *Poxviridae* montrent qu'ils peuvent rester stables dans plusieurs matrices alimentaires, dans des conditions de réfrigération (4 °C).

3.3.3 Évaluation de l'exposition

Cette étape concerne la survie du MPXV lors de la préparation de plats avec des aliments contaminés ainsi que l'exposition au MPXV (probabilité et nombre de virus infectieux en contact ou ingérés), pendant la manipulation et la préparation (toutes deux effectuées par les consommateurs ou le personnel manipulant les aliments dans les cuisines immédiatement avant la consommation), ainsi que par la consommation d'aliments contaminés.

Il n'y a pas de données sur le MPXV pour répondre à cette question. Cependant, il est probable que la survie du virus dépende du mode et de la durée de transport et de stockage des aliments, de la manière dont ils sont manipulés et de la méthode de préparation des aliments. Concernant cette dernière, la cuisson devrait inactiver le MPXV dans les aliments bien cuits, mais les bonnes pratiques d'hygiène doivent être appliquées pour éviter une recontamination après la cuisson (par un manipulateur malade). *A contrario*, le MPXV pourrait survivre dans les produits consommés sans cuisson supplémentaire (i.e. légumes à feuilles mangés crus). Certaines pratiques, comme le séchage/déshydratation, le lavage ou l'épluchage des fruits et légumes, pourraient également réduire le degré d'exposition au MPXV. En outre, le risque de contamination croisée doit être pris en compte.

En l'absence de données sur le MPXV, les experts du GECU ont étudié les données disponibles pour la famille des *Poxviridae*.

3.3.3.1 Efficacité du traitement thermique

L'analyse de la littérature scientifique a permis d'identifier plusieurs études quantifiant l'impact de la température sur l'inactivation des *Poxviridae* (Annexe 4). Les données brutes issues de ces études ont été numérisées et les valeurs de réduction décimale (D, soit le temps nécessaire pour diviser par 10 la charge infectieuse) ont été ajustées pour 36 cinétiques sur une gamme de température allant de 30 à 65°C. La figure 2 représente les 36 valeurs de $\log_{10}(D)$ en fonction de la température.

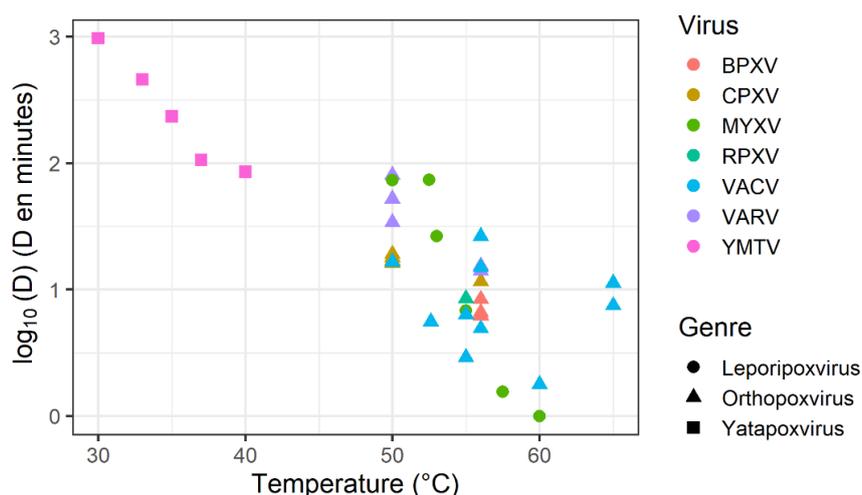


Figure 2. Bilan des données relatives aux valeurs de réduction décimale (D) observées à différentes températures pour 3 genres de virus appartenant aux *Poxviridae*. Les études associées sont détaillées dans le tableau en Annexe 4. Exemple de lecture : pour le Yatapoxvirus (YMTV, symbole carré rose), à la température de 40 °C, une durée de 2 \log_{10} min (soit 100 minutes) est nécessaire pour réduire d'un facteur 10 la charge infectieuse du virus.

La figure 3 montre l'ajustement du modèle secondaire du temps de réduction décimale (modèle de Bigelow). Il permet de quantifier l'impact de la température sur les valeurs de D. Les valeurs des paramètres ajustés permettent de prédire l'inactivation des virus de cette famille pour différentes températures.

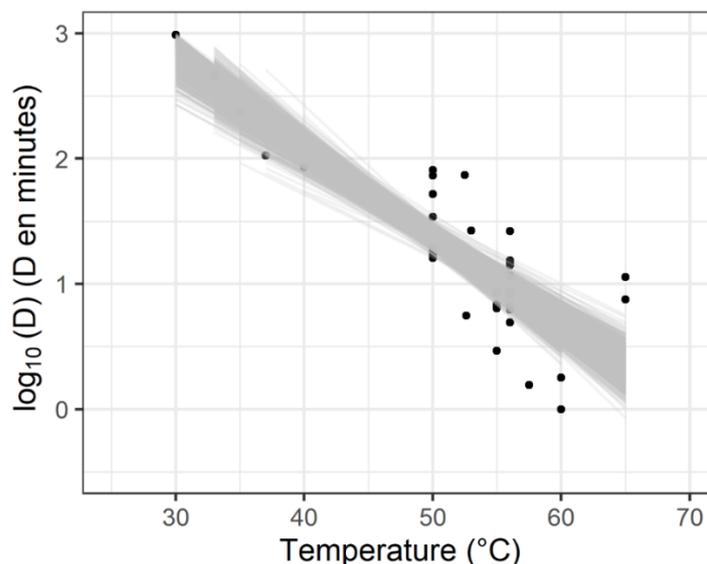


Figure 3. Valeurs observées (points) et ajustées du modèle de Bigelow (lignes grises correspondant au rééchantillonnage « bootstrap ») du temps de réduction décimale (échelle logarithmique en minutes) en fonction de la température pour les virus appartenant à la famille des *Poxviridae*.

Pour un critère de performance ciblé, c'est-à-dire la définition d'un nombre de réductions décimales à atteindre, il est possible à partir du modèle développé, de spécifier le couple temps-température à appliquer pour atteindre l'objectif. Le Tableau 2 fournit plusieurs exemples de couples temps-température permettant d'atteindre un abattement de 4 à 6 log₁₀ des virus appartenant aux *Poxviridae*.

Tableau 2 : Temps nécessaire (en minutes) à différentes températures pour atteindre des cibles de réductions décimales de 4 à 6 log₁₀. Les valeurs ont été calculées à partir du modèle secondaire de Bigelow avec des valeurs de log₁₀ D70=0,287 et Z=14,9 °C

| Température | 4 log ₁₀ | 5log ₁₀ | 6 log ₁₀ |
|-------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 50 °C | 169 min | 211 min | 253 min |
| 65 °C | 16,8 min | 20,9 min | 25,1 min |
| 70 °C | 7,8 min | 9,7 min | 11,6 min |
| 80 °C | 1,7 min | 2,1 min | 2,5 min |

3.3.3.2 Efficacité d'autres procédés

Les virus enveloppés font partie de ceux qui sont les plus simples à inactiver, les détergents endommageant leur enveloppe lipidique. Les *Poxviridae* sont sensibles aux désinfectants courants. L'ECDC¹⁴ indique que le nettoyage peut se faire à l'aide de produits ordinaires, suivi

¹⁴ European Centre for Disease Prevention and Control

d'une désinfection à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO)¹⁵ (*European Centre for Disease Prevention and Control 2022*).

Le Haut conseil de la santé publique, dans son avis du 24 mai 2022, précise plusieurs recommandations concernant les procédures d'hygiène et de nettoyage des mains. Pour les surfaces, « *les produits de nettoyage/désinfectants ménagers standard peuvent être utilisés conformément aux instructions du fabricant.* » (Haut Conseil de la Santé Publique 2022).

Concernant les ustensiles, il est précisé que « *la vaisselle et autres ustensiles de cuisine ne doivent pas être partagés. Il n'est pas nécessaire que la personne infectée utilise des ustensiles dédiés s'ils sont correctement lavés, au lave-vaisselle ou à la main avec de l'eau tiède et un détergent.* »

Les mesures habituelles de nettoyage et de désinfection des matériels et des locaux (notamment ceux d'hygiène réservés au personnel), sont efficaces sur le MPXV lorsque l'on applique les doses et temps d'action prévus pour obtenir une activité virucide.

Les experts du GECU précisent que certains matériels pouvant être au contact de personnes malades peuvent être difficiles à nettoyer et désinfecter (par exemple des gants de cuir pour la manipulation des plats chauds), et sont susceptibles d'être utilisés par plusieurs personnes. Il est donc recommandé que ces matériels ne soient pas utilisés. Ils peuvent être remplacés par du matériel facilement lavable en machine ou par trempage dans des solutions désinfectantes (torchons, maniques en silicone par exemple).

Le lavage des ustensiles et de la vaisselle au lave-vaisselle (> à 60°C) et du linge en lave-linge (> à 60 °C) permet d'éliminer le virus.

Par ailleurs, et de manière générale, les UV ont une action virucide efficace sur les virus transmissibles par voie alimentaire : ils altèrent le matériel génétique des virus. Le traitement des liquides transparents (ou opaques en écoulement turbulent) par des UV est particulièrement efficace. Concernant les aliments solides, l'irrégularité de la surface limite l'inactivation (Gómez-López *et al.* 2021). Concernant l'efficacité des UV, les *Orthopoxvirus* sont très sensibles à la lumière UV (*Centers for Disease Control and Prevention 2022*).

