

Agents pathogènes et déchets de soins à risque - Rapport de recherche -

Table des matières

1	Résumé	4
2	Avant-propos.....	7
3	Introduction, définitions et contexte	9
3.1	Les déchets de soins.....	9
3.2	Cadre législatif.....	9
3.3	Agents pathogènes.....	10
3.4	Risques de contamination par des agents pathogènes, généralités.....	13
3.5	Risques de contamination par des agents pathogènes stricts et opportunistes	14
3.6	Hypothèses préalables et portée de l'étude	16
3.7	Objectif de l'étude.....	19
4	Méthodologie	20
4.1	Étape 1 : liste des agents pathogènes	21
4.2	Étape 2 : détermination de l'impact médical et de la pathogénicité	22
4.3	Étape 3 : combinaison des facteurs.....	25
5	Résultat	27
5.1	Matrice par groupe d'agents pathogènes	27
5.2	Outil numérique	32
5.3	Estimation de l'impact sur le traitement des déchets.....	32
6	Discussion.....	37
6.1	Points à considérer sur le plan du contenu	37
6.2	Limites de l'étude actuelle	38
6.3	Continuité de l'étude.....	39
7	Conclusion	40
8	Clause de non-responsabilité.....	41
9	Liste des experts consultés	42
10	Annexes.....	43
10.1	Probabilité de contamination du personnel par des emballages de déchets hospitaliers médicaux solides mal fermés.	43
10.2	Aperçu des scores par groupe d'agents pathogènes	45
11	Listes de référence des agents pathogènes	63
11.1	Publications générales.....	63
11.2	Virus.....	63
11.3	Champignons et levures	64
11.4	Parasites	65

1 Résumé

En 2020, la Région de Bruxelles-Capitale a lancé un projet intitulé : « *Expertise des déchets résultant d'activités de soins de santé* ». Le projet visait à mettre au point une directive pour la collecte et le traitement des déchets de soins de santé provenant du diagnostic et du traitement de patients admis pour des maladies infectieuses. Plus précisément, la question était de savoir si la qualification des déchets jusqu'alors considérés comme des déchets de soins à risque était correcte. En effet, l'ancienne directive (1994) ne donnait que peu ou pas d'indications permettant d'évaluer si un agent pathogène de cette liste pouvait générer des déchets dangereux ou non dangereux.

Plusieurs hypothèses ont été définies en amont de l'étude, notamment : (1) il est supposé que le personnel manipulant les déchets est en bonne santé et n'est pas immunodéprimé ; (2) il est supposé que les règles d'hygiène hospitalière et de sélection des déchets imposées dans l'hôpital sont respectées ; (3) il est supposé que le personnel manipulant les déchets est correctement formé et dispose d'équipements de protection individuelle adéquats.

Le [chapitre 3](#) commence par une définition médico-biologique des agents pathogènes en mettant l'accent sur les notions d'organismes commensaux et strictement pathogènes. C'est sur cette base que le risque de contamination est défini. En particulier, la possibilité que les organismes commensaux puissent être considérés comme non à risque est explorée. S'il existe des arguments suffisants à cet effet, ce type de déchets peut être considéré comme potentiellement valorisable selon la définition en vigueur.

Ce chapitre conclut qu'il existe des arguments pour considérer une partie des déchets de soins comme non à risque, mais que l'utilisation de ces arguments pour classer la liste des pathogènes dans l'ancienne directive de 1994 était inappropriée. Il convient donc d'apporter une autre définition aux propriétés des agents pathogènes. Cette question est exposée aux [chapitres 4 et 5](#).

Dans un premier temps, la définition médicale des agents pathogènes a été remplacée par une définition opérationnelle, qui pouvait être appliquée sur le terrain. Cette définition est le résultat d'une construction basée sur deux paramètres : l'impact clinique d'une infection et la pathogénicité des agents pathogènes.

Concrètement, la classification de l'OMS de l'impact clinique en quatre classes a été retenue :

- classe 1 : infection par un agent pathogène sans impact médical ;
- classe 2 : l'impact médical de l'infection est limité et ne nécessite généralement pas de traitement ;
- classe 3 : l'impact médical est sévère mais il existe un traitement, éventuellement un vaccin ;
- classe 4 : l'impact médical est très sévère à mortel et il n'existe pas de traitement.

La pathogénicité a été définie comme une combinaison de valeurs numériques pour un certain nombre de variables. Il y a par exemple la durée de vie *ex vivo* de l'agent pathogène, mais également d'autres variables telles que la transmission, la dose infectieuse et la possibilité pour l'agent pathogène de pénétrer dans l'organisme d'une personne à travers la peau, qu'elle soit lésée ou non. Une valeur a été attribuée à chaque variable, le produit final de ces valeurs donnant lieu à une note finale. Dans l'algorithme proposé, il s'agit d'un chiffre compris entre 0 et 32, qui correspond à une approximation de la qualification du niveau de dangerosité des déchets de soins concernés. Dans cet exercice, une valeur seuil arbitraire de 16 a été choisie pour établir la distinction entre une pathogénicité (plus) élevée et une pathogénicité (plus) faible. Ce choix sera discuté ultérieurement. Cet exercice a été réalisé sur un grand nombre de listes de virus, bactéries, champignons et levures, pour lesquelles les agents pathogènes ont été soumis à une étude bibliographique afin d'obtenir des informations pour les différentes variables.

