

Variole simienne (*orthopoxvirose simienne*) au Canada : Analyse des voies d'exposition de l'humain à l'animal

Itération n° 1: Le 20 octobre 2022

La présente analyse des voies d'exposition a été réalisée par un groupe de travail technique pluri-gouvernemental. La méthodologie utilisée a pour but d'obtenir une compréhension préliminaire des voies d'exposition et des lacunes dans les connaissances, mais n'évalue pas le risque de ces voies d'exposition. Les lacunes en recherche et les sources d'incertitude sont exposées en détail dans le document. Les résultats et les conclusions reflètent les avis consensuels, mais pas nécessairement unanimes, des participants du groupe et ne représentent pas le point de vue des organismes respectifs des participants.

Table des matières

Résumé	3
Introduction	4
Contexte.....	4
Objectif et portée.....	4
Méthodologie.....	5
Analyse des voies d'exposition	5
Présentation de la variole simienne chez les animaux au Canada	5
Hypothèse principale concernant la voie d'exposition.....	5
Lacunes de la recherche et incertitudes	5
Exposition des animaux au virus de la variole simienne par contact direct avec des personnes infectées ou des vecteurs passifs infectés	6
Exposition des animaux à la variole simienne par l'intermédiaire des déchets solides municipaux	7
Cycle général des déchets solides municipaux au Canada	7
Hypothèse de voie d'exposition.....	7
Stabilité environnementale du virus de la variole simienne dans les déchets solides	8
Espèces animales exposées aux déchets solides municipaux au Canada.....	9
Mesures prises et contrôles actuels	9
Exposition des animaux à la variole simienne par l'intermédiaire des eaux usées	12
Cycle général des eaux usées au Canada	12
Hypothèse de voie d'exposition.....	12
Stabilité environnementale du virus de la variole simienne dans les eaux usées	13
Espèces animales exposées aux eaux usées au Canada	14
Mesures prises et contrôles actuels	14
Conclusions et propositions.....	18
Références	20

Résumé

- Au Canada, les animaux peuvent être exposés au virus de la variole simienne par des humains infectés, et ce par plusieurs voies différentes, que ce soit par exposition directe ou indirecte.
- La sensibilité des différentes espèces animales au Canada au clade du virus de la variole simienne actuellement en circulation ainsi que la dose infectieuse pour les espèces animales sensibles constituent les lacunes principales dans les connaissances associées à toutes les voies d'exposition.
- L'exposition des animaux par contact étroit avec des humains infectés est préoccupante et peut se produire dans un certain nombre de situations différentes qui sont relativement bien comprises. Une étape essentielle pour empêcher ces types d'exposition est l'éducation ciblée. Des conseils ont été fournis à plusieurs groupes différents au Canada, notamment aux personnes ayant contracté la variole simienne, au public, à l'industrie des animaux de compagnie et aux vétérinaires.
- Les voies d'exposition les moins bien comprises, mais qui sont particulièrement préoccupantes en raison de la formation potentielle d'un réservoir animal, comprennent l'exposition des animaux aux déchets provenant de personnes infectées. Il est possible que les animaux au Canada, en particulier les animaux sauvages, soient exposés au virus par l'intermédiaire des déchets solides municipaux (DSM) et des eaux usées contaminés, mais il existe plusieurs lacunes importantes dans les connaissances associées à ces voies d'exposition, telles que :
 - la prévalence du virus infectieux dans les matières fécales humaines et autres fluides corporels;
 - la stabilité environnementale du virus dans différentes conditions, dans différents types de déchets solides, d'eau, d'eaux usées et de biosolides.
- Les compétences d'autres secteurs et disciplines, telles que celles des professionnels des déchets et des eaux usées, des ingénieurs civils et en environnement, des spécialistes de l'environnement et des spécialistes en faune urbaine et aquatique, seront essentielles à toute analyse future.
- Les pratiques de gestion des déchets et des eaux usées peuvent varier considérablement à travers le pays, et la plupart des activités de gestion des risques se dérouleront probablement à l'échelle municipale, provinciale et territoriale. En conséquence, il est recommandé que toute analyse future se concentre sur des situations municipales, provinciales et territoriales précises et comprenne des représentants des autorités compétentes concernées.
- L'exposition potentielle d'animaux au virus de la variole simienne dans les DSM et les eaux usées constitue un problème complexe de l'approche intégrée Une seule santé, faisant appel à de nombreux intervenants et ayant des priorités divergentes. Il n'est peut-être pas réalisable de mieux gérer les risques associés aux déchets dans le contexte de l'épidémie actuelle de variole simienne au Canada. Toutefois, les renseignements contenus dans le présent rapport pourront servir à la gestion à long terme de la variole simienne au Canada, le cas échéant, ainsi qu'à d'autres agents pathogènes émergents ou zoonotiques qui sont préoccupants ou pourraient le devenir. Nous encourageons la poursuite des discussions, des recherches et des analyses dans ce domaine.

Introduction

Contexte

En mai 2022, les premiers cas humains de variole simienne associés à l'écllosion actuelle dans plusieurs pays ont été confirmés au Canada. Depuis, le nombre de cas n'a cessé d'augmenter et, en date du 14 octobre 2022, 1 410 cas confirmés ont été rapportés au Canada dans neuf provinces et territoires (Government of Canada, 2022a).

La variole simienne étant une zoonose, des inquiétudes ont été soulevées très tôt en ce qui concerne la sensibilité et l'exposition potentielle des animaux au Canada. En juin 2022, un groupe de travail ad hoc fédéral-provincial-territorial (FPT) chargé de l'interface humain-animal pour la variole simienne a été créé pour discuter de l'évolution des données scientifiques et des risques potentiels liés à l'interface humain-animal ainsi que pour travailler de concert à l'élaboration de directives. D'autres discussions ont permis de déterminer qu'en raison des données très limitées dont nous disposons, une évaluation rapide et complète des risques n'était pas réalisable ou utile pour le moment, mais qu'il était nécessaire de mieux comprendre les façons dont les animaux au Canada pourraient être exposés au virus de la variole simienne par des humains infectés. Les discussions visant à évaluer la situation ont révélé que l'exposition potentielle des animaux par l'intermédiaire des déchets était particulièrement préoccupante.

Objectif et portée

Ce document a été préparé dans le but de donner un aperçu général des voies possibles par lesquelles les animaux (animaux de compagnie, bétail et animaux sauvages) au Canada pourraient être exposés au virus de la variole simienne au contact d'humains infectés, et en mettant l'accent sur l'exposition par l'intermédiaire des déchets. La qualification du degré de risque pour chaque voie d'exposition n'a pas été incluse dans l'analyse, bien qu'il en a été discuté à certains moments.

Les déchets solides classés et gérés à ce jour comme étant des déchets biomédicaux, tels que ceux provenant des patients atteints de la variole simienne dans les hôpitaux ou dans d'autres établissements de soins de santé, ne font pas l'objet d'une analyse dans le présent rapport. La plupart des provinces et des territoires suivent les normes de traitement des déchets biomédicaux élaborées par le Conseil canadien des ministres de l'environnement en 1992, lesquelles comprennent en général l'incinération ou la stérilisation avant le dépôt dans un site d'enfouissement (Walkinshaw, 2011).

Ces renseignements seront utilisés par les membres du groupe de travail ad hoc chargé de l'interface humain-animal dans le cas de la variole simienne et par d'autres intervenants afin de mieux comprendre et de cerner les domaines dans lesquels des recherches et des analyses futures pourraient être nécessaires pour répondre à l'épidémie actuelle de variole simienne au Canada. De plus, ces renseignements peuvent être utiles pour comprendre les voies d'exposition possibles des animaux à d'autres agents pathogènes susceptibles d'affecter la santé animale ou humaine au Canada, aujourd'hui et dans l'avenir.

Méthodologie

Un groupe de travail technique, composé de représentants fédéraux-provinciaux-territoriaux de la santé publique et de la santé animale, a effectué une analyse des voies d'exposition afin de schématiser des voies de risque hypothétiques, de discuter et de documenter les contrôles et les lacunes actuels dans les connaissances, et de formuler des recommandations pour d'autres analyses futures.

Analyse des voies d'exposition

Présentation de la variole simienne chez les animaux au Canada

Hypothèse principale concernant la voie d'exposition

Les animaux au Canada peuvent être exposés au virus de la variole simienne au contact d'humains infectés, et ce de plusieurs façons : contact direct avec des personnes infectées ou contact avec des environnements et des vecteurs passifs contaminés, des déchets solides municipaux (DSM) ou des eaux usées (figure 1).