3.3.3.3 Conclusions sur l'évaluation de l'exposition

En conclusion, la cuisson (12 minutes à 70°C¹⁶) pourrait être considérée comme efficace pour inactiver le MPXV dans les aliments. Ainsi, un aliment contaminé qui n'aurait pas eu de traitement thermique suffisant (température et durée) ou cuit mais non protégé contre les recontaminations après cuisson peut être source d'exposition. Les procédures de nettoyage et de désinfection, si elles sont bien appliquées, peuvent être considérées comme suffisantes pour limiter les contaminations croisées par les surfaces.

¹⁵ Par exemple en diluant en 1/25 en utilisant l'eau de javel domestique (généralement à une concentration initiale de 2,6 % en France)

¹⁶ Ou toute autre valeur équivalente à la réduction de 6 log₁₀ présentée dans le tableau 2

3.3.4 Caractérisation du danger et tropismes du MPXV

Cette étape permet d'évaluer la probabilité qu'une personne soit infectée à la suite de la préparation, la manipulation d'aliments contaminés ou suite à la consommation d'un repas préparé avec de tels aliments.

Les populations les plus sensibles, c'est-à-dire les personnes ayant une probabilité plus forte que la moyenne de développer des symptômes ou les formes cliniques graves du MPXV après exposition au MPXV, sont les personnes immunodéprimées, les femmes enceintes et les jeunes enfants (Jezek *et al.* 1986; Doshi *et al.* 2019; Santé publique France 2022). Les enfants sont réputés présenter des formes plus sévères que les adultes (Huhn *et al.* 2005; Nakoune *et al.* 2017). Cette plus forte sensibilité des nouveau-nés et des jeunes est retrouvée chez les animaux infectés expérimentalement par le MPXV (Parker et Buller 2013).

Dans la littérature, le taux d'attaque secondaire (ou la probabilité de transmettre le MPXV à des personnes vivant avec une personne infectée) est de l'ordre de 10 % (Beer et Rao 2019), sans précision des voies d'exposition impliquées. Les experts du GECU estiment que ce taux d'attaque secondaire est sans doute non applicable à l'épidémie en cours.

Dans cette partie, l'étude portera sur la voie d'exposition orale (voie d'exposition principale dans le cas d'une contamination par un aliment). La voie d'exposition par contact cutanéomuqueux sera aussi examinée, assimilant ainsi l'aliment à une surface inerte.

3.3.4.1 Voie d'exposition par le système digestif

Si la viande de brousse est évoquée lors des investigations d'épisodes de MPXV, le tropisme digestif du MPXV n'est pas clairement établi. L'analyse de la littérature par les experts du GECU montre que des particules virales viables ou en cours de réplication peuvent être trouvées dans le système digestif d'humains malades ou d'animaux infectés présentant des signes cliniques ou non (Tableau 3).

Tableau 3 - Identification de particules virales viables ou en cours de réplication dans les tissus, organes ou matrices du système digestif chez des malades ou des animaux naturellement infectés (présentant des signes cliniques ou non)

| Espèce | Tissus ou échantillons du système digestif | Description | Année | Référence |
|--|---|---|-------|------------------------------|
| Humain | Foie | Fillette de 9 mois avec des symptômes variés dont hépatosplénomégalie, diarrhée, vomissements. L'analyse post-mortem du foie et de la rate par microscopie électronique a montré d'énormes quantités de particules virales matures dans le cytoplasme et les espaces intercellulaires du foie, (aucune cellule hépatique exempte de virus n'a pu être détectée, et différents stades de morphogénèse ont été observés, ce qui indique une réplication du virus). Des particules virales étaient également présentes dans la rate. Le MPXV a été isolé de ces tissus par culture de cellules Vero. | 1987 | (Müller <i>et al.</i> 1988) |
| Chimpanzé (<i>Pan troglodytes verus</i>) | Matières fécales | De l'ADN viral a été détecté dans 12,6 % des matières fécales de 19 individus (7 symptomatiques, 12 asymptomatiques) ; particules virales viables (cellule Vero) ont été trouvées dans un échantillon (sur 10 analysées), ce qui suggère que les matières fécales pourraient être une source de MPXV infectieux. | 2020 | (Patrono <i>et al.</i> 2020) |
| Chien de prairie (<i>Cynomys sp.</i>) | Bouche, trachée, lèvres, langue, œsophage, estomac, intestin, côlon, foie, rein | Les lésions dans le système digestif concernaient des ulcères buccaux et des plaques multifocales dans la paroi gastro-intestinale, de nombreux ulcères de taille variable sur la langue et sur la surface de la langue et sur le palais dur. Des lésions nécrotiques multifocales étaient également présentes dans la trachée, les lèvres, la langue, l'œsophage, l'estomac, le jéjunum, le cœcum, le côlon, le foie, les reins. L'examen ultrastructural de l'intestin a révélé des agrégats de particules virales matures, non enveloppées, à l'état libre dans le cytoplasme de cellules dégénératives éparses. | 2004 | (Langohr <i>et al.</i> 2004) |

De manière plus générale, chez les malades, des lésions peuvent apparaître sur les tissus du système digestif. Ainsi, Meyer *et al.* (2002) mentionnent des lésions dans la bouche de trois enfants (1, 8 et 9 ans) et d'un adulte. Dans le contexte de la réémergence du MPXV en 2017, des ulcères buccaux sont mentionnés dans environ 36 % des 122 cas entre 2017 et 2018 (Yinka-Ogunleye *et al.* 2019). Les malades mentionnent parfois des symptômes spécifiques au système digestif. Lors de l'épisode survenu aux États-Unis en 2003, les patients ont présenté des symptômes gastro-intestinaux (Huhn *et al.* 2005). Dans le cadre de l'épidémie en cours (mai-juin 2022), les symptômes gastro-intestinaux ne sont pas particulièrement mentionnés¹⁷

Des lésions dans le système digestif ont été spécifiquement notifiées dans des études expérimentales d'inoculation du MPXV à des animaux. Parker et Buller (2013) ont effectué une revue des infections naturelles et expérimentales chez les animaux entre 1958 et 2012. Des signes cliniques liés au système digestif sont ainsi mentionnés après inoculation par voie intraveineuse chez le macaque rhésus (*Macaca mulatta*). Des lésions sont recensées dans divers tissus du système digestif, notamment chez le macaque crabier (*Macaca fascicularis*), dans l'estomac, dans l'intestin ou le foie, après une exposition par aérosol, ou encore dans l'estomac, dans l'intestin grêle, le colon, le rectum et le foie après exposition sous-cutanée.

En complément de cette revue, le GECU a identifié également des études expérimentales supplémentaires, chez des rongeurs, qui montrent également des lésions dans le système digestif (Tableau 4).

Tableau 4- Mentions de lésions dans le système digestif dans les études expérimentales d'inoculation du MPXV sur des rongeurs

| Espèce | Exposition | Commentaire | Année | Référence |
|---|--|---|-------|--------------------------------|
| Chien de prairie (<i>Cynomys ludovicianus</i>) | Voie intranasale MPXV Souche WA (MPXV-USA-2003-044) Dose : 4.3x10 ⁴ UFP/10 µL 5 µL par narine | La pathogénèse <i>in vivo</i> a été caractérisé par imagerie. Le MPXV a été visualisé dans plusieurs organes, dont la langue, la rate, l'estomac, reins, la vessie, le gros et petit intestin. | 2019 | (Weiner <i>et al.</i> 2019) |
| Écureuil à corde d'Afrique (<i>Funisciurus sp.</i>) | Voie intranasale (IN) et intradermique (ID) Souche Central African MPXV Dose 10 µL à 10 ⁶ UFP | Réplication et excréctions virales suivies par imagerie bioluminescente <i>in vivo</i> , culture virale et PCR en temps réel, viabilité par TCID50 / cellules Vero Réplication virale dans les zones buccale et nasale (jusqu'au 18 ^e jour pi.) Lésions histologiques multiples dont certaines aux lèvres et sur la langue. Aucune lésion attribuable au MPXV n'a été observée dans le foie, l'intestin grêle et le gros intestin, ou le pancréas | 2017 | (Falendysz <i>et al.</i> 2017) |

¹⁷ d'après les données de Santé publique France et les informations au lien <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2022/cas-de-variole-du-singe-point-de-situation-au-21-juin-2022>

Quelques études expérimentales ont également porté sur l'inoculation du MPXV à des animaux par voie orale (Tableau 5). Les cochons d'Inde, hamsters dorés et les lapins adultes n'ont pas présenté de signes apparents de maladie. Les lapereaux, souris blanches et écureuils communs ont, quant à eux, développé des signes de la maladie pouvant aller jusqu'à 100 % de létalité.