La pathogénicité et l'impact clinique ont été représentés dans un système d'axes à deux dimensions, avec la pathogénicité sur l'axe des ordonnées et l'impact clinique sur l'axe des abscisses. Dans ce rapport, des tableaux donnent les valeurs X et Y pour un grand nombre d'agents pathogènes et indiquent leur position dans le système d'axes. Enfin, quatre quadrants ont été définis de façon arbitraire dans ce système d'axes :

- A : agent pathogène inoffensif et sans impact clinique ;
- B : pathogénicité plus élevée de l'agent pathogène mais avec un impact clinique limité ;
- C : conséquences médicales sévères mais faible pathogénicité ;
- D : impact médical élevé et haute pathogénicité.

Le [chapitre 5](#) décrit plusieurs situations concrètes sur le lieu de travail (8 scénarios) dans lesquelles, sur la base des résultats des chapitres 4 et 5, des suggestions sur le traitement des déchets de soins pourraient être tirées. Dans ces scénarios, la classe de l'OMS est prise en compte. Pour les agents pathogènes de classe 1 et 2, les déchets de soins de santé sont considérés comme des déchets non à risque. En ce qui concerne la classe 3 de l'OMS, il a été démontré pour un certain nombre d'agents pathogènes que l'impact sur les déchets de soins de santé était faible, voire négligeable. Dans ce cas, les déchets peuvent être considérés comme des déchets non dangereux non ménagers. Pour les agents pathogènes de la classe 4 de l'OMS, le principe de précaution (*precautionary principle*) est appliqué : les agents pathogènes peuvent avoir un impact médical tel que les déchets sont toujours considérés comme des déchets de soins à risque, indépendamment des résultats. Dans deux scénarios, la comorbidité est prise en compte : si l'une des pathologies génère par définition des déchets de soins à risque, les déchets provenant du traitement d'autres pathologies doivent également être considérés comme des déchets de soins à risque. Dans le scénario où un patient doit rester en isolement sans autre intervention technique ou médicale (par exemple, sans cytostatiques), il n'y a aucune raison de

considérer les déchets générés comme des déchets de soins à risque. Si un patient est placé en isolement sans connaissance de l'agent pathogène, c'est toujours le scénario le plus pessimiste qui est envisagé : les déchets générés par la prise en charge de ces patients sont toujours considérés comme des déchets de soins à risque et ne peuvent donc pas être valorisés. Cette décision peut être revue une fois l'agent pathogène connu.

Enfin, les [chapitres 6 à 10 compris](#) discutent des résultats et apportent une conclusion. Ce rapport se termine par une liste des références utilisées au [chapitre 11](#).

Il convient de garder à l'esprit que cet exercice repose sur une étude bibliographique et que les données font encore défaut pour plusieurs agents pathogènes. L'extrapolation des résultats peut donc conduire à des conclusions erronées. Il est également important de rappeler que la classification en 4 quadrants du système d'axes et le choix des valeurs seuils sont arbitraires. Chaque hôpital peut décider de la manière dont cette classification doit être effectuée. Ici, le principe de précaution est bien entendu d'application. D'autre part, il s'agit selon nous de la première tentative de convertir en chiffres des conclusions sur la manière dont les déchets de soins devraient ou pourraient être traités. Cela pourrait apporter une solution au caractère relativement arbitraire de certaines décisions en matière de gestion des déchets de soins.

2 Avant-propos

Le 23/03/1994, la Région de Bruxelles-Capitale a publié le texte légal intitulé : « Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale relatif à la gestion des déchets résultant d'activités de soins de santé (MB 14/09/1994) ». Ce texte a été le document de référence en matière de traitement des déchets dans le secteur de la santé pendant de nombreuses années. Toutefois, en 2020, il est apparu que ce texte de 1994 contenait en toute vraisemblance des parties devant être considérées comme obsolètes en raison de l'état actuel de la science biologique, de l'expérience et de l'évolution de la compréhension nationale et internationale des questions relatives aux déchets. L'épidémie mondiale de coronavirus qui a émergé en Chine en décembre 2019/janvier 2020 et a frappé notre pays en février-mars 2020 a mis en lumière les efforts (bio)médicaux évidents au profit des patients, mais elle a également soulevé des questions dans des domaines connexes, notamment celui des déchets de soins de santé. Par conséquent, Bruxelles Environnement a lancé un appel d'offres public intitulé : « Expertise des déchets résultant d'activités de soins de santé » et a envoyé ce marché en guise d'invitation à l'équipe de recherche de l'hôpital universitaire de Gand (UZ Gent) et de l'université de Gand (UGent). La question était de mettre à jour la liste des agents pathogènes et leur impact potentiel sur la gestion des déchets de soins de santé en tenant compte de l'état actuel de la science. Ce rapport comprend la réponse possible à cette question.

Ce rapport est le fruit d'une collaboration intense entre les chercheurs et le superviseur, avec l'aide de divers experts et des moments de consultation avec Bruxelles Environnement. L'approche présentée dans le présent rapport est résolument innovante et remet en question certaines pratiques courantes et répandues en matière de traitement des déchets. Les résultats de ce rapport feront donc l'objet d'un débat dans les sphères scientifiques en Belgique et à l'étranger. Cela devrait être considéré comme un bon pas en avant. La première étape de la résolution d'un problème est après tout de reconnaître son existence. Ce rapport montre surtout qu'il existe d'autres façons de réfléchir à la manière de traiter les déchets de soins de santé.