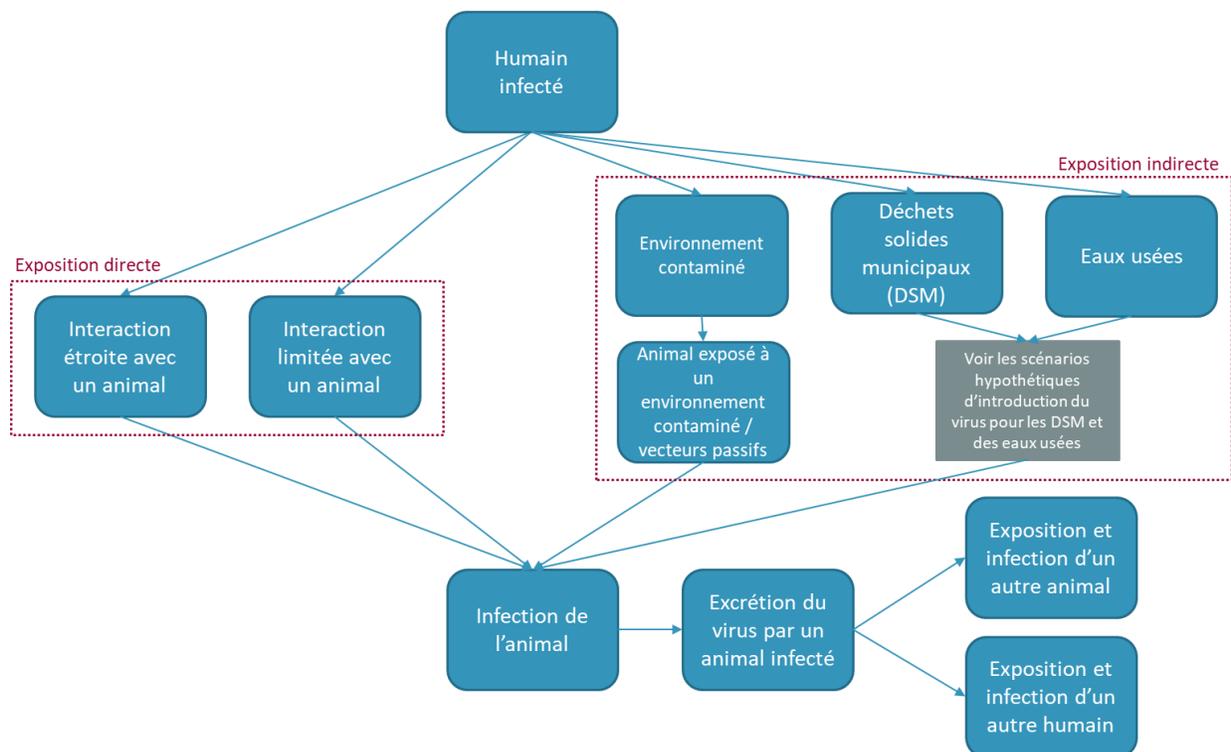


Figure 1. Scénario hypothétique d'introduction du virus de la variole simienne chez les animaux (animaux de compagnie, bétail et animaux sauvages) au Canada par exposition à des humains infectés.

Lacunes de la recherche et incertitudes

La variole simienne a toujours été une maladie peu étudiée. De plus, l'épidémie mondiale actuelle est principalement due à un clade du virus (clade IIb) qui diffère génétiquement du virus à l'origine de la plupart des cas antérieurs de variole simienne et qui semble présenter des caractéristiques différentes, notamment en ce qui concerne les modes de transmission et les symptômes (World Health

Organization, 2022b). Il existe par conséquent de nombreuses et importantes lacunes en recherche, dont plusieurs concernent directement cette analyse.

Les lacunes en recherche communes à toutes les voies d'exposition sont les suivantes :

- la sensibilité des différentes espèces animales au Canada à l'infection par le virus de la variole simienne, et en particulier par le clade IIb;
- la dose infectieuse du virus pour les espèces animales sensibles.

Il y a aussi des lacunes en recherche sur l'exposition des animaux par l'intermédiaire des déchets, notamment en ce qui concerne :

- la prévalence du virus infectieux dans les matières fécales humaines et autres fluides corporels;
- la stabilité du virus de la variole simienne sous différentes conditions environnementales et dans différents types de déchets solides, d'eau, d'eaux usées et de biosolides.
- l'effet de la dilution sur l'exposition à une dose infectieuse
- l'accès de différentes espèces animales aux DSM et aux eaux usées au sein des voies d'exposition à risque.

De plus, il existe une grande incertitude quant à l'exposition possible des animaux au virus par l'intermédiaire des déchets, et ce en raison de l'importante variation des pratiques de gestion des DSM et des eaux usées à travers le pays. La gestion des DSM et des eaux usées au Canada est une responsabilité partagée entre le gouvernement fédéral, les autorités provinciales, territoriales et municipales, il est donc difficile de comprendre l'exposition potentielle des animaux à l'échelle du pays.

Exposition des animaux au virus de la variole simienne par contact direct avec des personnes infectées ou des vecteurs passifs infectés

La transmission du virus de la variole simienne entre les humains s'est produite principalement par contact très étroit (par exemple, par contact sexuel); par conséquent, l'exposition d'un animal par contact étroit avec une personne infectée est la plus probable. Le contact étroit peut comprendre la manipulation, les caresses, les câlins ou le partage de nourriture. L'exposition d'un animal par une interaction plus limitée, par exemple lorsqu'un animal se trouve à proximité d'une personne infectée, est considérée comme moins probable. Selon le type d'animal (animal de compagnie, bétail ou animal sauvage), cette exposition peut se produire dans un certain nombre d'environnements différents, y compris, mais sans s'y limiter, dans les foyers, les refuges pour animaux, les fermes, les expositions de bétail, les cliniques vétérinaires, les installations de réhabilitation des animaux sauvages ou les zoos. Une personne infectée peut également contaminer ces environnements ou des objets, et un animal peut être exposé au virus par l'intermédiaire de vecteurs passifs.

Plusieurs mesures ont été prises dans le cadre de la réponse à l'épidémie actuelle de variole simienne au Canada afin d'empêcher et de gérer les contacts directs entre humains infectés et animaux. Ces mesures sont les suivantes :

- Gestion des cas et des contacts;
- Directives [fédérales](#), provinciales et territoriales (par exemple celles de la [Colombie-Britannique](#) et de l'[Ontario](#)) invitant le public à éviter tout contact avec les animaux s'ils sont infectés et, si ce n'est pas possible, à couvrir leurs lésions et à porter un masque et des gants;

- [Conseils destinés à l'industrie des animaux de compagnie](#) concernant les espèces animales sensibles au virus et les mesures à prendre en cas de maladie;
- [Conseils aux cliniques vétérinaires \(en anglais seulement\)](#).

Bien que l'exposition des animaux par contact direct ou par des vecteurs passifs soit préoccupante, ces voies d'exposition sont relativement bien comprises, même si l'étendue des espèces sensibles reste peu claire. Il a été établi que les voies d'exposition les moins bien comprises, et qui nécessitent par conséquent d'autres analyses pour comprendre les voies de contamination, sont l'exposition des animaux par l'intermédiaire des déchets solides municipaux (DSM) et des eaux usées.

Exposition des animaux à la variole simienne par l'intermédiaire des déchets solides municipaux

Cycle général des déchets solides municipaux au Canada

Les déchets solides municipaux (DSM) désignent les ordures, les matières recyclables et les matières organiques (résidus alimentaires et résidus de jardinage) provenant des foyers, des entreprises, des institutions et des chantiers de construction et de démolition (Gouvernement du Canada, 2017a). En général, les déchets résidentiels au Canada se composent principalement de matières organiques et de matières recyclables (40 % chacun), suivies de produits encombrants et d'autres matières (10 % chacun) (Environment Canada, 2013). Le cycle général des DSM comprend la collecte des déchets auprès des foyers ou à d'autres endroits, un éventuel tri dans une station de transfert, puis le transport vers des installations de compostage, des installations de recyclage et des sites d'enfouissement. La quantité des matières organiques et des matières recyclables traitées respectivement dans les installations de compostage et de recyclage varie d'une région à l'autre du pays en raison des différences d'accès à ces programmes. Environ 97 % des déchets nécessitant une élimination finale (c'est-à-dire non recyclés ou non compostés) sont envoyés dans des sites d'enfouissement et 3 % sont incinérés (Government of Canada, 2017a).