Tableau 5 - Etudes expérimentales d'inoculation du MPXV sur des animaux par voie orale (d'après Hutson et Damon (2010))

| Espèce | Exposition | Commentaire | Année | Référence |
|---|---|--|-------|----------------------------------|
| Cochons d'Inde | Souche : MPXV Copenhague Dose inconnue | Par voie orale, les cochons d'Inde, malgré de fortes doses de virus, ne présentent aucun signe apparent de maladie (absence de sensibilité). | 1976 | (Marennikova et Seluhina 1976) |
| Hamsters dorés | Souche : MPX Copenhague Dose : 1,5 – 5,7x10 ⁷ UFP / 2 mL | Par voie orale, les hamsters dorés, malgré de fortes doses de virus, ne présentent aucun signe apparent de maladie (absence de sensibilité). | | |
| Lapins | Souche : MPXV Copenhague Dose : 1,4x10 ⁹ UFP / 2 mL | Les lapins adultes ne présentent aucun signe observable de la maladie après administration orale de MPXV (alors qu'une maladie aiguë, ainsi qu'une éruption cutanée généralisée, ont été observées par voie intraveineuse). Les lapins de 10 jours infectés avec une dose de virus d'environ 10 ⁶ -10 ⁷ PFU par ml ont développé un processus aigu généralisé avec éruption cutanée. | | |
| Souris blanches | Souche : MPXV Copenhague Dose inconnue | Les souris de 12 jours infectées <i>per os</i> ont été malades et sont mortes dans 14 % des cas. | | |
| Écureuils communs (<i>Sciurus vulgaris</i>) | Souche : MPXV Z-249 Dose : 10 ⁶ UFP | La maladie est survenue plus tôt chez les animaux infectés par voie orale ou intranasale que chez ceux infectés par scarification. L'infection a été létale dans 100 % des cas à 7 ou 8 jours après infection, quelle que soit la voie d'inoculation. | 1989 | (Marennikova <i>et al.</i> 1989) |

Lors de l'ingestion d'un aliment contaminé et de l'arrivée dans le tube digestif, le MPXV devrait être inactivé par le pH acide de l'estomac. L'effet des conditions acides sur la stabilité du MPXV a été testé : une diminution de l'ordre de 4 log₁₀ a été notifiée sur les cultures de tissus à pH 2 (<10¹ UFP/ml par rapport à 3.5x10⁵ UFP/ml à pH 7) (Rouhandeh *et al.* 1967). Le pH de l'estomac peut varier en fonction de la présence ou de l'absence d'absorption d'aliments. Les aliments pourraient néanmoins procurer une protection vis-à-vis de l'inactivation du virus par les acides gastriques.

Les éléments présentés ci-dessus suggèrent une possible propagation du MPXV dans les différents organes du système digestif chez les animaux. Il n'est pas possible de caractériser quantitativement le danger d'exposition au MPXV par voie orale (manque de données telles que la charge virale excrétée par les personnes malades ou celle initiale introduite dans les aliments ou encore absence de connaissance de la dose-réponse¹⁸ par voie orale). Les données suggérant un tropisme digestif du MPXV chez l'humain sont peu nombreuses, cependant les experts du GECU n'excluent pas une possible transmission du MPXV par voie orale.

¹⁸ Pour un effet donné, relation entre la dose et la réponse, c'est-à-dire la probabilité de la manifestation de cet effet, dans la population

3.3.4.2 Exposition par contact cutané muqueux

D'après les observations épidémiologiques, la transmission interhumaine repose sur un tropisme cutané-muqueux à la suite d'un contact direct avec la peau (pouvant inclure des microlésions) ou les sites muqueux comme portes d'entrée pour initier l'infection chez les humains.

Les observations épidémiologiques montrent que la transmission du MPXV peut se faire de manière indirecte via les objets contaminés par le malade (tels que la literie, vêtements, vaisselle, linge de bain...). Au vu des éléments présentés précédemment, les aliments contaminés peuvent être assimilés à des surfaces inanimées. Cela concerne en particulier les aliments préparés (crus ou insuffisamment cuits), ou les aliments cuits qui auraient été contaminés par un opérateur ou consommateur qui ne respecte pas les bonnes pratiques d'hygiène.

ECDC recommande d'éviter de partager tout article ménager avec d'autres personnes. Si l'isolement total n'est pas possible, il faut alors appliquer rigoureusement les bonnes pratiques d'hygiène : le MPXV est capable de survivre sur des surfaces ou d'autres fomites pendant de longues périodes (de quelques jours à quelques mois) (*European Centre for Disease Prevention and Control 2022*).

En l'état des connaissances actuelles, les experts du GECU ne peuvent exclure la transmission du virus par un aliment contaminé par du MPXV par voie cutané-muqueuse.

Les experts soulignent un manque de données ne permettant pas la caractérisation du danger par exposition cutanée, notamment pour ce qui concerne la charge virale excrétée par les personnes malades, la charge virale initiale sur les surfaces au contact des malades (et dans les aliments en particulier) ou la dose-réponse¹⁸ par voie cutanée. En dehors du contexte de la préparation des aliments, ces éléments sont essentiels pour évaluer la transmission de manière indirecte, par des surfaces inertes.

Les experts du GECU soulignent la nécessité d'insister sur l'application des mesures de maîtrise et des bonnes pratiques d'hygiène mentionnées précédemment pour limiter la contamination des aliments durant leur préparation (voir éléments du paragraphe 3.3.1).

3.3.4.3 Conclusion sur la caractérisation du danger

En conclusion, lorsque des aliments crus contaminés par le MPXV sont ingérés par des humains, il est possible que l'infection soit initiée par le contact du virus avec les tissus oro-pharyngés, en fonction de la quantité de virus infectieux absorbée, et de la présence de lésions muqueuses pré-existantes.

Cependant, les experts du GECU précisent que les autres voies d'infection (cutanée, muqueuses...) semblent bien plus efficaces que la voie orale.

Les experts soulignent également le manque de données empêchant de mieux caractériser le danger par exposition orale ou exposition cutanée. En particulier, la relation dose-réponse¹⁸ du MPXV par voie orale n'est pas connue.

3.3.5 Caractérisation du risque

Cette étape a pour but d'estimer la probabilité de survenue d'au moins un seul cas humain d'infection par le MPXV en France, dû à sa transmission par des aliments (autres que la viande de brousse) contaminés. La portée de l'évaluation a été limitée au risque de transmission du MPXV à des personnes, résultant de la manipulation et de la préparation (effectuées par les consommateurs ou le personnel manipulant les aliments dans les cuisines immédiatement avant la consommation) ainsi que de la consommation d'aliments contaminés pour lesquels des cas d'infection par le MPXV ont été confirmés.

Le manque de données et de connaissances sur l'ensemble des étapes de l'évaluation ascendante entraîne une très grande incertitude, dont le tableau 6 synthétise les sources. Ainsi, il n'est pas possible d'estimer le risque de transmission alimentaire du MPXV lié à la consommation de ces aliments, ni même si ce mode de transmission peut se produire.

Tableau 6 - Analyse des sources d'incertitude concernant les étapes de l'évaluation ascendante des risques de transmission du MPXV par les aliments

| Phase de l'appréciation des risques | Sources d'incertitude | Choix effectué | Informations disponibles expliquant le choix | Amplitude de l'impact sur le résultat (faible, fort ou non qualifiable) | Direction (sur/ sous estimation ou non qualifiable) |
|--|--|---|--|---|---|
| Potentielles sources de contamination des aliments | La transmission par un véhicule alimentaire n'est pas démontrée mais simplement suspectée. Les charges virales excrétées par une personne malade sont inconnues. Informations inconnues sur une possible excrétion pré- ou post symptomatique. Incertitude sur la présence de personnes asymptomatiques | Le GECU a considéré malgré l'absence de démonstration que le MPXV était potentiellement transmissible par les aliments | L'annexe 3 liste les études évoquant la possible transmission alimentaire de MPXV | Fort | Surestimation |
| Appréciation de l'exposition | Absence de données spécifiques au comportement de MPXV (sur la nouvelle souche en particulier) dans les aliments (dans les conditions de conservation ou de préparation des aliments). | Le GECU a exploré les données sur d'autres virus appartenant à la famille des <i>Poxviridae</i> | En évaluation des risques microbiologiques, il est usuel de considérer les données de micro-organismes proches de celui évalué | Non quantifiable | Non quantifiable |
| Caractérisation du danger | Absence de relation dose-réponse disponible pour le MPXV par voie orale ou par voie cutanéomuqueuse | Le GECU a rappelé les données disponibles relative au MPXV permettant de montrer une exposition au danger par voie orale. | Études expérimentales listées dans la section 3.3.4 | Fort | Non quantifiable |
| Caractérisation du risque | | Le GECU est resté sur une appréciation qualitative des risques | Impact des trois autres composantes de l'évaluation des risques | Fort | Surestimation |

Néanmoins, l'expertise révèle qu'il n'y a pas de preuve à l'appui du mode d'infection du MPXV par les aliments : chez les humains, aucun cas n'a été documenté en dehors de suspicions liées à la consommation de viande de brousse.

La séquence d'événements nécessaires (Figure 1) pour arriver à un cas, comporte de nombreuses conditions :

- 1) l'aliment doit être contaminé par le MPXV ;
- 2) l'aliment doit contenir du virus viable lorsqu'il arrive au manipulateur ou au consommateur ;
- 3) la personne doit être exposée au virus et ;
- 4) la personne doit être infectée après l'exposition.

Chacune de ces étapes est nécessaire pour qu'un cas de maladie survienne.