En outre, l'établissement de ce rapport n'aurait pas pu mieux et/ou plus mal tomber. En effet, la pandémie de COVID-19 a clairement montré que la communauté médicale (en Belgique) manque encore d'informations lorsqu'il s'agit de l'élimination des agents pathogènes. Dans la lutte contre la pandémie, plusieurs décisions concernant l'élimination de matériel potentiellement contaminé ont été prises de manière insuffisamment informée et sous le coup de l'émotion, ce qui a entraîné une augmentation de la quantité de déchets de soins de santé à risque. Parallèlement, la pandémie de COVID-19 a également mis en évidence la disponibilité limitée d'une grande partie de l'expertise scientifique non seulement au niveau des soins de santé, mais également nécessaire pour ce rapport. Par conséquent, le processus n'a pas toujours été facile. Ce rapport démontre donc la résilience du

secteur des soins de santé et de ses acteurs. Les auteurs souhaitent remercier tous ceux qui ont contribué à ce rapport, ainsi que ceux qui le liront avec grand intérêt.

3 Introduction, définitions et contexte

3.1 Les déchets de soins

Les déchets de soins proviennent du diagnostic, du traitement et de la prise en charge de patients atteints de pathologies diverses, dont certaines, si elles ne sont pas gérées correctement, peuvent entraîner de graves problèmes de santé publique. Les déchets de soins constituent donc un flux de déchets particulier, non tant en raison de leur quantité (les déchets de soins représentent 2 à 4 % du total des déchets) que de leur nature particulière pour ce qui a trait à l'estimation du risque inhérent et, par conséquent, à leur traitement.

En raison de cette nature particulière, les déchets de soins sont classés en deux grandes catégories. Dans la Région de Bruxelles-Capitale, on distingue : les « déchets de soins à risque » et les « déchets de soins non à risque ». En Flandre, ces déchets de soins à risque sont également abrégés par l'acronyme RMA, tandis qu'en Wallonie, ils sont appelés déchets de soins de santé de classe B2. Les déchets de soins non à risque sont appelés NRMA en Flandre et B1 en Wallonie.

Les déchets de soins non à risque sont collectés comme des déchets non dangereux non ménagers selon le Brudalex art 4.7.11 §1, et traités comme tels. Les déchets des soins à risque doivent suivre une procédure de traitement spéciale, avec un impact écologique plus important. Les causes des risques associés aux déchets de soins à risque sont multiples, comme la présence de produits chimiques (par exemple, des déchets ayant des propriétés cytostatiques). Dans le cadre de ce projet, seule la présence d'agents pathogènes dans les déchets est considérée comme la source de risque. La présence de produits chimiques n'est pas étudiée dans ce rapport. Par conséquent, ce projet se concentre sur les « déchets de soins de santé spéciaux ».

3.2 Cadre législatif¹

La principale législation ne laissant aucune place au doute est la réglementation ADR qui régit le transport des déchets dangereux. La réglementation a défini une classe 6.2 (« matières dangereuses »), qui inclut les matières contaminées par des agents pathogènes. La réglementation ADR comprend une liste d'agents pathogènes (catégorie A) qu'elle considère comme devant être traités comme des agents pathogènes à haut risque en raison de la menace qu'ils représentent pour la santé publique².

La principale directive européenne en matière de déchets et de contrôle est la directive 2008/98/CE. D'autres directives doivent être consultées, notamment la directive 2009/41/CE relative aux OGM. Les

¹ Pour cette section, nous avons travaillé avec M. Willy Van Praet (expert de l'UE sur la réglementation ADR). Voir le CV dans la : Liste des experts consultés

² Outre la catégorie A, la réglementation ADR définit la catégorie B comme étant les agents pathogènes non inclus dans la catégorie A. Il s'agit indéniablement d'une définition très incomplète et difficilement applicable dans la pratique.

transferts transfrontaliers de déchets sont réglementés par le Règlement européen 1013/2006. La législation environnementale dont relève la gestion des déchets de soins est réglementée au niveau régional en Belgique. Le décret relatif à la gestion des déchets en Région bruxelloise est résumé sur le site web sur les soins de santé³.

Il est intéressant de noter qu'en vertu de la législation, il existe peu d'alternatives au traitement des déchets de soins devant être considérés comme des déchets de soins à risque. En effet, les déchets de soins considérés comme des déchets de soins à risque doivent être incinérés ou peuvent, sous certaines conditions et conformément à l'article 4.7.2 §5 du Brudalex, être considérés comme des déchets de soins non à risque après une désinfection appropriée. Outre la question de savoir quels déchets doivent être considérés comme des déchets de soins à risque, à laquelle cette étude tente d'apporter une première réponse, l'une des autres questions soulevées par ce projet est de déterminer si cette méthode de traitement est toujours nécessaire, sachant que l'incinération est une solution moins intéressante sur le plan économique et écologique. S'il s'avérait, sur la base d'arguments scientifiques, que l'incinération n'est pas nécessaire, des voies alternatives pourraient être envisagées, notamment la réutilisation du matériel médical, le recyclage et autres, regroupées sous le terme de valorisation.

3.3 Agents pathogènes

Un agent pathogène est une structure biologique pouvant provoquer une maladie chez une personne. Le principal groupe d'agents pathogènes est constitué de (micro-)organismes : bactéries, virus, champignons, protozoaires, vers et arthropodes. Outre les micro-organismes, les prions présentent un potentiel pathogène en tant que structure moléculaire⁴.