Hypothèse de voie d'exposition

Pour qu'il y ait introduction du virus chez les animaux par cette voie, les étapes suivantes doivent se produire (figure 2). Tout d'abord, une personne infectée par le virus de la variole simienne se débarrasse d'articles contaminés par le virus (par exemple, des pansements, des mouchoirs en papier, des résidus alimentaires) dans une poubelle municipale. L'exposition au virus de certains animaux peut se produire directement par contact avec les articles contaminés dans les conteneurs de déchets résidentiels, commerciaux ou publics. Sinon, le virus doit survivre dans ces articles contaminés pendant la collecte et le transport des déchets vers une station de transfert des déchets où ils sont triés, ou directement vers une installation de recyclage, une installation de compostage ou un site d'enfouissement. À ce stade, l'exposition des animaux peut se produire par contact direct durant la collecte ou le tri dans une station de transfert, ou dans un site d'enfouissement, une installation de compostage ou de recyclage, ou par contact avec le lixiviat (liquide contaminé résultant de la percolation de l'eau à travers un site d'enfouissement) ou le produit de compostage d'une installation de compostage. Enfin, les espèces animales sensibles doivent être exposées à une dose suffisante de virus viable pour être infectées et ensuite excréter le virus, ce qui peut exposer d'autres animaux ou des humains au virus.

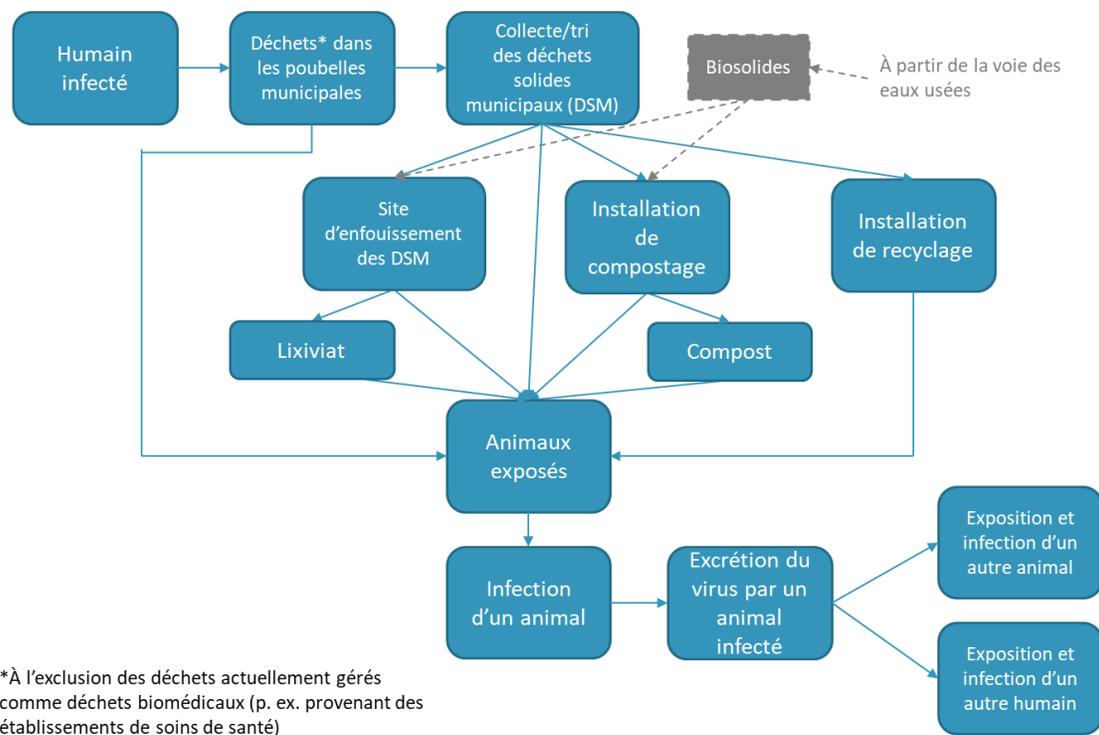


Figure 2. Scénario hypothétique d'introduction du virus de la variole simienne chez les animaux au Canada par exposition indirecte à des humains infectés par l'intermédiaire des déchets solides municipaux.

Stabilité environnementale du virus de la variole simienne dans les déchets solides

Le virus de la variole simienne est présent dans les lésions cutanées des personnes infectées et sa transmission par des vecteurs passifs, tels que les draps de lit, est reconnue comme étant possible (World Health Organization, 2022a). L'ADN du virus de la variole simienne a aussi été récemment détecté dans plusieurs types de fluides corporels provenant d'humains infectés, y compris la salive, bien que la présence d'ADN viral n'indique pas nécessairement la présence d'un virus viable (Peiró-Mestres et al., 2022). On dispose actuellement de très peu de données sur la stabilité du virus de la variole simienne dans l'environnement, mais, en général, les poxvirus ont tendance à rester relativement stables. Une étude expérimentale a montré que le virus de la vaccine, un orthopoxvirus étroitement apparenté, qui a été inoculé à des aliments et sur des pansements, est resté infectieux jusqu'à 166 jours à 4,5°C (Essbauer et al., 2007). Les virus ont tendance à survivre plus longtemps à des températures basses, et des températures environnementales de 4,5°C ou moins sont courantes pendant une grande partie de l'année au Canada. Une étude récente a détecté des virus viables de la variole simienne sur des surfaces ménagères après au moins 15 jours, bien qu'à des titres faibles (Morgan et al., 2022). Cependant, les orthopoxvirus sont sensibles aux rayons UV, à plusieurs désinfectants (par exemple l'hypochlorite de sodium à 0,5 % et les désinfectants ménagers à base de chloroxylénol) et à la chaleur (par exemple l'autoclavage et l'incinération) (Public Health Agency of Canada, 2022). Il n'existe actuellement aucune preuve scientifique de la stabilité du virus de la variole simienne sur les pansements, les mouchoirs en papier ou sur d'autres matériaux, utilisés par des personnes infectées par la variole simienne et isolées à la maison, qui seraient probablement jetés dans les conteneurs de déchets municipaux.

Espèces animales exposées aux déchets solides municipaux au Canada

Il existe une grande variété d'espèces animales qui pourraient potentiellement être exposées aux DSM au Canada. On sait que les animaux sauvages urbains, tels que les rongeurs, les rats laveurs, les mouffettes, les opossums, les renards et les coyotes, ainsi que les chats et les chiens en liberté, peuvent avoir accès aux déchets dans les conteneurs à déchets résidentiels, commerciaux et publics. De nombreuses espèces animales, notamment les oiseaux (tels que les goélands, les corbeaux, les vautours, les éperviers et les hiboux), les ours, les rats, les chats et les chiens en liberté, les coyotes, les cerfs, les rats laveurs, les opossums et les lynx roux ont été observés dans des sites d'enfouissement en Amérique du Nord (Adams, 2016). De plus, des animaux tels que les porcs sauvages et éventuellement d'autres espèces de bétail peuvent être exposés aux DSM dans des sites d'enfouissement ou à des lixiviats contaminés, mais les données sur ce type d'exposition ne sont pas bien documentées à ce jour. Certaines de ces espèces animales sont connues pour être sensibles à la variole simienne ou susceptibles de l'être, telles que certaines espèces de rongeurs et les opossums (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). Il est possible également que de nombreuses autres espèces qui sont en mesure d'accéder aux DSM y soient également sensibles (Blagrove et al., 2022).

Mesures prises et contrôles actuels

Aperçu de la gestion des déchets solides municipaux au Canada

La gestion des DSM au Canada est une responsabilité partagée entre le gouvernement fédéral et les autorités provinciales, territoriales et municipales. En général, les DSM sont réglementés par les provinces et les territoires et gérés par les autorités municipales et régionales et l'industrie de la gestion des déchets dans le cadre de contrats. En 2014, neuf provinces et territoires disposaient d'un cadre législatif, d'une politique ou d'une stratégie de gestion des déchets, et trois provinces et territoires en avaient un en projet (Giroux Environmental Consulting, 2014). Le gouvernement fédéral a la responsabilité de réglementer les mouvements internationaux et interprovinciaux des déchets dangereux, d'élaborer et d'aider à mettre en œuvre les pratiques exemplaires en matière d'environnement (Government of Canada, 2017a).

Contrôles généraux visant à prévenir l'exposition des animaux aux DSM et aux agents pathogènes présents dans les DSM

De nombreuses municipalités plus grandes au Canada semblent avoir mis en place des méthodes pour limiter l'exposition des animaux aux DSM avant leur transport vers une installation de compostage ou de recyclage ou vers un site d'enfouissement. Ces méthodes peuvent comprendre des conteneurs à déchets à l'épreuve des animaux, des règlements limitant la durée pendant laquelle les conteneurs à déchets résidentiels sont autorisés à être en bordure du trottoir pour la collecte, des camions et des stations de transfert conçus pour limiter l'accès des animaux, ainsi qu'un contrôle général des rongeurs et des organismes nuisibles.