Si la transmission du MPXV par voie alimentaire était confirmée à l'avenir, le risque de contracter une infection par le virus MPXV par manipulation ou la consommation d'aliments contaminés serait considéré comme plus élevé si les aliments ont été produits ou consommés dans des conditions qui augmentent la probabilité de contamination, par exemple :

- personnel malade excréteur du MPXV qui manipule ou prépare des aliments ;
- mauvaises pratiques d'hygiène ;
- contact avec de la viande brousse contaminée au MPXV et/ou d'espèces connues sensibles ;
- végétaux récoltés dans des zones habitées par des animaux sauvages infectés et excréteurs ;
- consommation d'aliments contaminés crus ou insuffisamment cuits, et, en particulier pour les végétaux sans être lavés ou épluchés ;
- durées et températures de stockage favorables à la survie du virus au long de la chaîne alimentaire.

Quelques mesures et l'application de bonnes pratiques d'hygiène peuvent néanmoins limiter préventivement la contamination de l'aliment dans les zones de production alimentaire ou au domicile (voir Tableau 7).

Tableau 7 - Exemples de mesures préventives en fonction des différents scénarios de contamination d'une denrée alimentaire par du MPXV en France

| Scénario | Probabilité du scénario | Mesures préventives |
|---|-------------------------|---|
| Contamination d'une denrée alimentaire provenant d'un animal sauvage infecté (viande de brousse) | Possible | Interdiction d'import de viande de brousse |
| Contamination d'une denrée alimentaire provenant d'un animal de production infecté en France (passage de l'Homme à l'animal de production). | Peu probable | Les cas confirmés, notamment ceux travaillant au contact d'animaux en exploitation agricole ne doivent pas avoir de contact avec des animaux pendant l'existence de symptômes. (isolement, arrêt de travail, maladie à déclaration obligatoire) Sensibilisation des personnes contacts travaillant au contact des animaux aux et présentant des symptômes évocateurs du MPX |
| Contamination d'une denrée alimentaire par un personnel infecté symptomatique (serveur, cuisinier, traiteur, boucher, charcutier, pâtissier, fromager, personnel de l'industrie agroalimentaire, ouvrier de maintenance dans ce secteur...) | Possible | Les cas confirmés et probables en cuisine ou industrie agroalimentaire ne doivent pas être en contact avec les denrées alimentaires ou leur environnement de production (isolement, arrêt de travail, maladie à déclaration obligatoire) Sensibilisation des personnes contacts présentant de symptômes évocateurs du MPX Le personnel médical devrait porter attention aux cas confirmés et personnes contact travaillant dans la restauration et les industries agroalimentaires (suggestion de mise à jour de la fiche COREB) Pour les cas suspects, les personnes contacts, ou encore non diagnostiquées, les bonnes pratiques d'hygiène (hygiène des mains, port de masque et de gants pour manipuler les aliments, utilisation d'ustensiles non partagés, nettoyage et désinfection des matériels et des locaux et locaux d'hygiène, lutte contre les nuisibles) permettent de limiter le risque de transmission. La cuisson (par exemple 70 °C, 12 min) détruit le MPXV. Une information ciblée au personnel de cuisine notamment ceux travaillant au profit des crèches et des classes de jeunes enfants doit être réalisée par les pouvoirs publics (DDPP, organismes de formation, laboratoires d'analyse) (suggestion de mise à jour fiche COREB). L'élimination des déchets de cuisine et de table ¹⁹ doit se faire dans des conditions réglementaires. Il est interdit de donner ces déchets à des animaux. |
| Contamination d'une denrée alimentaire par une personne infectée symptomatique (préparation et consommation au domicile ou consommation de repas à l'extérieur) | | Les cas confirmés doivent s'isoler (pas de repas collectif) Ils doivent éviter de préparer les repas pour d'autres personnes. Il est préférable de se faire remplacer. En cas d'impossibilité, une vigilance accrue est nécessaire sur l'hygiène des mains, le port de masque et de gants et de tenues couvrant les lésions. Préférer des portions individuelles et limiter le self-service. Ne pas toucher les aliments avec les mains et utiliser des ustensiles pour le service. La vaisselle et autres ustensiles de cuisine ne doivent pas être partagés, et doivent être bien lavés (lave-vaisselle ou à la main avec de l'eau tiède et un détergent) L'élimination des déchets de cuisine et de table ⁹ doit se faire dans des conditions réglementaires. Il est interdit de donner ces déchets à des animaux. |

3.3.6 Conclusions du GECU Monkeypox-Alimentaire

Dans cette évaluation, les approches « descendante » (l'approche fondée sur la surveillance des épisodes) et « ascendante » (en suivant l'agent tout au long de la chaîne alimentaire pour évaluer le risque pour la santé humaine) ont été combinées.

Les conclusions des approches descendante et ascendante sont cohérentes et suggèrent que le risque de transmission du MPXV par des aliments (autres que la viande de brousse) reste

¹⁹ Les déchets de cuisine et de table concernent les épluchures et les chutes des denrées alimentaires produites pendant la conception des repas, ainsi que les « restes » des assiettes après consommation.

une hypothèse et qu'une telle occurrence n'a jamais été rapportée, ainsi la relation entre la consommation des aliments et la transmission du MPXV n'a jamais été démontrée. Les experts du GECU rappellent néanmoins le manque de données ne permettant pas d'évaluer quantitativement le risque de transmission du MPXV par les aliments.

L'approche « descendante » a d'abord conclu que la viande de brousse a été suspectée comme source de MPXV dans des cas humains de MPX. Les aliments (autres que la viande de brousse) n'ont quant à eux jamais été identifiés comme étant associés aux cas humains de MPX dans aucun des épisodes recensés.

L'approche « ascendante » a permis ensuite de conclure que la séquence d'événements nécessaires, pour qu'un cas humain soit malade après manipulation ou consommation d'un aliment, comporte de nombreuses conditions, à savoir que 1) l'aliment brut soit contaminé par le MPXV ; 2) l'aliment contienne un virus viable lorsqu'il arrive au manipulateur ou au consommateur ; 3) la personne soit exposée au virus et 4) la personne soit infectée après l'exposition.

Les experts du GECU rappellent que les mesures d'isolement des cas humains confirmés, ainsi que l'application des bonnes pratiques d'hygiène diminue les probabilités d'occurrence de ces conditions à la transmission du MPXV par les aliments. La cuisson (e.g. 12 min à 70 °C) pourrait être considérée comme efficace pour inactiver le MPXV dans les aliments.

En raison du manque de données et de connaissances, qui entraîne une très grande incertitude, il n'est pas possible de quantifier le risque de transmission du MPXV lié à la manipulation ou à la consommation d'aliments contaminés. De nouveaux faits scientifiques, qui viendront compléter les connaissances sur ce virus, pourront modifier cette incertitude.

Il est également souligné que les bonnes pratiques d'hygiène en restauration ou en industrie agroalimentaire reposent aussi sur l'état de santé des opérateurs. Toute personne malade doit connaître l'importance de ne pas manipuler des aliments si elle présente des symptômes de gastro-entérite (diarrhée, fièvre, vomissements, maux de tête) mais aussi de tout cas de symptôme cutané infecté (lésions, maladie de peau ...). Dans le contexte actuel de l'épidémie à MPX, une sensibilisation vis-à-vis des symptômes évocateurs du MPX des personnes contacts travaillant dans la restauration et de l'industrie agroalimentaire pourrait limiter la contamination initiale de l'aliment.

4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions du GECU « Monkeypox – Alimentaire ».

Le risque de transmission du virus Monkeypox par les aliments, s'il n'a jamais été observé à ce jour (hormis pour la viande de brousse issue d'animaux contaminés), ne peut pas être exclu. La limitation de ce risque passe à la fois par des mesures individuelles et collectives.

Toute personne malade doit connaître l'importance de ne pas manipuler des aliments destinés à d'autres si elle présente des symptômes de gastro-entérite (diarrhée, fièvre, vomissements, maux de tête) et, dans le contexte actuel, des symptômes évoquant le Monkeypox. Les personnes contacts doivent faire preuve d'une vigilance particulière quant à l'apparition du moindre symptôme afin d'être en mesure de limiter la transmission du virus, y compris par la manipulation de denrées alimentaires qui pourraient être consommées par une personne tierce. Sur ce point, une sensibilisation des employeurs et des salariés du secteur de la restauration et de l'agroalimentaire apparaît nécessaire, avec l'appui des services de prévention et de santé au travail ou des services de médecine de prévention, afin que chacun puisse mettre en œuvre les obligations qui lui incombent, au regard des dispositions du code du travail, et que soient mises en place des mesures de prévention adaptées.

Compte-tenu du caractère persistant des *Poxviridae* dans l'environnement mais de leur forte sensibilité aux détergents et désinfectants courants, l'application de bonnes pratiques d'hygiène, de nettoyage et de désinfection des matériels et des locaux est suffisante pour limiter la contamination dans les environnements ayant pu être fréquentés par des personnes contaminées.

Cette expertise a montré le besoin d'acquérir des données utiles à l'évaluation du risque de transmission du virus du Monkeypox, en particulier par les denrées alimentaires. L'acquisition de ces données repose notamment sur des études expérimentales requérant la mise en œuvre du virus dans des conditions de sécurité appropriées.