3.3.1 Bactéries

Les bactéries sont des organismes vivants indépendants. Certaines peuvent survivre en dehors de l'hôte, et donc également dans les déchets de soins. On distingue respectivement les bactéries pathogènes strictes ou obligatoires, les bactéries pathogènes opportunistes et les bactéries commensales :

- Les **bactéries pathogènes strictes** (synonymes : pathogènes primaires, vrais, obligatoires) peuvent provoquer une maladie infectieuse chez une personne en bonne santé, quelle que soit sa condition

³ <https://environnement.brussels/thematiques/dechets-ressources/gestion-des-dechets/les-dechets-et-le-permis-d'environnement/conditions-relatives-certains-flux-et-ou-operations-de-dechets/obligations-relatives-la-gestion-des-dechets-de-soins-de-sante>

⁴ Mims C, Dockrell HM, Goering RV, Roitt I, Wakelin D, Zuckerman M. Microbiologie médicale, troisième édition. Elsevier (2004)

physique. Les exemples les plus connus sont les maladies pertusis (*Bordetella Pertussis*) et tétanos (*Clostridium Tetani*)⁵.

- Les **bactéries pathogènes opportunistes** (synonyme : pathogènes facultatifs) sont généralement inoffensives mais peuvent provoquer un état pathologique chez les sujets aux défenses immunitaires altérées. C'est donc la condition de l'hôte dans le triangle hôte-agent pathogène-inoculum qui détermine principalement si une bactérie pathogène est opportuniste ou non⁶. Les personnes à risque sont notamment celles qui subissent une transplantation d'organe/de tissu ou une thérapie immunosuppressive, ou les patients sous chimiothérapie ou traitements stéroïdiens^{7,8}.
- Les **bactéries commensales** sont des micro-organismes parasites qui se sont adaptés à l'homme en tant qu'hôte. Elles sont présentes sur la peau et les muqueuses. Le tractus gastro-intestinal abrite également un très grand nombre de bactéries commensales. Les bactéries commensales ne causent des maladies que dans des cas rares : lorsque c'est le cas, elles se comportent comme des bactéries pathogènes opportunistes⁹. Exemple de bactéries commensales : *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacteria*¹⁰.

Il ressort ainsi clairement que la distinction entre les bactéries strictes, opportunistes et commensales ne peut se baser uniquement sur une propriété intrinsèque du micro-organisme, mais qu'elle résulte de l'interaction agent pathogène-hôte. Il est entendu que cela sera un facteur de complication lors de l'évaluation des risques.

3.3.2 Virus

Contrairement aux bactéries, les virus ont besoin des cellules d'un hôte pour se multiplier. La possibilité que des virus provoquent une infection par le biais de déchets de soins d'un patient source a cependant

⁵ Mims C, Dockrell HM, Goering RV, Roitt I, Wakelin D, Zuckerman M. (2004). Microbiologie médicale, troisième édition. Elsevier.

⁶ Par exemple, la *Pseudomonas* (responsable de la pneumonie) est en grande partie inoffensive pour les personnes en bonne santé mais c'est un agent pathogène important chez les patients atteints de BPCO et de mucoviscidose, entre autres, et constitue ici une bactérie pathogène opportuniste.

⁷ Martinez J. (2014). Short-sighted evolution of bacterial opportunistic pathogens with an environmental origin. *Frontiers in Microbiology* 5, article 239.

⁸ Diard M, Hardt WD. Evolution of bacterial virulence. *FEMS microbiology reviews* 41(2017)679-697.

⁹ Par exemple, *Escherichia Coli* est une bactérie normalement présente dans le tractus gastro-intestinal et considérée comme commensale, mais elle peut provoquer une pathologie grave (pyélonéphrite ou diverticulite) même chez des individus en bonne santé.

¹⁰ Browne HP, Neville BA, Forster SC, Lawley TD. Transmission of the gut microbiota : spreading of health. *Nature reviews, microbiology* 15(2017)531-543.

été démontrée pour l'hépatite B, par exemple, et plus récemment suggérée pour le coronavirus^{11,12}. Les virus sont divisés en classes, les principales étant : les virus à ADN, notamment les *Hepadnaviridae* (virus de l'hépatite B) et le groupe des *Herpesviridae* (virus de l'herpès simplex, virus d'Epstein-Barr, etc.) ; les virus à ARN, notamment le groupe des *Flavoviridae* (hépatite C, dengue, etc.) ; le groupe des *Retroviridae* (VIH) ; le groupe des coronavirus (SRAS, COVID-19, etc.) ; et les *Filoviridae* (ebola, marburg)¹³.

3.3.3 Champignons, protozoaires, vers et arthropodes

Contrairement aux bactéries et aux virus, on suppose que l'infection par les déchets de soins ne fait pas partie des voies d'infection connues pour ces organismes. Les vecteurs de transmission sont en effet presque toujours les moustiques, les mouches, les acariens, les puces, etc. Les patients admis dans les hôpitaux belges avec ce type d'infection (par exemple, le paludisme) ont généralement été infectés dans des zones endémiques, notamment en Afrique, en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Cependant, la transmission accidentelle de *P. falciparum*, le parasite protozoaire responsable du paludisme, peut également se produire lors d'une transfusion sanguine imprudente ou de la réutilisation d'aiguilles contaminées. Par ailleurs, la survie ex vivo de l'agent infectieux dans le sang d'un patient est très courte (moins d'une heure). Ces infections sont souvent associées à des affections sous-jacentes¹⁴.