En 2014, il y avait près de 2000 sites d'enfouissement au Canada (Giroux Environmental Consulting, 2014). En raison des différences de législation entre les provinces et les territoires et de pratiques de l'industrie de la gestion des déchets, la conception et la gestion des sites d'enfouissement individuelles peuvent varier (figure 3). Cependant, la plupart des provinces et des territoires disposant de règlements semblent faire mention de la limitation de la contamination de l'environnement et de l'accès des animaux aux sites d'enfouissement. Par exemple, les critères relatifs aux sites d'enfouissement pour les DSM du ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique comportent des exigences précises en

ce qui concerne la conception des sites d'enfouissement et le traitement des lixiviats pour éviter la contamination des eaux souterraines (British Columbia Ministry of Environment, 2016). Ces critères comportent également des exigences précises visant à limiter l'accès des animaux sauvages, notamment le recouvrement des déchets, la mise en œuvre d'un programme de dissuasion des oiseaux, le contrôle des rongeurs et l'installation de clôtures électriques à l'épreuve des ours dans les zones d'habitat concernées. Toutefois, si l'on ne supprime pas le principal facteur qui attire les animaux dans un site d'enfouissement (souvent les résidus alimentaires), les stratégies de contrôle ne permettront de réduire le nombre d'animaux que de façon temporaire (Adams, 2016). Comme les matières organiques peuvent constituer une partie importante des déchets déposés dans les sites d'enfouissement au Canada – dans les régions non desservies par des installations de compostage, jusqu'à 50 % des déchets envoyés dans les sites d'enfouissement sont des matières organiques – il faut s'attendre à une certaine exposition des animaux aux DSM dans les sites d'enfouissement.

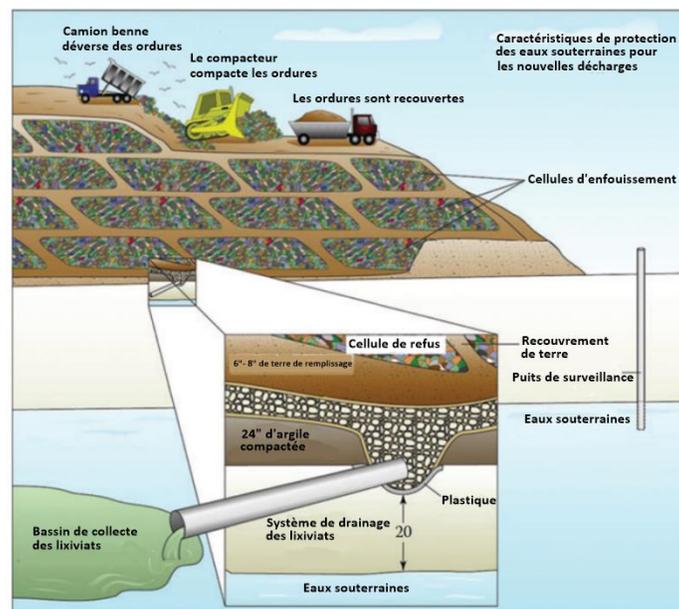


Figure 3. Caractéristiques d'un site d'enfouissement moderne (Adams, 2016).

Les programmes municipaux de gestion des matières organiques sont relativement récents au Canada. En 2019-2020, 317 installations de compostage ont été déclarées au Conseil canadien du compost (Compost Council of Canada, 2022). Comme pour la gestion des sites d'enfouissement, les règlements ou les lignes directrices en place pour les installations de compostage varient selon les provinces et les territoires. Cependant, les installations municipales de recyclage des matières organiques utilisent l'un des deux types de traitement suivants : aérobique ou anaérobique (Environment Canada, 2013). En résumé, le traitement aérobique (aussi appelé compostage) fait appel à différents micro-organismes qui décomposent les matières organiques et les transforment en un produit biologiquement stable (figure 4). Ce processus comprend une phase à haute température (généralement supérieure à 55°C pendant trois jours ou plus) qui réduit ou élimine la plupart des agents pathogènes. Le traitement

anaérobie utilise des micro-organismes pour décomposer la matière organique en l'absence d'oxygène et peut également comprendre des températures élevées. Il existe trois produits issus du traitement anaérobie : le digestat (solide), l'effluent (liquide) et le biogaz. Au Canada, le digestat doit subir un traitement supplémentaire (tel que le compostage ou le séchage) avant d'être utilisé, par exemple, comme engrais dans les champs (Environment Canada, 2013).



Figure 4. Exemple d'une installation de compostage en aérobie (City of Calgary, 2022).

Contrôles spécifiques à la variole simienne

En général, tant à l'échelle fédérale que provinciale ou territoriale, la variole simienne est considérée comme une marchandise dangereuse en matière de transport. La *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* (TMD) du gouvernement fédéral classe la variole simienne comme une matière infectieuse de catégorie A, la catégorie la plus élevée, qui est attribuée aux matières capables de causer une invalidité permanente ou un danger de maladie mortelle ou d'être potentiellement mortelle chez des humains ou des animaux normalement en bonne santé, en cas d'exposition (Government of Canada, 2018). Depuis le 2 juin 2022, Transports Canada autorise temporairement le transport d'échantillons prélevés sur des patients atteints de la variole simienne en tant que matières de catégorie B (Government of Canada, 2022b). Des directives particulières concernant le transport, la manipulation et l'emballage lors de l'élimination des déchets s'appliquent à ces matières. Toutefois, la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* ne s'applique pas aux déchets ménagers.

Certaines provinces et municipalités et certains territoires ont fourni des conseils sur l'élimination des déchets provenant de personnes infectées par la variole simienne. Par exemple, en Colombie-

Britannique, les conseils à l'intention du public recommandent, en cas de maladie, de jeter les masques, les pansements ou tout autre matériel contaminé dans un sac à ordures de bonne qualité et de les conserver dans un contenant à l'épreuve des animaux pour empêcher les animaux domestiques et sauvages (en particulier les rongeurs) d'y avoir accès (BC Centre for Disease Control, 2022). De même, pour les établissements de soins de santé à domicile, il est recommandé de mettre dans des doubles sacs les déchets cliniques et les articles jetables qui ont pu entrer en contact avec les sécrétions, les fluides biologiques ou les lésions cutanées d'un patient. À Toronto, il est demandé aux résidents sous enquêtes pour la variole simienne de mettre les résidus alimentaires et les mouchoirs en papier dans un double sac avant de les jeter dans la poubelle verte, de mettre les pansements et les gazes également dans un double sac avant de les jeter à la poubelle et de s'assurer que ces sacs sont dans des poubelles sécurisées avec le couvercle fermé jusqu'au ramassage (City of Toronto, 2022).

Exposition des animaux à la variole simienne par l'intermédiaire des eaux usées

Cycle général des eaux usées au Canada

Les eaux usées sont le terme collectif utilisé pour deux types différents de déchets liquides : les eaux d'égout sanitaires et les eaux pluviales (Government of Canada, 2017b). Les eaux d'égout sanitaires sont les déchets provenant des toilettes, des éviers, des douches, etc. des maisons, des commerces, des institutions et des industries. Les eaux pluviales sont les eaux de ruissellement des toits, des pelouses, des parcs de stationnement, des routes, etc. dues à la pluie ou à la fonte des neiges.

En 2017, 86 % des Canadiens étaient desservis par des systèmes de traitement des eaux usées municipales (Government of Canada, 2017b). Le cycle général des eaux usées municipales consiste en la collecte des eaux d'égout sanitaires et des eaux pluviales au moyen d'un réseau d'égouts, le traitement potentiel dans une usine de traitement des eaux usées (UTEU), puis le rejet de l'effluent (eaux usées traitées ou non) dans les eaux de surface telles qu'un océan, un lac ou une rivière. De plus, les biosolides, c'est-à-dire les solides qui restent après le traitement dans une UTEU, doivent être éliminés.

En 2017, 14 % des Canadiens n'étaient pas desservis par des systèmes de traitement des eaux usées municipales, mais plutôt par des systèmes indépendants (Government of Canada, 2017b). Dans la plupart des cas, il s'agit d'un système septique. Dans un système septique classique, les eaux d'égout sanitaires des habitations, etc., sont acheminées vers une fosse septique où les matières solides se déposent, puis le liquide restant est acheminé vers un champ d'épuration où il est dispersé dans le sol et retourne finalement dans les eaux souterraines.

Hypothèse de voie d'exposition

Pour qu'il y ait introduction du virus chez les animaux par cette voie, les étapes suivantes doivent se produire (figure 5). Tout d'abord, les eaux d'égout sanitaires contaminées provenant des habitations, des entreprises, des institutions, etc. pénètrent dans un système septique ou dans un réseau d'égouts municipal ou sont présentes dans l'environnement (par exemple, dans les toilettes extérieures). L'exposition de certains animaux peut se faire directement par contact avec les eaux usées brutes. Sinon, le virus doit survivre dans les eaux usées du système septique ou pendant leur transport vers une UTEU. Dans une UTEU, le virus doit survivre à tout traitement pour être présent dans l'effluent final ou dans les biosolides. Ensuite, les animaux doivent être exposés au virus. Cette exposition peut se produire par contact direct avec les eaux d'égout sanitaires d'un système septique, d'un réseau d'égouts

municipal ou dans l'environnement, ou par contact avec tout débordement (eaux usées non traitées déversées dans l'environnement) ou avec l'effluent ou les biosolides d'une UTEU. Enfin, les espèces animales sensibles doivent être exposées à une dose suffisante de virus viable pour être infectées et ensuite excréter le virus, ce qui peut exposer d'autres animaux ou des humains au virus.