Dr Roger Genet

MOTS-CLES

Monkeypox (MPX), virus *Monkeypox* (MPXV), denrées alimentaires, aliments, transmission, recommandations

Monkeypox, *Monkeypox virus*, food, transmission, recommendations

BIBLIOGRAPHIE

Adler, Hugh, Susan Gould, Paul Hine, Luke B. Snell, Waison Wong, Catherine F. Houlihan, . . . Dennis E. Hruby. 2022. "Clinical features and management of human monkeypox: a retrospective observational study in the UK." *The Lancet Infectious Diseases*. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(22\)00228-6](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(22)00228-6).

Anses. 2022. "Avis de l'Anses portant sur des recommandations relatives à la réduction du risque de diffusion du virus Monkeypox aux animaux en France. Réponse à la première question (saisine 2022-SA-0102). ." : 12 p.

Antinori, Andrea, Valentina Mazzotta, Serena Vita, Fabrizio Carletti, Danilo Tacconi, Laura Emma Lapini, . . . the INMI Monkeypox Group. 2022. "Epidemiological, clinical and virological characteristics of four cases of monkeypox support transmission through sexual contact, Italy, May 2022." *Eurosurveillance* 27 (22): 2200421. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2022.27.22.2200421>.

Bair-Brake, H, T Bell, A Higgins, N Bailey, M Duda, S Shapiro, . . . G Galland. 2014. "Is that a rodent in your luggage? A mixed method approach to describe bushmeat importation into the United States." *Zoonoses and public health* 61 (2): 97-104.

Baxby, Derrick et BJ Hill. 1971. "Characteristics of a new poxvirus isolated from Indian buffaloes." *Archiv für die gesamte Virusforschung* 35 (1): 70-79.

Beer, Ellen M et V Bhargavi Rao. 2019. "A systematic review of the epidemiology of human monkeypox outbreaks and implications for outbreak strategy." *PLoS neglected tropical diseases* 13 (10): e0007791.

Berthet, N., E. Nakouné, E. Whist, B. Selekon, A. M. Burguière, J. C. Manuguerra, . . . M. Kazanji. 2011. "Maculopapular lesions in the Central African Republic." *Lancet* 378 (9799): 1354. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)61142-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)61142-2).

Beutlich, Janine, Jens Andre Hammerl, Bernd Appel, Karsten Nöckler, Reiner Helmuth, Kristine Jöst, . . . Anne Mayer-Scholl. 2015. "Characterization of illegal food items and identification of foodborne pathogens brought into the European Union via two major German airports." *International journal of food microbiology* 209: 13-19.

Bowden, T. R., S. L. Babiuk, G. R. Parkyn, J. S. Copps et D. B. Boyle. 2008. "Capripoxvirus tissue tropism and shedding: A quantitative study in experimentally infected sheep and goats." *Virology* 371 (2): 380-93. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2007.10.002>.

Bronson, L. H. et R. F. Parker. 1943. "The Inactivation of the Virus of Infectious Myxomatosis by Heat." *Journal of Bacteriology* 45 (2): 177-181. <https://doi.org/doi:10.1128/jb.45.2.177-181.1943>.

Brown, Katy et Peter A Leggat. 2016. "Human monkeypox: current state of knowledge and implications for the future." *Tropical medicine and infectious disease* 1 (1): 8.

Bunge, Eveline M, Bernard Hoet, Liddy Chen, Florian Lienert, Heinz Weidenthaler, Lorraine R Baer et Robert Steffen. 2022. "The changing epidemiology of human monkeypox—A potential threat? A systematic review." *PLoS neglected tropical diseases* 16 (2): e0010141.

- Centers for Disease Control and Prevention. 6 juin 2022 2022. *Disinfection of the Home and Non-Healthcare Settings*. <https://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/pdf/Monkeypox-Interim-Guidance-for-Household-Disinfection-508.pdf>.
- Chambers, Amanda E, Melissa M Dixon et Steven P Harvey. 2009. "Studies of the suitability of fowlpox as a decontamination and thermal stability simulant for variola major." *International journal of microbiology* 2009.
- Chastel, C. et G. Charmot. 2004. "[Bacterial and viral epidemics of zoonotic origin; the role of hunting and cutting up wild animals]." *Bull Soc Pathol Exot* 97 (3): 207-12.
- De Oliveira, Tércia M Ludoulfo, Izabelle S Rehfeld, Jaqueline Maria Ferreira Siqueira, Jônatas S Abrahao, Rafael K Campos, Andréia Kelly R Dos Santos, . . . Zélia IP Lobato. 2010. "Vaccinia virus is not inactivated after thermal treatment and cheese production using experimentally contaminated milk." *Foodborne Pathogens and Disease* 7 (12): 1491-1496.
- Diaz, James H. 2021. "The Disease Ecology, Epidemiology, Clinical Manifestations, Management, Prevention, and Control of Increasing Human Infections with Animal Orthopoxviruses." *Wilderness & Environmental Medicine* 32 (4): 528-536.
- DILA, ed. 2015. *Guides de Bonnes Pratiques d'Hygiène : Restaurateur*. Edité.
- Doshi, Reena H, Sarah Anne J Guagliardo, Jeffrey B Doty, Angelie Dzabatou Babeaux, Audrey Matheny, Jillybeth Burgado, . . . Nestor Ndakala. 2019. "Epidemiologic and ecologic investigations of monkeypox, Likouala Department, Republic of the Congo, 2017." *Emerging Infectious Diseases* 25 (2): 273.
- Durski, Kara N., Andrea M. McCollum, Yoshinori Nakazawa, Brett W. Petersen, Mary G. Reynolds, Sylvie Briand, . . . Asheena Khalakdina. 2018. "Emergence of monkeypox in West Africa and Central Africa, 1970-2017/Emergence de l'orthopoxvirose simienne en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, 1970-2017." *Weekly Epidemiological Record* 93: 125+.
- Elzein, EMEA. 1983. "Study of the thermal inactivation kinetics of the red cowpox virus and its white mutant." *Sudan J. Vet* 4: 13-18.
- Essbauer, S., H. Meyer, M. Porsch-Özcürümez et M. Pfeffer. 2007. "Long-Lasting Stability of Vaccinia Virus (Orthopoxvirus) in Food and Environmental Samples." *Zoonoses and Public Health* 54 (3-4): 118-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2007.01035.x>.
- European Centre for Disease Prevention and Control. 2022. "Monkeypox multi-country outbreak – 23 May 2022." *ECDC*.
- European Food Safety Authority. 2014. "An update on the risk of transmission of Ebola virus (EBOV) via the food chain." *EFSA Journal* 12 (11): 3884.
- Falendysz, Elizabeth A., Juan G. Lopera, Jeffrey B. Doty, Yoshinori Nakazawa, Colleen Crill, Faye Lorenzsonn, . . . Tonie E. Rocke. 2017. "Characterization of Monkeypox virus infection in African rope squirrels (*Funisciurus* sp.)." *PLOS Neglected Tropical Diseases* 11 (8): e0005809. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005809>.
- Fenner, Frank John. 1962. "Interactions between pox viruses." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences* 156 (964): 388-414.
- Food and Drug Administration & Centers for Disease Control and Prevention. 2003. "Control of communicable diseases; restrictions on African rodents, prairie dogs, and certain other animals. Interim final rule; opportunity for public comment." *Fed Regist* 68 (213): 62353-69.
- Foster, S. O., E. W. Brink, D. L. Hutchins, J. M. Pifer, B. Lourie, C. R. Moser, . . . W. H. Foege. 1972. "Human monkeypox." *Bull World Health Organ* 46 (5): 569-76.
- Gómez-López, Vicente M., Eric Jubinville, María Isabel Rodríguez-López, Mathilde Trudel-Ferland, Simon Bouchard et Julie Jean. 2021. "Inactivation of Foodborne Viruses by UV Light: A Review." *Foods* 10 (12): 3141.
- Grant, R., L. L. Nguyen et R. Breban. 2020. "Modelling human-to-human transmission of monkeypox." *Bull World Health Organ* 98 (9): 638-640. <https://doi.org/10.2471/blt.19.242347>.