3.3.4 Prions

Les prions sont de petites protéines non vivantes qui présentent une résistance particulière aux désinfectants et qui peuvent provoquer de graves maladies du système nerveux central, notamment la maladie de Creutzfeldt-Jakob. Bien qu'il soit peu probable que les prions causent des infections par le biais des déchets de soins, ce lien n'est pas encore clairement établi. La voie de transmission la plus

¹¹ Mol MPG, Caldas S. (2020). Can the human coronavirus epidemic also spread through solid waste? Waste management and research 38, 485-486.

¹² Mengiste DA, Dirbsa AT, Ayele BH, Hailigiyorgis TT. Hepatitis B virus infection and its associated factors among medical waste collectors at public health facilities in eastern Ethiopia: a facility-based cross-sectional study. BMC Infectious diseases 21(2021) art. Num. 233.

¹³ Mims C, Dockrell HM, Goering RV, Roitt I, Wakelin D, Zuckerman M. (2004). Microbiologie médicale, troisième édition. Elsevier.

¹⁴ Giacomazzi J, Baethgen L, Carneiro LC, Millington MA, Denning DW, Colombo AL, Pasqualotte AC. The burden of serious human fungal infections in Brazil. Mycoses 59(2016)145-150. Doi 10.1111/myc.1247.

évidente de l'infection à prions est l'ingestion d'aliments contaminés (parties de cerveau) et la transmission iatrogène via l'utilisation de matériel chirurgical contaminé^{15,16}.

3.4 Risques de contamination par des agents pathogènes, généralités

Les agents pathogènes (stricts et opportunistes) ne peuvent provoquer une maladie que dans des conditions bien définies. Deux concepts sont importants ici : la pathogénicité et la virulence¹⁷. Ces deux éléments sont déterminants pour cette étude.

3.4.1 Pathogénicité

La pathogénicité est déterminée par les propriétés biologiques/biomédicales au niveau du matériel génétique de l'agent pathogène. Les agents pathogènes stricts possèdent le potentiel génétique pour provoquer une infection et produisent par conséquent les molécules qui rendent l'infection possible : molécules d'adhésion, toxines, etc. Les agents pathogènes opportunistes, dont les bactéries commensales, possèdent également ce matériel génétique mais celui-ci n'est pas exprimé phénotypiquement, ou beaucoup moins. La pathogénicité est une propriété intrinsèque de l'organisme, et donc plutôt une propriété qualitative.

3.4.2 Virulence

Contrairement à la pathogénicité, la virulence est plutôt une propriété quantitative et constitue une mesure de la facilité avec laquelle un agent pathogène peut provoquer une maladie dans certaines conditions. La virulence dépend d'un grand nombre de facteurs biologiques cellulaires à base génétique (adhésion cellulaire, vitesse de croissance dans l'hôte, etc.). En outre, la voie de transmission et la dose/concentration de l'agent pathogène déterminent la virulence. Traditionnellement, les conditions environnementales, notamment la température et l'humidité qui sont déterminantes pour la survie de l'agent pathogène en dehors du sujet, sont considérées comme des variables permettant de déterminer en partie la virulence. Aux fins du présent cahier des charges, seul le potentiel infectieux associé aux déchets de soins est examiné plus avant. D'autres voies de transmission (comme les aérosols pour les particules virales) sont abordées si elles sont pertinentes dans le contexte de la gestion des déchets.

¹⁵ Johnson R. (2005). Prion diseases. *Lancet Neurology* (4)635-642.

¹⁶ Nemani SK, Myskiw JL, Lamoureux L, Booth SA, Sim VL. Exposure risk of chronic wasting disease in humans. *Virus-Basel* 12(2020) Art. Num. 1454. Doi : 10.3390/v12121454.

¹⁷ Université de Tulane. Pathogenicity vs virulence (2020). <https://www.tulane.edu/~wiser/protozoology/notes/Path.html>.

Bien que la pathogénicité et la virulence soient des caractéristiques en théorie distinctes des agents pathogènes, elles apparaissent comme étant difficiles à distinguer. C'est pourquoi, dans ce projet, les deux concepts sont regroupés sous le terme de « pathogénicité ».

3.5 Risques de contamination par des agents pathogènes stricts et opportunistes

3.5.1 Groupes à risque

En ce qui concerne les déchets de soins, les personnes sont classées dans les groupes à risque si elles sont directement impliquées dans la manipulation des déchets dans les hôpitaux. Il s'agit d'une part des membres du personnel qui collectent les déchets dans les services et les déposent dans la zone de stockage centrale et, d'autre part, de ceux qui préparent les conteneurs de déchets dans la zone de stockage centrale en vue de leur transport vers les installations de traitement final. En principe, ce personnel hospitalier n'entre pas dans la chambre du patient et n'est donc pas exposé, par exemple, à une contamination aérogène directe par l'agent pathogène. Ensuite, il s'agit de toutes les personnes impliquées dans le transport routier (chauffeurs, contrôleurs) et le personnel travaillant dans les usines de traitement qui entrent en contact avec les déchets, par exemple lors des inspections et des analyses. Le personnel soignant (médecins, personnel infirmier, personnel d'entretien) n'est pas considéré comme un groupe à risque dans cette étude. On suppose que ce groupe d'employés est bien informé de la présence d'un agent pathogène/patient potentiellement à risque. En outre, en règle générale, ce personnel dispose souvent d'équipements de protection individuelle adéquats, dont disposent beaucoup moins les autres employés du campus, entre autres.