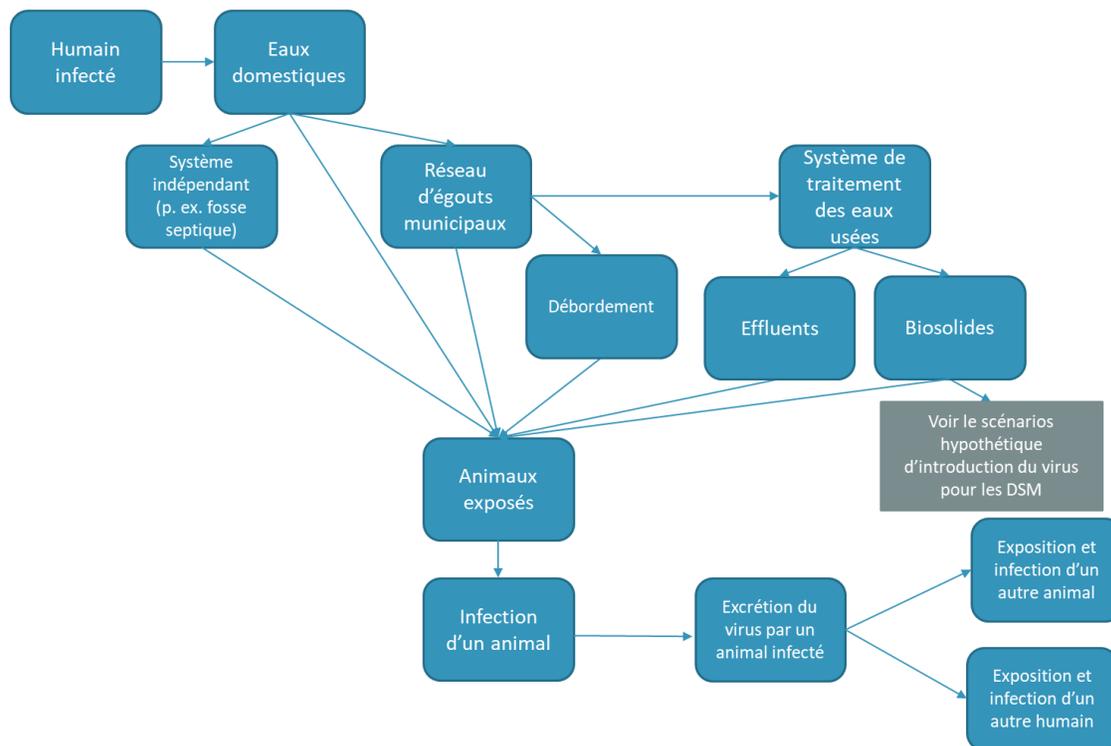


Figure 5. Scénario hypothétique d'introduction du virus de la variole simienne chez les animaux au Canada à partir d'une exposition indirecte à des humains infectés par l'intermédiaire des eaux usées.

Stabilité environnementale du virus de la variole simienne dans les eaux usées

On dispose actuellement de très peu de données sur la stabilité du virus de la variole simienne dans les eaux usées. Une étude expérimentale sur un orthopoxvirus étroitement apparenté a démontré que des eaux pluviales contaminées par le virus de la vaccine et conservées à 4,5°C restaient infectieuses pendant 166 jours (Essbauer et al., 2007). Au début de l'épidémie actuelle de variole simienne, on a étudié la possibilité d'utiliser les eaux usées pour surveiller les cas de variole simienne chez l'homme dans une région, de façon similaire à la surveillance des eaux usées dans le cas de la COVID-19. L'ADN viral de la variole simienne a été détecté dans les eaux usées de plusieurs pays, parmi lesquels le Canada (de Jonge et al., 2022; Girón-Guzmán et al., 2022; La Rosa et al., 2022; Sharkey et al., 2022; Wurtzer et al., 2022). Toutefois, on ne connaît pas à ce jour la viabilité du virus dans les eaux usées ou dans les biosolides.

On sait que le virus infectieux de la variole simienne est présent dans les lésions cutanées des humains infectés (World Health Organization, 2022a). Cependant, la présence de virus infectieux dans les fluides corporels commence seulement à être comprise. L'ADN viral de la variole simienne a récemment été

détecté dans plusieurs types de fluides corporels provenant d'humains infectés, notamment les matières fécales, l'urine, le sperme et la salive (Peiró-Mestres et al., 2022). De plus, le virus infectieux a été isolé dans des écouvillons anaux et urétraux de patients (Moschese et al., 2022). Bien que le virus infectieux n'ait pas été isolé à ce jour dans les matières fécales d'humains infectés, on a constaté que des animaux infectés par la variole simienne excrétaient le virus infectieux dans leurs matières fécales (Hutson et al., 2009; Patrono et al., 2020). Le virus de la variole simienne provenant de lésions cutanées peut être libéré dans les eaux usées pendant le rinçage, la douche ou l'utilisation des toilettes (de Jonge et al., 2022). Le lavage d'articles contaminés a également été noté comme un problème potentiel (Maal-Bared et al., 2022). Il est probable qu'une partie du virus viable pénètre dans le système des eaux usées, mais sa prévalence et sa persistance sont actuellement inconnues.

Espèces animales exposées aux eaux usées au Canada

Comme pour les DSM, il existe une grande variété d'espèces animales qui pourraient potentiellement être exposées aux eaux usées au Canada. Les rongeurs, tels que les rats vivant dans les égouts ou les rongeurs vivant près des systèmes septiques ou des UTEU, sont un sujet particulier de préoccupations en raison de leur capacité à accéder à ces endroits et de leur sensibilité probable au virus de la variole simienne. En cas de rejet d'effluents contaminés dans des plans d'eau, d'autres types d'animaux sauvages pourraient être exposés au virus de la variole simienne, notamment les mammifères semi-aquatiques (tels que les rats musqués, les loutres de rivière, les castors, etc.) et les mammifères marins (tels que les phoques, les baleines, les marsouins, etc.). D'autres espèces sauvages terrestres, des animaux de compagnie et le bétail peuvent être exposés en nageant dans les effluents, en les buvant ou en entrant en contact avec des biosolides répandus dans des zones agricoles, si la contamination de ces substances par le virus de la variole simienne est possible. La sensibilité d'un grand nombre de ces espèces est actuellement inconnue (Centers for Disease Control and Prevention, 2022).

Mesures prises et contrôles actuels

Aperçu de la gestion des eaux usées au Canada

Comme pour les DSM, la gestion des eaux usées est une responsabilité partagée au Canada. En général, les municipalités sont responsables de la collecte des eaux usées et de l'entretien des UTEU. Toutefois, le Règlement sur les effluents des systèmes d'assainissement des eaux usées (en vertu de la *Loi sur les pêches*) est entré en vigueur en 2012 et constitue les premières normes nationales pour le traitement des eaux usées au Canada (Government of Canada, 2017b). Ce règlement a été élaboré à la suite de consultations avec les provinces, les territoires, les municipalités, les groupes autochtones et d'autres groupes, et comprend des normes minimales obligatoires de qualité des effluents auxquelles on peut parvenir par un traitement secondaire des eaux usées. Toutefois, ce règlement ne comporte pas d'exigences relatives à la microbiologie, ce qui signifie qu'il est possible que des agents pathogènes tels que des bactéries et des virus soient encore présents dans l'effluent.

Contrôles généraux visant à prévenir l'exposition des animaux aux eaux usées et aux agents pathogènes présents dans les eaux usées

Les contrôles qui empêchent l'exposition des animaux aux eaux usées comprennent principalement la conception du système d'égout municipal ou du système septique. Il existe deux types de systèmes municipaux de collecte des eaux usées : les systèmes d'égouts unitaires et les systèmes d'égouts séparatifs (figure 6). Les systèmes d'égouts unitaires sont de conception ancienne dans lesquels les eaux d'égout sanitaires et les eaux pluviales sont collectées dans les mêmes canalisations. Les systèmes

d'égouts séparatifs collectent les eaux d'égout sanitaires et les eaux pluviales dans des canalisations distinctes. Les animaux tels que les rats d'égout peuvent être exposés aux eaux d'égout sanitaires dans les systèmes d'égouts unitaires, car ceux-ci sont ouverts à l'environnement afin de collecter les eaux pluviales. En outre, les animaux peuvent être exposés aux eaux d'égout sanitaires dans les débordements, c'est-à-dire le déversement d'eaux usées non traitées directement dans les eaux de surface pendant les périodes de fortes précipitations. Les animaux ont moins de risque d'être exposés aux eaux d'égout sanitaires dans les systèmes d'égouts séparatifs en raison de l'accès limité à ces canalisations.