- Guagliardo, S. A. J., R. H. Doshi, M. G. Reynolds, A. Dzabatou-Babeaux, N. Ndakala, C. Moses, . . . B. W. Petersen. 2020. "Do Monkeypox Exposures Vary by Ethnicity? Comparison of Aka and Bantu Suspected Monkeypox Cases." *Am J Trop Med Hyg* 102 (1): 202-205. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.19-0457>.
- Haddad, Nadia. 2022. "Les animaux hors d'Afrique peuvent-ils être concernés par la flambée de Monkeypox en cours, voire en devenir des acteurs importants." *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*. <https://doi.org/10.3406/bavf.2022.70989>.
- Hahon, Nicholas et Edmund Kozikowski. 1961. "Thermal inactivation studies with variola virus." *Journal of Bacteriology* 81 (4): 609-613.
- Haut Conseil de la Santé Publique. 2022. "Conduite à tenir autour d'un cas suspect, probable ou confirmé d'infection à Monkeypox virus".
- Huhn, G. D., A. M. Bauer, K. Yorita, M. B. Graham, J. Sejvar, A. Likos, . . . M. J. Kuehnert. 2005. "Clinical characteristics of human monkeypox, and risk factors for severe disease." *Clin Infect Dis* 41 (12): 1742-51. <https://doi.org/10.1086/498115>.
- Hutson, Christina L. et Inger K. Damon. 2010. "Monkeypox Virus Infections in Small Animal Models for Evaluation of Anti-Poxvirus Agents." *Viruses* 2 (12): 2763-2776.
- ILSI Europe Expert Group on Animal-Borne Viruses, ed. 2009. *Animal-Borne Viruses of relevance to the food industry*. Edité, *ILSI Europe Report Series*.
- Jansen, Wiebke, Anja Müller, Nils Th Grabowski, Corinna Kehrenberg, Benoît Muylkens et Sascha Al Dahouk. 2019. "Foodborne diseases do not respect borders: Zoonotic pathogens and antimicrobial resistant bacteria in food products of animal origin illegally imported into the European Union." *The Veterinary Journal* 244: 75-82. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.12.009>.
- Jezeq, Z., I. Arita, M. Mutombo, C. Dunn, J.H. Nakano et M. Szczeniowski. 1986. "Four generations of probable person-to-person transmission of human monkeypox." *American Journal of Epidemiology* 123 (6): 1004-1012. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a114328>.
- Jordan, Robert, Arthur Goff, Annie Frimm, Michael L. Corrado, Lisa E. Hensley, Chelsea M. Byrd, . . . John Huggins. 2009. "ST-246 antiviral efficacy in a nonhuman primate monkeypox model: determination of the minimal effective dose and human dose justification." *Antimicrobial agents and chemotherapy* 53 (5): 1817-1822. <https://doi.org/10.1128/AAC.01596-08>.
- Kalthan, E, J Tenguere, SG Ndjapou, TA Koyazengbe, J Mbomba, RM Marada, . . . A Sambella. 2018. "Investigation of an outbreak of monkeypox in an area occupied by armed groups, Central African Republic." *Medecine et Maladies Infectieuses* 48 (4): 263-268.
- Kaplan, C. 1958. "The heat inactivation of vaccinia virus." *J Gen Microbiol* 18 (1): 58-63. <https://doi.org/10.1099/00221287-18-1-58>.
- Khodakevich, L., Z. Jezeq et D. Messinger. 1988. "Monkeypox virus: ecology and public health significance." *Bull World Health Organ* 66 (6): 747-52.
- Langohr, I. M., G. W. Stevenson, H. L. Thacker et R. L. Regnery. 2004. "Extensive lesions of monkeypox in a prairie dog (*Cynomys* sp)." *Vet Pathol* 41 (6): 702-7. <https://doi.org/10.1354/vp.41-6-702>.
- Larway, Lawrence Zegbain, Maame Amo-Addae, Lilian Bulage, Peter Adewuyi, Fulton Shannon, Wede Wilson, . . . Sam Gebeh. 2021. "An Outbreak of Monkeypox in Doedain District, Rivercess County, Liberia, June, 2017." *Journal of Interventional Epidemiology and Public Health* 4. <https://doi.org/10.37432/jieph.2021.4.2.35>.
- Laudisoit, Anne, Michel Komba et Innocent Akonda. 2016. "Scientific report research bushmeat and monkeypox Yahuma health zone–Aketi health zone-Bombongolo health area." *DRC*.

- Lelie, PN, HW Reesink et CJ Lucas. 1987. "Inactivation of 12 viruses by heating steps applied during manufacture of a hepatitis B vaccine." *Journal of medical virology* 23 (3): 297-301.
- Marennikova, S. S. et E. M. Seluhina. 1976. "Susceptibility of some rodent species to monkeypox virus, and course of the infection." *Bull World Health Organ* 53 (1): 13-20.
- Marennikova, S. S., E. M. Shelukhina et O. A. Zhukova. 1989. "Experimental infection of squirrels *Sciurus vulgaris* by monkey pox virus." *Acta Virol* 33 (4): 399.
- Mbala, Placide K, John W Huggins, Therese Riu-Rovira, Steve M Ahuka, Prime Mulembakani, Anne W Rimoin, . . . Jean-Jacques T Muyembe. 2017. "Maternal and Fetal Outcomes Among Pregnant Women With Human Monkeypox Infection in the Democratic Republic of Congo." *The Journal of Infectious Diseases* 216 (7): 824-828. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix260>.
- McCollum, A, Y Nakazawa, G Mutombo Ndongala, E Pukuta, S Karhemere, R Shongo Lushima, . . . I Damon. 2014. "Human monkeypox in the Kivus, a conflict region of The Democratic Republic of the Congo." *International Journal of Infectious Diseases* 21: 192.
- Meyer, Hermann, Mathilde Perrichot, Markus Stemmler, Petra Emmerich, Herbert Schmitz, Francis Varaine, . . . Pierre Formenty. 2002. "Outbreaks of disease suspected of being due to human monkeypox virus infection in the Democratic Republic of Congo in 2001." *Journal of clinical microbiology* 40 (8): 2919-2921.
- Müller, G., A. Meyer, F. Gras, P. Emmerich, T. Kolakowski et J. J. Esposito. 1988. "MONKEYPOX VIRUS IN LIVER AND SPLEEN OF CHILD IN GABON." *The Lancet* 331 (8588): 769-770. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(88\)91580-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(88)91580-2).
- Nakouné, E et M Kazanji. 2012. "Monkeypox detection in maculopapular lesions in two young Pygmies in the Central African Republic." *International Journal of Infectious Diseases* 16: e266-e267.
- Nakoune, E., E. Lampaert, S. G. Ndjapou, C. Janssens, I. Zuniga, M. Van Herp, . . . N. Berthet. 2017. "A Nosocomial Outbreak of Human Monkeypox in the Central African Republic." *Open Forum Infect Dis* 4 (4): ofx168. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofx168>.
- Okareh, OT; et OM; Morakinyo. 2018. "Monkeypox in Nigeria: a case report of re-emerged disease outbreak." *Journal of Microbiology & Experimentation* 6 (2). <https://doi.org/10.15406/jmen.2018.06.00193>.
- Otu, Akaninyene, Basseyy Ebenso, John Walley, Josep Mercader Barceló et Chinwe Lucia Ochu. 2022. "Global human monkeypox outbreak: atypical presentation demanding urgent public health action." *The Lancet Microbe*.
- Parker, S. et R. M. Buller. 2013. "A review of experimental and natural infections of animals with monkeypox virus between 1958 and 2012." *Future Virol* 8 (2): 129-157. <https://doi.org/10.2217/fvl.12.130>.
- Patrono, Livia Victoria, Kamilla Pléh, Liran Samuni, Markus Ulrich, Caroline Röthemeier, Andreas Dr Sachse, . . . Fabian H. Leendertz. 2020. "Monkeypox virus emergence in wild chimpanzees reveals distinct clinical outcomes and viral diversity." *Nature Microbiology* 5: 955-965.
- Rehfeld, Izabelle S, Ana Luiza S Fraiha, Ana Carolina D Matos, Maria Isabel MC Guedes, Erica A Costa, Marcelo R de Souza, . . . Zélia IP Lobato. 2017. "Survival of Vaccinia virus in inoculated cheeses during 60-day ripening." *Journal of dairy science* 100 (9): 7051-7054.
- Reynolds, M. G., D. S. Carroll, V. A. Olson, C. Hughes, J. Galley, A. Likos, . . . I. K. Damon. 2010. "A silent enzootic of an orthopoxvirus in Ghana, West Africa: evidence for multi-species involvement in the absence of widespread human disease." *Am J Trop Med Hyg* 82 (4): 746-54. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2010.09-0716>.
- Reynolds, Mary G, Nadia Wauquier, Yu Li, Panayampalli Subbian Satheshkumar, Lansana D Kanneh, Benjamin Monroe, . . . Joseph Fair. 2019. "Human monkeypox in Sierra Leone after 44-year absence of reported cases." *Emerging Infectious Diseases* 25 (5): 1023.