3.5.2 Détermination du risque de contamination par les bactéries commensales

Le risque que, lors de la collecte et du traitement des déchets, des bactéries commensales et/ou des agents pathogènes opportunistes provoquent des maladies chez le personnel hospitalier concerné ou chez le personnel pendant le transport ou dans l'usine de traitement est faible, d'une part en raison de la faible virulence par rapport aux agents pathogènes stricts et, d'autre part, parce que l'on peut supposer que les membres du personnel ne sont pas immunodéprimés. Un deuxième facteur est que les bactéries commensales vivant sur la peau et les muqueuses sont omniprésentes et indépendantes de toute pathologie, ce qui rend une protection complète presque impossible. Parallèlement, la transmission des bactéries commensales gastro-intestinales d'un patient source vers un patient potentiel se fait presque toujours par voie féco-orale. On peut supposer que les déchets de soins n'interviennent pas dans ce scénario.

En conclusion, la probabilité que des bactéries commensales provoquent une infection par le biais des déchets de soins est très faible, voire négligeable, dans la pratique. Par conséquent, les déchets de

soins contaminés par des bactéries commensales peuvent être considérés comme des déchets de soins non à risque et peuvent être traités comme des déchets non dangereux non ménagers. Si l'on veut réduire encore plus le risque, la mesure la plus efficace consiste à dépister les employés qui entrent en contact avec les déchets de soins pour s'assurer qu'ils n'appartiennent pas au groupe à risque. Enfin, des mesures de protection simples (gants, vêtements distincts) devraient suffire à réduire le risque presque à zéro.

3.5.3 Recyclabilité des déchets contaminés par des bactéries commensales des organismes humains

Il ressort de ce qui précède que les déchets susceptibles de contenir des bactéries commensales des organismes humains ne doivent pas toujours, comme cela a été le cas jusqu'à présent, être détruits par incinération mais qu'ils se prêtent également à d'autres méthodes de traitement. C'est notamment le type de matériaux dans le flux de déchets qui déterminera si les déchets peuvent être réutilisés, recyclés ou autres, après avoir été correctement préparés. Toutefois, une condition importante est que les déchets contenant des bactéries commensales (éventuellement avec d'autres déchets de soins non à risque) ne soient pas contaminés par des déchets de soins infectieux ou à risque. Si tel est le cas, tous sont considérés comme des déchets de soins à risque et doivent être détruits par incinération. Il est convenu aujourd'hui que maximum 20 % de l'ensemble des déchets de soins doivent être considérés comme à risque. La majeure partie ($\pm 80\%$)^{18,19,20,21} est donc éligible à une méthode de traitement alternative ou une valorisation, sous réserve d'une sélection minutieuse des déchets à risque/non à risque au départ. Le détail de cette sélection n'entre pas dans le cadre de cette étude.

3.5.4 Analyse des risques et critères

L'analyse des risques utilise la définition commune, où risque = danger*(durée d')exposition. On suppose cependant que la durée d'exposition aux agents pathogènes est toujours minimale et limitée aux opérations nécessaires de collecte, de transport et de placement. En outre, il est supposé que, conformément à la législation en vigueur, les conteneurs appropriés sont utilisés pour disposer des déchets : sacs en plastique pour les déchets de soins non à risque, fûts en plastique certifiés ONU 3291

¹⁸ OMS. (2022). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>.

¹⁹ OMS. (2018). Safe health-care waste management. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/health-care-waste>.

²⁰ Definition and characterization of health-care waste.
https://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/002to019.pdf

²¹ OMS. (2020). Application of treatment and disposal methods to health-care waste categories.
https://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/113to129.pdf?ua=1

pour les déchets à risque avec, depuis 2011, un suremballage obligatoire pour les agents pathogènes hémorragiques et les boîtes en carton dur avec sac intérieur jaune ; toujours conformément à l'annexe 18 du Brudalex. Une fois remplis, les fûts en plastique pour les déchets de soins à risque sont scellés afin que personne ne puisse entrer en contact avec leur contenu. Le risque de contamination se situe donc principalement à l'extérieur des conteneurs²².

Il est supposé que les irrégularités liées à la gestion des déchets sont des exceptions et font l'objet de procédures distinctes. Il s'agit par exemple de déversements (*spills*) lors de la collecte des déchets ou du stockage temporaire dans la zone de stockage des services (récipients contaminés par du sang ou des excréments de patients, fûts mal fermés, sacs qui fuient, etc.) ou d'accidents lors du transport sur le campus ou sur la route pendant le transport. Cette partie importante de l'analyse des risques est approfondie.

3.6 Hypothèses préalables et portée de l'étude

Comme l'indique cette introduction, la thématique de la gestion des déchets est complexe et très vaste. Par conséquent, pour atteindre l'objectif de cette étude, il est important de définir le champ d'application du sujet de cette étude en amont. À cette fin, cinq thèses ont été formulées pour montrer et définir les limites de cette étude.