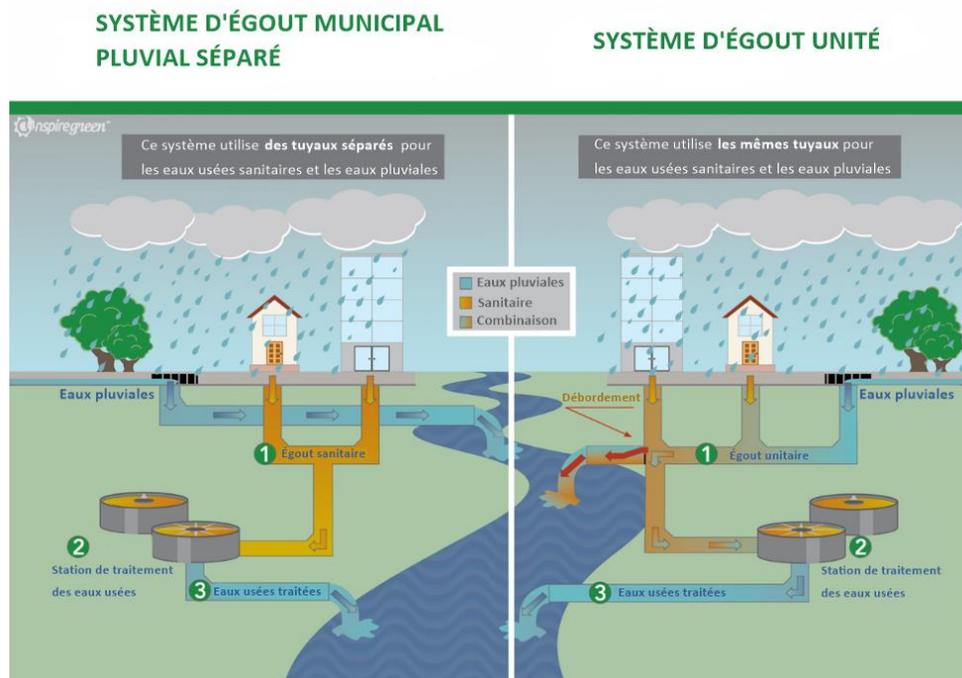


Figure 6. Systèmes municipaux de collecte des eaux usées.

Après la collecte, les eaux usées peuvent être rejetées directement dans l'environnement ou traitées dans une UTEU (figure 7). Le traitement dans une UTEU peut être primaire, secondaire ou tertiaire (Government of Canada, 2017b). Le traitement primaire consiste à éliminer une partie des matières solides en suspension et des matières organiques par des procédés physiques ou chimiques. Le traitement secondaire permet d'éliminer davantage les matières solides en suspension et les matières organiques à l'aide de procédés de traitement biologique et de décantation secondaire. Le traitement tertiaire élimine des substances spécifiques préoccupantes (solides, nutriments ou contaminants) après le traitement secondaire en utilisant un certain nombre de procédés physiques, chimiques ou biologiques. La désinfection, par exemple à l'aide de rayons UV ou de chlore, fait généralement partie du traitement tertiaire ou parfois du traitement secondaire. Comme nous l'avons vu pour les déchets solides municipaux, les orthopoxvirus sont sensibles aux rayons UV et à de nombreux désinfectants (par exemple le chlore) (Public Health Agency of Canada, 2022). L'OMS ainsi que d'autres groupes d'experts de l'eau ont conclu que les systèmes standard de traitement des eaux usées constituent des barrières

efficaces contre l'exposition aux virus enveloppés pour plusieurs raisons, comme la dégradation au fil du temps dans les systèmes de collecte et le fait que les UTEU éliminent ou inactivent souvent des virus aussi résistants ou plus résistants à la désinfection (Maal-Bared et al., 2022). Cependant, les UTEU au Canada ne possèdent pas toutes le même niveau de traitement. Les agents pathogènes qui sont présents dans les eaux usées sont probablement présents dans l'effluent si les eaux usées ne sont pas traitées ou ne subissent qu'un traitement primaire. Les animaux exposés à cet effluent seraient donc plus à risque d'être exposés à ces pathogènes.

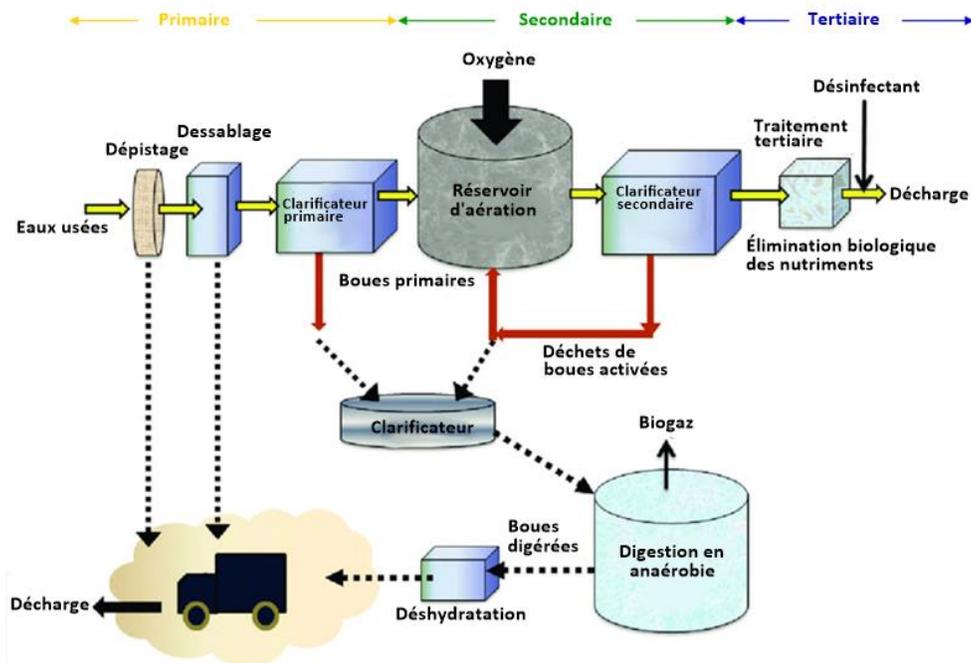


Figure 7. Processus type de traitement des eaux usées municipales (Okoye & Elbeshbishy, 2019).

En 2017, le volume des eaux usées municipales rejetées sans traitement au Canada était de 270 millions de mètres cubes, ce qui correspond à 4,4 % du volume total rejeté (Government of Canada, 2020). Cela comprend 164 millions de mètres cubes provenant de débordements d'égouts unitaires. Toutefois, le niveau de traitement appliqué aux eaux usées varie considérablement selon les provinces et les territoires (figure 8). En 2017, les provinces ayant la plus grande proportion d'eaux usées rejetées sans traitement ou ayant subi un traitement primaire seulement étaient Terre-Neuve-et-Labrador, avec 37 % des eaux usées non traitées, et le Québec avec 50 % des eaux usées ayant subi seulement un traitement primaire.