- Rouhandeh, H, R Engler, M Taher, A Fouad et LL Sells. 1967. "Properties of monkey pox virus." *Archiv für die gesamte Virusforschung* 20 (3): 363-373.
- Santé publique France. 2022. "Cas de Monkeypox en Europe, définitions et conduite à tenir." *SpF*.
- Sauerbrei, Andreas et P Wutzler. 2009. "Testing thermal resistance of viruses." *Archives of virology* 154 (1): 115-119.
- Silva, Natalia Ingrid Oliveira, Jaqueline Silva de Oliveira, Erna Geessien Kroon, Giliane de Souza Trindade et Betânia Paiva Drumond. 2021. "Here, There, and Everywhere: The Wide Host Range and Geographic Distribution of Zoonotic Orthopoxviruses." *Viruses* 13 (1): 43.
- Simpson, K., D. Heymann, C. S. Brown, W. J. Edmunds, J. Elsgaard, P. Fine, . . . A. Wapling. 2020. "Human monkeypox - After 40 years, an unintended consequence of smallpox eradication." *Vaccine* 38 (33): 5077-5081. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.04.062>.
- Smith, Kristine M, Simon J Anthony, William M Switzer, Jonathan H Epstein, Tracie Seimon, Hongwei Jia, . . . Sheryl E Shapiro. 2012. "Zoonotic viruses associated with illegally imported wildlife products." *PloS one* 7 (1).
- Stittelaar, Koert J., Geert van Amerongen, Ivanela Kondova, Thijs Kuiken, Rob F. van Lavieren, Frank H. M. Pistor, . . . Albert D. M. E. Osterhaus. 2005. "Modified Vaccinia Virus Ankara Protects Macaques against Respiratory Challenge with Monkeypox Virus." *Journal of Virology* 79 (12): 7845-7851. <https://doi.org/doi:10.1128/JVI.79.12.7845-7851.2005>.
- Vaughan, A., E. Aarons, J. Astbury, S. Balasegaram, M. Beadsworth, C. R. Beck, . . . J. Wilburn. 2018. "Two cases of monkeypox imported to the United Kingdom, September 2018." *Euro Surveill* 23 (38). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.Es.2018.23.38.1800509>.
- Vaughan, Aisling, Emma Aarons, John Astbury, Tim Brooks, Meera Chand, Peter Flegg, . . . Sharon Mawdsley. 2020. "Human-to-human transmission of monkeypox virus, United Kingdom, October 2018." *Emerging infectious diseases* 26 (4): 782.
- Weiner, Zachary P., Johanna S. Salzer, Elizabeth LeMasters, James A. Ellison, Ashley V. Kondas, Clint N. Morgan, . . . Christina L. Hutson. 2019. "Characterization of Monkeypox virus dissemination in the black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) through in vivo bioluminescent imaging." *PLOS ONE* 14 (9): e0222612. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222612>.
- Wolff, Janika, Martin Beer et Bernd Hoffmann. 2020. "Thermal Inactivation of Different Capripox Virus Isolates." *Microorganisms* 8 (12): 2053.
- Ye, F., J. Song, L. Zhao, Y. Zhang, L. Xia, L. Zhu, . . . W. Tan. 2019. "Molecular Evidence of Human Monkeypox Virus Infection, Sierra Leone." *Emerg Infect Dis* 25 (6): 1220-1222. <https://doi.org/10.3201/eid2506.180296>.
- Yinka-Ogunleye, Adesola, Olusola Aruna, Mahmood Dalhat, Dimie Ogoina, Andrea McCollum, Yahyah Disu, . . . Joel Burga. 2019. "Outbreak of human monkeypox in Nigeria in 2017–18: a clinical and epidemiological report." *The Lancet Infectious Diseases* 19 (8): 872-879.
- Yohn, David S, Victoria A Haendiges et James T Grace Jr. 1966. "Yaba Tumor Poxvirus Synthesis In Vitro I. Cytopathological, Histochemical, and Immunofluorescent Studies." *Journal of Bacteriology* 91 (5): 1977-1985.
- Yong, Sarah Ee Fang, Oon Tek Ng, Zheng Jie Marc Ho, Tze Minn Mak, Kalisvar Marimuthu, Shawn Vasoo, . . . Zannatul Ferdous. 2020. "Imported Monkeypox, Singapore." *Emerging infectious diseases* 26 (8): 1826.

CITATION SUGGEREE

Anses. (2022). Recommandations relatives à la réduction du risque de transmission du virus Monkeypox (MPXV) lié à la manipulation et la consommation des denrées alimentaires. (Saisine 2022-SA-0110). Maisons-Alfort : Anses, 33 p.

ANNEXE 1 PRESENTATION 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.

GRUPE D'EXPERTISE COLLECTIVE EN URGENCE « MONKEYPOX – ALIMENTAIRE »

Présidente

Mme Nadia HADDAD – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort - Maladies réglementées, épidémiologie, zoonoses

Membres

M. Stéphane BERTAGNOLI – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, Poxvirus, recherche, diagnostic de laboratoire

M. Mickaël BONI – Institut de recherche biomédicale des armées, Vétérinaire en chef – Chef d'unité + Microbiologie, hygiène, salubrité et qualité des aliments, sûreté sanitaire des aliments et de l'eau, inspection en sécurité sanitaire des aliments, traitement et contrôle sanitaire des EDCH

M. Olivier FERRARIS – Institut de recherche biomédicale des armées, Chercheur Responsable analytique, métrologie et qualité du CNR Orthopoxivirus - Biologie, infectiologie, virologie, Orthopoxivirus

Mme Alexandra MAILLES – Epidémiologiste chargée de projet concernant la surveillance et l'investigation des épidémies de zoonoses, maladies émergentes dans l'Unité des maladies entériques, alimentaires et zoonotiques, Santé publique France - Epidémiologie, surveillance, zoonoses

M. Jean-Claude MANUGUERRA – Directeur de recherche, Chef de la Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence (CIBU), Chef de l'unité Risques infectieux et environnementaux, Directeur du centre collaboratif OIE. Institut Pasteur - Virologie, agents pathogènes émergents, MPX, maladies infectieuses

Mme Sandra MARTIN-LATIL – Anses, Laboratoire de sécurité des aliments, Chargée de projet scientifique - Virologie, méthodes de détection.

PARTICIPATION ANSES

La coordination scientifique du projet a été pilotée par l'Unité d'Évaluation des Risques liés aux Aliments (UERALIM) sous la supervision de Mme Hélène GAYON (cheffe de l'unité).

Coordination et contribution scientifique

Mme Estelle CHAIX – Coordinatrice scientifique – Unité Evaluation des risques liés aux aliments – Direction de l'Évaluation des Risques

Contribution scientifique

M. Laurent GUILLIER – Chargé de projets scientifiques – Unité Evaluation des risques biologiques liés à l'Alimentation humaine – Anses

Secrétariat administratif

Mme Angélique LAURENT – Direction de l'évaluation des risques - Anses

ANNEXE 2

Tableau 8 : Liste (non-exhaustive) des espèces animales hôtes possibles du MPXV - traduction d'après Silva et al. (2021).

| Ordre/Famille | Espèce | Méthode d'investigation * | Association à l'infection humaine ** |
|----------------------------------|--|---------------------------|--------------------------------------|
| Primates/ Hominidae | Humain (<i>Homo sapiens</i>) | Isolement viral | Infec. exp |
| | Orang-outan (<i>Pongo pygmaeus</i>) | Isolement viral | Infec. exp |
| | Chimpanzés (<i>Pan troglodytes</i>) | Isolement viral | non |
| Primates/ Cercopithecidae | Singe vert Mangabey (<i>Cercocebus atys</i>) | PCR/ Isolement viral | non |
| | Macaque crabier (<i>Macaca fascicularis</i>) | Isolement viral | Infec. exp |
| Primates/ Callithrichidae | Ouistiti commun (<i>Callithrix jacchus</i>) | Infec. exp | non |
| Rongeurs/Chinchillidae | Lapin de garenne (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) | Infec. exp | non |
| Rongeurs/Muridae | Souris grise (<i>Mus musculus</i>) | Infec. exp | non |
| Rongeurs/Cricetidae | Hamsters | Infec. exp | non |
| Rongeurs/Nesomyidae | Rats de Gambie (<i>Cricetomys</i> sp.) | PCR/ Isolement viral | non |
| Rongeurs/Gliridae | Loirs africains (<i>Graphiurus</i> sp.) | PCR/ Isolement viral | non |
| Rongeurs/Sciuridae | Écureuils rayés d'Afrique (<i>Funisciurus</i> sp.) | PCR/ Isolement viral | Infec. exp |
| | Chien de prairie à queue noire (<i>Cynomys ludovicianus</i>) | PCR | Infec. exp |
| | Marmottes (<i>Marmota monax</i>) | PCR/ Isolement viral | non |
| Rongeurs/ Dipodidae | Gerboises du désert (<i>Jaculus</i> sp.) | PCR/ Isolement viral | non |
| Rongeurs/Hystricidae | Athérure africain (<i>Atherurus africanus</i>) | PCR/ Isolement viral | non |
| Pilosa/Macroselididae | Tamanoir (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>) | Isolement viral | non |
| Didelphimorphes/ Didelphidae | Opossum commun (<i>Didelphis marsupialis</i>) | PCR/ Isolement viral | non |
| | Opossum gris (<i>Monodelphis domestica</i>) | PCR/ Isolement viral | non |
| Érinaceomorphes / Erinaceidae | Hérisson d'Afrique (<i>Atelerix</i> sp.) | PCR/ Isolement viral | non |

- * Méthode d'investigation : infection virale démontrée par un test moléculaire (PCR) ou par l'isolement viral à l'aide d'échantillons obtenus à partir d'animaux naturellement infectés ;
- Infec. exp : une sensibilité à l'infection par le MPXV a été observée lors d'études expérimentales en laboratoire.
- ** Transmission à l'homme déjà signalée dans la littérature.