3.6.1 Thèse 1 : L'étude part du principe que les personnes qui manipulent les déchets affichent un état de santé bon à correct

La probabilité qu'une personne soit infectée et tombe malade par la suite dépend de plusieurs facteurs : le pouvoir pathogène de l'agent pathogène, la transmission de l'agent pathogène de la source à l'individu et la susceptibilité de l'individu à développer la maladie. Cette dernière est largement liée à la capacité immunitaire (c'est-à-dire à la résistance) de la personne en question. Par exemple, les patients qui ont subi un traitement par cytostatiques en raison d'une tumeur maligne affichent une résistance beaucoup plus faible aux infections. Les patients séropositifs ou ayant subi une transplantation sont également plus sensibles aux infections. Dans des cas exceptionnels, des agents pathogènes qui ne provoquent pas de maladie chez les personnes en bonne santé peuvent entraîner des pathologies graves chez ce groupe de patients. La thèse 1 implique que les instances compétentes au sein de l'hôpital (médecin du travail, service de prévention, etc.) surveillent l'état de santé du personnel. Le personnel doit également être correctement informé.

²² Friis H. (2007). Essentials of environmental health. Eds. Jones and Bartlett Pub. Int. Londres. pp 63-83.

3.6.2 Thèse 2 : L'étude se limite au processus de manipulation et de traitement des déchets de soins potentiellement à risque

Les déchets de soins à risque doivent être incinérés dans un incinérateur agréé ou éventuellement traités par désinfection, conformément à la législation. Dans ce cas, une fois sortis des sites de l'hôpital, les déchets ne peuvent en principe plus provoquer d'infections grâce à l'emballage et aux mesures de précaution prises pour préparer les déchets au transport. Ainsi, le projet ne concerne que le processus de traitement des déchets au sein de l'hôpital. Si, dans ces conditions, les déchets de soins ne supposent pas de problèmes sanitaires, ils peuvent subir un traitement par désinfection pour éliminer la pathogénicité et être ainsi convertis en déchets non à risque pouvant être recyclés.

3.6.3 Thèse 3 : L'étude suppose l'application rigoureuse des procédures de sécurité par le personnel en charge du traitement des déchets

Le traitement des déchets de soins est très bien réglementé par diverses législations au niveau européen et régional. Celles-ci couvrent tant les aspects environnementaux que les mesures de sécurité que le personnel manipulant les déchets doit respecter. En ce compris (liste non exhaustive) : la sélection des différents composants du flux de déchets, le stockage temporaire approprié aux étages, le transport sécurisé des déchets de soins vers le point de collecte central de l'hôpital, l'utilisation des conteneurs adéquats, etc. Il incombe aux services compétents au sein des hôpitaux d'en assurer le suivi (service environnement, service prévention, etc.). L'étude part donc du principe que le processus de traitement des déchets est conforme aux règles, sans envisager de déviations et ni de procédures en cas d'éventuelles catastrophes.

3.6.4 Thèse 4 : L'étude considère que si aucune donnée n'a pu être identifiée sur un agent pathogène, celui-ci est considéré comme dangereux.

Cette règle est l'application du principe de précaution (*precautionary principle*). En l'absence de données suffisantes sur l'agent pathogène dans les informations généralement disponibles, l'agent pathogène est considéré comme dangereux. Il est entendu par « informations disponibles » toutes les sources qui peuvent être consultées sur internet et dont l'exactitude est relativement bien avérée. En outre, il est souvent renvoyé à la littérature scientifique, notamment dans PubMed, Web of Science, etc. Le présent document fait référence à ces sources.

3.6.5 Thèse 5 : Les agents pathogènes inclus dans la liste A de l'ADR et les agents pathogènes appartenant à la classe 4 de la classification de l'OMS ne sont pas éligibles à la valorisation.

Les agents pathogènes figurant sur la liste A de la réglementation ADR nécessitent un emballage spécial approuvé par l'ONU en raison de leur haute pathogénicité. L'ADR ne précise pas la manière dont ces agents pathogènes doivent être détruits, mais nous partons du principe que les déchets issus de la prise en charge de patients atteints d'infections causées par des agents pathogènes de la liste A de l'ADR ne peuvent en aucun cas être valorisés. La seule méthode d'élimination valable est l'incinération contrôlée dans une installation agréée.

De même, les matériaux, y compris les déchets de soins, contaminés par des agents pathogènes appartenant à la classe 4 de la classification de l'OMS ne sont jamais éligibles à la valorisation. Ce raisonnement est appliqué même si, selon le schéma de calcul proposé dans le présent document, il semblerait que ces déchets pourraient appartenir à la classe des déchets non dangereux non ménagers. Ici, l'application du principe de précaution prévaut sur les considérations écologiques et/ou financières.

3.6.6 Thèse 6 : Description concrète de la collecte des déchets de soins dans les services infirmiers.

Cette thèse repose sur la situation concrète où un patient présentant des caractéristiques médicales d'une infection est admis à l'hôpital (voir les scénarios). Le parcours des déchets peut être décrit comme suit. Il convient de noter qu'il s'agit de la situation d'un seul hôpital, les auteurs étant conscients qu'elle n'est pas nécessairement extrapolable à d'autres hôpitaux.