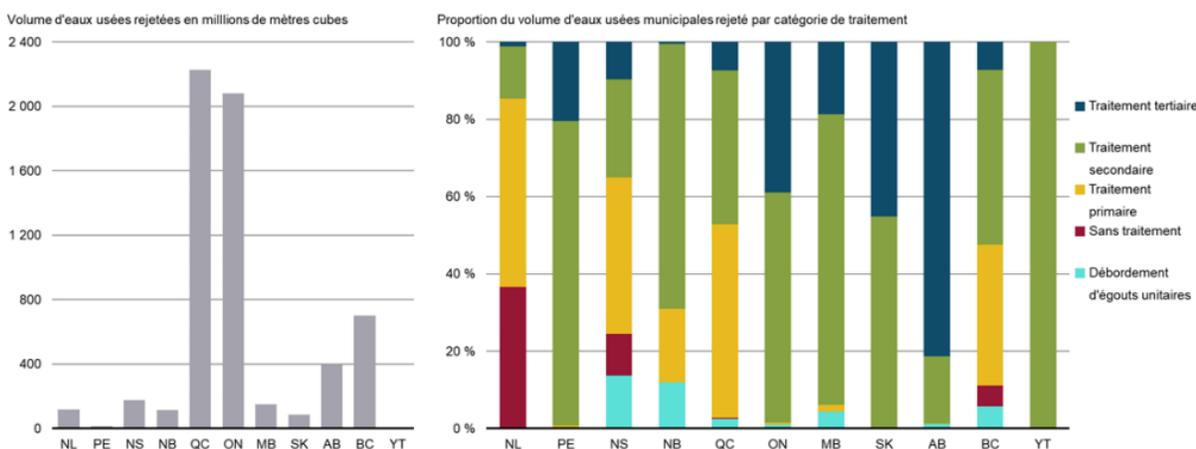
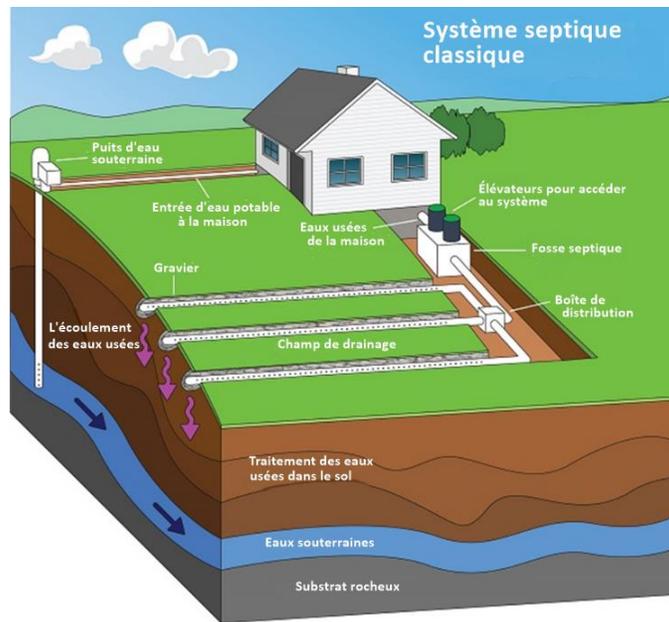


Figure 8. Volume et proportion des eaux usées municipales rejetées par catégorie de traitement, par province et territoire, Canada, 2017 (Government of Canada, 2020).

Il est également possible que les animaux soient exposés à des agents pathogènes présents dans les biosolides, les solides résiduels des eaux usées qui restent présents après traitement. Les biosolides peuvent être acheminés directement vers un site d'enfouissement ou compostés en aérobie ou en anaérobie (Government of Canada, 2021). Après le compostage, les biosolides peuvent être répandus sur des zones agricoles (Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, 2022). Dans le cas du compostage, comme nous l'avons vu avec les déchets solides municipaux, le processus implique généralement des températures plus élevées, ce qui est susceptible de tuer la plupart des agents pathogènes (Environment Canada, 2013). Cependant, si les biosolides sont transportés directement vers un site d'enfouissement ou répandus sur des zones agricoles sans traitement supplémentaire, il est possible que des agents pathogènes soient encore présents.

Dans les situations où un système indépendant est utilisé, le type le plus courant est un système septique classique (figure 9). Un système septique classique se compose d'une fosse septique et d'un champ d'épuration (Ontario Rural Wastewater Centre, 2022). Les eaux usées générées dans la maison sont transportées vers la fosse septique, qui est un conteneur souvent étanche en béton dont la fonction principale est d'éliminer et de stocker les solides présents dans les eaux usées. La fosse septique contient des bactéries anaérobies qui assurent environ 10 à 20 % du traitement dans un système septique. Après environ deux jours, le liquide se déplace vers le champ d'épuration. Celui-ci est constitué de tuyaux en PVC perforés et encastrés dans des tranchées remplies de gravier. La percolation du liquide à travers le sol élimine une partie des solides, et les bactéries aérobies et les réactions chimiques permettent de décomposer davantage les solides microscopiques, ce qui constitue le traitement final (de 80 à 90 %) dans un système septique. Le liquide retourne en fin de processus dans les eaux souterraines. Dans un système septique qui fonctionne adéquatement, il est possible que des animaux, tels que les rongeurs, soient exposés aux agents pathogènes présents dans les eaux usées par l'intermédiaire du champ d'épuration. Toutefois, l'exposition des animaux aux eaux usées et aux agents pathogènes présents dans celles-ci est plus probable de se produire dans les systèmes septiques défectueux ou anciens, qui présentent des fuites ou dont le traitement est inefficace.



Veillez noter: Les systèmes septiques varient. Le schéma n'est pas à l'échelle.

Figure 9. Système septique classique (Environmental Protection Agency, 2022)

Contrôles spécifiques à la variole simienne

Actuellement, il n'existe aucun contrôle en place spécifique à la détection de la variole simienne dans les eaux usées.

Conclusions et propositions

Il est possible qu'au Canada, les espèces animales sensibles soient exposées au virus de la variole simienne provenant d'humains infectés, et cela se produit par plusieurs voies différentes, notamment par les DSM et les eaux usées.

Dans le cas des DSM, l'exposition se produit le plus vraisemblablement par contact avec des déchets contaminés présents dans les conteneurs à ordures résidentiels et dans les sites d'enfouissement. De nombreuses incertitudes subsistent quant à l'exposition possible par d'autres voies, comme le contact des animaux avec des matières organiques compostées. Les animaux sauvages sont un sujet particulier de préoccupations, notamment les rongeurs, en raison de leur sensibilité potentielle au virus de la variole simienne et de leur présence fréquente dans les sites d'enfouissement, ainsi que du risque de formation d'un réservoir animal.

En raison de la possibilité d'exposition des animaux à la variole simienne par la voie des DSM, et jusqu'à ce que l'on en sache plus sur le sujet, il est recommandé de fournir ou de continuer à fournir des conseils pour empêcher l'exposition des animaux, en particulier les animaux sauvages, aux résidus provenant d'humains infectés par la variole simienne. En ce qui concerne les cas humains de variole simienne dans les milieux résidentiels et de soins à domicile, il s'agirait de désinfecter les résidus avant leur élimination, d'empêcher les animaux d'accéder aux conteneurs de déchets résidentiels et de procéder à une élimination sécurisée des résidus (par exemple, le double emballage). Selon l'autorité

compétente et les règlements en vigueur, il peut également être utile de sensibiliser et de conseiller les exploitants de sites d'enfouissement de déchets solides municipaux.

En ce qui concerne les eaux usées, l'exposition se produit le plus probablement via les systèmes d'égouts unitaires, le rejet d'eaux usées brutes, des eaux usées ayant subi seulement le traitement primaire (et éventuellement le traitement secondaire), les systèmes septiques et les biosolides non traités. Les animaux sauvages sont, encore une fois, un sujet particulier de préoccupations, en raison de leur risque d'exposition plus élevé et de la possibilité de la formation d'un réservoir animal.

De nombreuses lacunes importantes persistent dans la recherche concernant ces voies d'exposition, et elles devraient être comblées. Des données complémentaires, notamment sur la stabilité environnementale du virus et la sensibilité des principales espèces sauvages, seront importantes pour effectuer d'autres analyses dans l'avenir qui pourraient inclure des études de recherche, des évaluations des risques et éventuellement des modèles analytiques. Pour toutes ces analyses futures, il faudra veiller à inclure des experts dans des secteurs et des disciplines autres que la santé publique et la santé animale, tels que des professionnels des eaux et des déchets, des ingénieurs civils et en environnement, des scientifiques spécialistes de l'environnement, des experts de la faune urbaine et aquatique, et sans doute bien d'autres. Étant donné que les pratiques de gestion des déchets et des eaux usées peuvent varier considérablement à travers le pays et que la gestion des risques se ferait probablement à l'échelle municipale, provinciale et territoriale, il est également recommandé que les analyses complémentaires soient axées sur des situations municipales, provinciales et territoriales précises et comprennent des représentants des autorités compétentes concernées.

L'exposition possible d'animaux au virus de la variole simienne par contact avec les DSM ou l'exposition d'animaux à ce virus par l'intermédiaire des eaux usées sont des questions de santé complexes, qui font intervenir de nombreux intervenants et qui supposent aussi des priorités divergentes. Certains risques peuvent éventuellement être gérés grâce aux directives actuelles, mais une gestion plus poussée des risques nécessiterait d'entreprendre une analyse plus étendue ainsi que des consultations et une coordination plus larges. Il n'est probablement pas possible de gérer tous les risques liés à l'épidémie actuelle de variole simienne au Canada, en particulier en ce qui concerne la voie d'exposition aux eaux usées. Toutefois, les renseignements contenus dans le présent rapport seront utiles pour gérer à long terme la variole simienne au Canada, le cas échéant, et d'autres agents pathogènes émergents ou zoonotiques qui suscitent des préoccupations actuelles ou futures. Nous encourageons la poursuite des discussions, des recherches et des analyses dans ce domaine.