ANNEXE 3

Tableau 9 : Liste des épidémies dans lesquelles la consommation d'aliment a été suspecté. L'ensemble des références n'identifient que la consommation de viande de brousse.

| Pays | Année | Mode de transmission | Référence |
|----------------------------------|-----------|--|-------------------------------------|
| Liberia | 1970 | Pas d'évidence de consommation, mention d'un cas de MPX chez un enfant (9 ans) qui consomme occasionnellement du singe. | (Foster <i>et al.</i> 1972) |
| Liberia | 2017 | Suspicion de consommation : deux cas de MPX, un confirmé et un suspect. Le cas confirmé était un garçon de 8 ans. Sa mère (un cas suspect/un cas primaire) était une agricultrice mariée à un chasseur. Il n'y avait pas d'informations claires indiquant que la mère avait été exposée à de la viande de brousse. La mère et son enfant n'avaient pas voyagé en dehors de leur zone de résidence. | (Larway <i>et al.</i> 2021) |
| Nigeria | 2017-2018 | Parmi les 122 cas confirmés, 2 patients ont déclaré avoir été en contact avec un animal sauvage non spécifié et rapportent également avoir consommé de la viande de brousse. | (Yinka-Ogunleye <i>et al.</i> 2019) |
| Nigeria | 2017 | Au total, 172 cas suspects et 61 cas confirmés en laboratoire ont été signalés dans 14 États du Nigeria. Les auteurs précisent qu'au Nigeria, le MPX pourrait être lié à un déficit de sécurité alimentaire et d'hygiène, car la plupart des personnes qui consomment de la viande d'animaux sauvages comme « mets délicats » font preuve d'une faible connaissance du virus (en particulier sur les méthodes hygiéniques de préparation de la viande). | (Okareh <i>et Morakinyo</i> 2018) |
| République centrafricaine | 1984 | Dans une collectivité de Pygmées, 6 cas dénombrés dans deux familles : cinq enfants et une jeune femme. Le chef de famille avait chassé un singe dont le corps était couvert de pustules, et une antilope présentant le même type de lésions, dont les chairs avaient été partagées entre les différentes familles du clan | (Chastel <i>et Charmot</i> 2004) |
| République centrafricaine | 2001 | Les auteurs rapportent un épisode (2 cas) observé dans une famille quelques jours après avoir mangé un singe mort | (Nakouné <i>et Kazanji</i> 2012) |
| République centrafricaine | 2010 | Deux cas où les lésions se sont développées après chasse et consommation d'un rongeur sauvage | (Berthet <i>et al.</i> 2011) |
| République centrafricaine | 2016 | Le cas index est chasseur et éleveur. La consommation de viande d'écureuil (<i>Xerus erythropus</i>) trouvé mort dans la forêt pourrait être la source de contamination. | (Kalthan <i>et al.</i> 2018) |
| République démocratique du Congo | 2011-2012 | Parmi les trois cas : - Le cas 1 a également noté un contact avec de la viande de brousse avant le début de la maladie. - Le cas 2 : a manipulé des singes tués par des chasseurs locaux et a conservé et mangé de la viande de singe pour son voyage. | (McCollum <i>et al.</i> 2014) |
| République démocratique du Congo | 2014-2015 | Les cas index des deux foyers investigués ont consommé de la viande d'animaux de brousse. Les cas index ont consommé de la viande de potachomère (<i>Potamocheirus porcus</i>) et de céphalophes (<i>Cephalophus</i>). Pour ces deux espèces, la présence de MPXV a été caractérisée sur des animaux prélevés dans la région. | (Laudisoit <i>et al.</i> 2016) |
| République démocratique du Congo | 1983 | Cinq cas, dont deux auraient respectivement mangé un singe et un rat de Gambie (ainsi que leurs familles respectives). | (Jezek <i>et al.</i> 1986) |
| République démocratique du Congo | 2001 | La source identifiée d'infection de 4 cas pourrait être un singe trouvé mort dans la forêt qui a été manipulé et mangé par les membres de la famille concernée | (Meyer <i>et al.</i> 2002) |

Tableau 9 (suite)

| Pays | Année | Mode de transmission | Référence |
|----------------------------------|--------------|--|----------------------------------|
| République démocratique du Congo | 2017 | 22 cas avec trois clusters distincts (Eyelle, Dongou et Impfondo). Dans le district Impfondo, le premier cas préparait de la viande de brousse. Les trois autres étaient des membres de la famille. | (Doshi <i>et al.</i> 2019) |
| République démocratique du Congo | 2017 | Facteurs de risque déterminés par l'étude de deux groupes de population, suite à une analyse de questionnaires (n=39) Les auteurs indiquent que les populations rapportant fréquemment des facteurs de risque pour le MPX, comme la chasse et le dépeçage de la viande de brousse et les contacts fréquents avec la faune, sont plus exposées aux zoonoses sylvatiques que la population générale (comparaison antigénique IgM). | (Guagliardo <i>et al.</i> 2020) |
| Sierra Leone | 1970 | Pas d'évidence de consommation, mention d'un cas de MPX (24 ans) qui consomme occasionnellement du singe. | (Foster <i>et al.</i> 1972) |
| Sierra Léone | 2014 | 1 cas (enfant) sans contact identité avec des personnes présentant une maladie ressemblant à la variole du singe ou avec des animaux dans les deux semaines précédant le début de sa maladie. Les parents ont rapporté la préparation et la consommation régulière de viande d'animaux sauvages. Autre piste potentielle : petits rongeurs parfois présents au domicile. | (Reynolds <i>et al.</i> 2019) |
| Sierra Léone | 2017 | Le patient avait chassé et mangé des écureuils environ 10 jours avant de tomber malade | (Ye <i>et al.</i> 2019) |
| Singapour (contracté au Nigeria) | 2019 | Ingestion de viande de brousse grillée au barbecue qui aurait pu être contaminée. Le patient n'a pas manipulé de viande crue et n'a pas été exposé à des animaux sauvages ou à leurs produits, n'a pas eu de contact avec des rongeurs ni avec des personnes atteintes de maladies ressemblant à la variole. | (Yong <i>et al.</i> 2020) |
| Royaume-Uni | 2018 | Le cas rapporte un contact avec une personne présentant une éruption de type MPX lors d'un grand événement familial et également la consommation de viande de brousse lors de sa visite dans une zone rurale du Nigeria. | (Vaughan <i>et al.</i> 2018) |
| Zaïre | 1972 - 1985 | La transmission par les aliments est mentionnée comme étant la principale source d'infection, les auteurs précisent qu'un des facteurs d'infection est "la méthode de préparation des aliments" Dans la zone de Bumba, 107 cas humains de monkeypox ont été enregistrés de 1972 à 1985, alors qu'aucun cas n'a été signalé dans l'ensemble de la région occidentale (Bas-Zaïre). Les habitudes alimentaires des zones de Bumba et d'Ikela diffèrent de celles de Tshela. Dans la première, les rongeurs, qui sont capturés par les enfants à partir de 5-6 ans, représentent 60-85% de tous les animaux sauvages capturés par la population rurale et sont parfois consommés sans cuisson. Après l'âge de 9-10 ans, les enfants copient leurs parents et cuisinent la viande. Au Bas-Zaïre, par contre, les enfants commencent à chasser les animaux sauvages à l'âge de 12-13 ans et les petits mammifères sont des cibles relativement rares. En outre, la consommation de viande crue est inhabituelle. | (Khodakevich <i>et al.</i> 1988) |

ANNEXE 4

Tableau 10 : Bilan des données de la littérature (utilisées ou non retenues) pour établir l'efficacité des traitements thermiques sur les *Poxviridae*

| Virus | Température | Inclusion ou Critère d'exclusion | Références |
|--|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| Virus de la variole du buffle (BPXV) (4 souches) | 56 °C | Inclusion | (Baxby et Hill 1971) |
| <i>Capripoxvirus</i> | 56, 60 °C | Aucune donnée retenue : Les informations ne permettent pas de connaître les valeurs dans les cinétiques (seuls des intervalles larges sont disponibles) | (Wolff <i>et al.</i> 2020) |
| Virus de la variole de la vache (CPXV) | 56 °C | Inclusion | (Baxby et Hill 1971) |
| Virus de la variole de la vache (CPXV) - 2 souches | 50 °C | Inclusion | (Elzein 1983) |
| Virus de la myxomatose (MYXV) | 50 ; 55 ; 52,5 ; 53 ; 57,5 et 60 °C | Inclusion | (Bronson et Parker 1943) |
| Virus de la variole du lapin (RPXV) | 55 °C | Inclusion de la seule cinétique avec la souche initiale | (Fenner 1962) |
| Virus de la variole humaine (VARV) | 40, 45, 50, 55 et 56 °C | Les données à pH 4,6 n'ont pas été retenues (pour ne pas inclure de données influencées par le pH, toutes les autres études étant été réalisées en condition proche de la neutralité). | (Hahon et Kozikowski 1961) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 56 °C | Inclusion | (Baxby et Hill 1971) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 56 °C | Les informations sont insuffisantes pour d'autres températures (seules les équations sont proposées pour 40, 45, 50, et 55°C et pas les données brutes) Les données sur Folw pox n'ont pas été retenues compte-tenu d'incohérences entre la figure et le texte du tableau | (Chambers <i>et al.</i> 2009) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 65 °C | Etude non retenue (données avec censure LOQ) | (Lelie <i>et al.</i> 1987) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 65 °C | Inclusion | (De Oliveira <i>et al.</i> 2010) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 40, 75, 85 et 95 °C | Etude non retenue (chaleur sèche sur les surfaces) | (Sauerbrei et Wutzler 2009) |
| Virus de la vaccine (VACV) | 50 ; 52,5 ; 55 et 60 °C | Inclusion | (Kaplan 1958) |
| Virus de la tumeur du singe de Yaba (YMTV) | 30, 33, 35, 37 et 40 °C | Inclusion | (Yohn <i>et al.</i> 1966) |