Références

- Adams, C. (2016). *Urban Wildlife Management (3rd ed.)*. doi:10.1201/9781315371863
- Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique. (2022). Monkeypox. Retrieved from <http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/monkeypox>
- Blagrove, M. S. C., Pilgrim, J., Kotsiri, A., Hui, M., Baylis, M., & Wardeh, M. (2022). Monkeypox virus shows potential to infect a diverse range of native animal species across Europe, indicating high risk of becoming endemic in the region. *bioRxiv [Preprint]*. doi:10.1101/2022.08.13.503846
- Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. (2016). *Landfill Criteria for Municipal Solid Waste*. Retrieved from https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/garbage/landfill_criteria.pdf.
- Centres de contrôle et de prévention des maladies. (2022). Monkeypox in Animals. Retrieved from <https://www.cdc.gov/poxvirus/monkeypox/veterinarian/monkeypox-in-animals.html#:~:text=What%20we%20know%20about%20monkeypox%20in%20animals%20,1,%20rash%20when%20they%20have%20monkeypox.%20More%20items>
- Ville de Calgary. (2022). How the Calgary Composting Facility works. Retrieved from <https://www.calgary.ca/waste/residential/how-composting-works.html#:~:text=The%20Calgary%20Composting%20Facility%20is%20the%20largest%20of,dewatered%20biosolids%2C%20a%20nutrient-rich%20by-product%20from%20wastewater%20treatment>
- Ville de Toronto. (2022). Monkeypox: Self-Isolation Guidance. Retrieved from <https://www.toronto.ca/community-people/health-wellness-care/health-programs-advice/monkeypox/monkeypox-message-from-toronto-public-health/>
- Conseil canadien du compost. (2022). Organics Recycling across Canada. Retrieved from <http://www.compost.org/>
- de Jonge, E. F., Peterse, C. M., Koelewijn, J. M., van der Drift, A. R., van der Beek, R., Nagelkerke, E., & Lodder, W. J. (2022). The detection of monkeypox virus DNA in wastewater samples in the Netherlands. *The Science of the Total Environment*, 852, 158265. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.158265
- Environnement Canada. (2013). *Traitement des matières organiques des déchets solides municipaux : sommaire du document technique*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-reduction-dechets/solides-municipaux/environnement/traitement-matieres-organiques-document-technique.html>
- Agence de protection de l'environnement. (2022). Types of Septic Systems. Retrieved from <https://www.epa.gov/septic/types-septic-systems>

- Essbauer, S., Meyer, H., Porsch-Özcürümez, M., & Pfeffer, M. (2007). Long-lasting stability of vaccinia virus (orthopoxvirus) in food and environmental samples. *Zoonoses and Public Health*, 54(3-4), 118-124. doi:10.1111/j.1863-2378.2007.01035.x
- Girón-Guzmán, I., Díaz-Reolid, A., Truchado, P., Carcereny, A., Garcia-Pedemonte, D., Hernaez, B., & Bosch, A. (2022). Wastewater based epidemiology beyond SARS-CoV-2: Spanish wastewater reveals the current spread of Monkeypox virus. *medRxiv [Preprint]*. doi:10.1101/2022.09.19.22280084
- Giroux conseil en environnement. (2014). *State of Waste Management in Canada*. Retrieved from https://www.nswai.org/docs/State_Waste_Mgmt_in_Canada.pdf
- Gouvernement du Canada. (2017a). *Gestion des déchets solides municipaux*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/gestion-reduction-dechets/solides-municipaux.html>
- Gouvernement du Canada. (2017b). *Gestion des eaux usées*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eaux-usees/gestion.html>
- Gouvernement du Canada. (2018). *Expédition des matières infectieuses*. Page consultée sur le site : <https://tc.canada.ca/fr/marchandises-dangereuses/expedition-matieres-infectieuses>
- Gouvernement du Canada. (2020). *Traitement des eaux usées municipales*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/traitement-eaux-usees-municipales.html>
- Gouvernement du Canada. (2021). *Biosolides : guide de déclaration*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/inventaire-national-rejets-polluants/declaration/outils-calcul-emissions-secteur/guide-biosolides.html>
- Gouvernement du Canada. (2022a). *Variole simienne (orthopoxvirose simienne)*. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/variole-singe.html>
- Gouvernement du Canada. (2022b). *Certificat temporaire TU 0886.1 : Échantillons de Variole du singe*. Page consultée sur le site : <https://tc.canada.ca/fr/marchandises-dangereuses/certificats-temporaires/certificat-temporaire-tu-08861-echantillons-variole-singe>
- Hutson, C. L., Olson, V. A., Carroll, D. S., Abel, J. A., Hughes, C. M., Braden, Z. H., . . . Regnery, R. L. (2009). A prairie dog animal model of systemic orthopoxvirus disease using West African and Congo Basin strains of monkeypox virus. *Journal of General Virology*, 90(2), 323-333. doi:10.1099/vir.0.005108-0
- La Rosa, G., Mancini, P., Veneri, C., Bonanno, F., Lucentini, L., Iaconelli, M., & Suffredini, E. (2022). Detection of Monkeypox virus DNA in the wastewater of an airport in Rome, Italy: expanding environmental surveillance to emerging threats. *medRxiv [Preprint]*. doi:10.1101/2022.08.18.22278932

- Maal-Bared, R., Gerba, C., Bibby, K., Munakata, N., Mehrotra, A. S., Brisolaro, K. F., . . . Sobsey, M. (2022). The Current Multicountry Monkeypox Outbreak: What Water Professionals Should Know. *ACS ES&T Water*. doi:10.1021/acsestwater.2c00287
- Morgan, C., Whitehill, F., Doty, J., Schulte, J., Matheny, A., & Stringer, J. (2022). Environmental Persistence of Monkeypox Virus on Surfaces in Household of Person with Travel-Associated Infection, Dallas, Texas, USA, 2021. *Emerging Infectious Disease*, 28(10), 1982-1989. doi:10.3201/eid2810.221047
- Moschese, D., Pozza, G., Mileto, D., Giacomelli, A., Cutrera, M., Cossu, M. V., . . . Rizzardini, G. (2022). Isolation of viable monkeypox virus from anal and urethral swabs, Italy, May to July 2022. *European Communicable Disease Bulletin*, 27(36). doi:10.2807/1560-7917.Es.2022.27.36.2200675
- Okoye, F., & Elbeshbishy, E. (2019). *Municipal Solid Waste Management*. doi:10.5772/intechopen.81845
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. (2022). Sewage Biosolids - Managing Urban Nutrients Responsibly for Crop Production. Retrieved from <http://omafra.gov.on.ca/english/nm/nasm/info/brochure.htm>
- Centre des eaux usées rurales de l'Ontario. (2022). Septic System Basics. Retrieved from <https://ontarioruralwastewatercentre.ca/homeowner-information/septic-system-basics/>
- Patrono, L. V., Pléh, K., Samuni, L., Ulrich, M., Röthemeier, C., Sachse, A., . . . Leendertz, F. H. (2020). Monkeypox virus emergence in wild chimpanzees reveals distinct clinical outcomes and viral diversity. *Nature Microbiology*, 5(7), 955-965. doi:10.1038/s41564-020-0706-0
- Peiró-Mestres, A., Fuertes, I., Camprubí-Ferrer, D., Marcos, M., Vilella, A., Navarro, M., . . . Blanco, J. L. (2022). Frequent detection of monkeypox virus DNA in saliva, semen, and other clinical samples from 12 patients, Barcelona, Spain, May to June 2022. *European Communicable Disease Bulletin*, 27(28), 2200503. doi:10.2807/1560-7917.es.2022.27.28.2200503
- Agence de la santé publique du Canada. (2022). Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents Pathogènes – Orthopoxvirus simien. Page consultée sur le site : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/orthopoxvirus-simien.html>
- Sharkey, M., Babler, K., Amirali, A., Grills, G., Kumar, N., Laine, J., & Lamar, W. (2022). First detection of the Monkeypox virus using wastewater-based surveillance in Miami-Dade County. *Research Square [Preprint]*. doi:10.21203/rs.3.rs-2010415/v1
- Walkinshaw, E. (2011). Medical waste-management practices vary across Canada. *Canadian Medical Association Journal*, 183(18), E1307-1308. doi:10.1503/cmaj.109-4032
- Organisation mondiale de la Santé. (2022a). Variole du singe (orthopoxvirose simienne). Page consultée sur le site : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/monkeypox>

Organisation mondiale de la Santé. (2022b). Orthopoxvirose simienne : les experts renomment les variants du virus. Page consultée sur le site : <https://www.who.int/fr/news/item/12-08-2022-monkeypox--experts-give-virus-variants-new-names>

Wurtzer, S., Levert, M., Dhenain, E., Boni, M., Tournier, J., Londinsky, N., & Lefranc, A. (2022). First detection of Monkeypox virus genome in sewersheds in France. *medRxiv [Preprint]*. doi:10.1101/2022.08.18.22278938