- Le diagnostic et le traitement génèrent des déchets de soins. Le prestataire de soins de santé sera en mesure de décider, en fonction des connaissances de l'agent pathogène, si le déchet est considéré comme à risque ou non. Dans tous les cas, une sélection des déchets sera effectuée dans la chambre du patient : les déchets de soins à risque dans des conteneurs conformes à l'annexe 18 de l'arrêté et les déchets de soins non à risque dans des conteneurs pour déchets non dangereux non ménagers. Les emballages sont scellés de manière irréversible conformément aux directives du fabricant.
- Ces déchets sont déposés par le prestataire de soins de santé ou son auxiliaire dans un local de stockage spécialement prévu à cet effet à l'étage, et temporairement empilés. Les conteneurs de déchets contaminés de l'extérieur sont nettoyés par l'infirmier(-ière) ou les auxiliaires. La fermeture de tous les conteneurs est vérifiée. Toute fuite de liquides sur le sol ou les conteneurs est nettoyée. En règle générale, les déchets sont collectés au moins une fois

par jour, et plusieurs fois par jour pour le bloc opératoire, par exemple. Le délai le plus court entre la génération et la collecte des déchets est estimé à 2 heures. Le délai le plus long est de 24 heures, ce qui est le cas lorsque les déchets de la veille sont collectés le matin.

- Les conteneurs sont collectés par le personnel hospitalier dans des chariots prévus à cet effet. Les déchets sont empilés sur les chariots et transportés depuis le local de l'étage vers l'espace de stockage central des déchets de soins. Le membre du personnel en charge ne se rend pas dans la chambre du patient et reste très peu de temps à l'étage.
- Les déchets sont temporairement stockés dans l'espace de stockage central des déchets de soins et conditionnés pour être transportés vers les incinérateurs. Les conteneurs contenant les déchets de soins non à risque sont placés dans des conteneurs à presse, les conteneurs certifiés UN contenant les déchets de soins à risque sont empilés et enveloppés d'un film conformément à la législation en vigueur.
- Les conteneurs à presse et les fûts empilés sont régulièrement collectés par un collecteur, un négociant ou un courtier agréé et acheminés vers l'incinérateur. Les documents administratifs nécessaires sont complétés et examinés.

3.7 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'identifier les déchets de soins pouvant être traités comme des déchets non dangereux non ménagers plutôt que de subir un traitement spécialisé pour les déchets de soins à risque. Ce mouvement peut en effet avoir un impact écologique et financier majeur²³, comme observé lors de la pandémie de COVID-19.

²³ N. Fraeyman, N., Van Braeckel, E., Verhasselt, B., De Waegemaeker, P., Mahnik, S., Hoffmann, M., Gemmel, P., Eeckloo, K., Mortier, E. (2021). Solid medical waste in times of Corona: Increased volume but not increased biohazard risk. 18th international symposium on waste management – Sardaigne, 11-15 octobre 2021.

4 Méthodologie

La conclusion préliminaire de l'étude est que la définition biomédicale des agents pathogènes et les concepts connexes tels que la pathogénicité sont difficiles voire impossibles à appliquer aux agents pathogènes individuels, comme par exemple dans la liste des agents pathogènes de la législation de 1994. Par conséquent, il est nécessaire d'appliquer une autre définition, plus pratique, que l'on appelle **définition opérationnelle**. Les paragraphes suivants exposent le contexte et le raisonnement qui ont permis d'aboutir à cette définition, puis appliquent cette définition opérationnelle à un grand nombre d'agents pathogènes.

Le point de départ est le cœur du projet, à savoir l'élaboration d'une méthode de calcul permettant de décider sur une base rationnelle si les déchets de soins résultant du traitement d'un patient atteint d'une infection bien définie peuvent être considérés ou non comme des « déchets de soins à risque ». Cet algorithme conduit à la construction d'une matrice avec, sur l'axe des abscisses, une mesure de l'**impact médical** de l'agent pathogène en question et, sur l'axe des ordonnées, une mesure de la **pathogénicité**. Ces deux éléments sont approfondis ci-dessous.

L'impact médical fait référence aux conséquences médicales de l'exposition et de l'infection d'une personne. La classification en quatre classes proposée par l'OMS est retenue (voir chapitre 4.2.1.). S'agissant d'une question d'ordre médical, nous ne l'aborderons pas en profondeur.

La pathogénicité fait référence à la mesure dans laquelle un employé peut être infecté par l'agent pathogène pendant la manipulation des déchets. Plusieurs variables entrent en jeu, notamment : (a) la survie et la durée de survie de l'agent pathogène en dehors du patient (ex vivo), (b) le mode de transmission de l'agent pathogène, (c) la voie de pénétration de l'agent pathogène dans l'organisme du travailleur et (d) la dose infectieuse (voir chapitre 4.2.2.). Comme expliqué précédemment, les concepts de pathogénicité et de virulence sont réunis sous le terme de pathogénicité.

Cette partie du projet s'articule autour de trois grandes étapes. Ce chapitre aborde à la fois le processus et les résultats de chaque étape, afin que la section des résultats puisse être examinée dans la matrice. Dans un premier temps, les agents pathogènes susceptibles de se trouver dans l'environnement hospitalier ont été répertoriés. Il n'y a pas eu de distinction géographique (par exemple, présence en Europe) ou temporelle (par exemple, dernière manifestation au cours des dix dernières années). Cette liste a également été soumise à plusieurs experts afin de convaincre les chercheurs de sa pertinence. Dans un deuxième temps, l'impact que les agents pathogènes identifiés pourraient avoir sur les humains a été déterminé. Pour ce faire, nous avons consulté la littérature professionnelle internationale, dans la mesure du possible. Deux paramètres ont été déterminés, à savoir l'exposition ou l'impact médical et la pathogénicité. Dans ce rapport, les « conséquences de l'exposition » désignent les conséquences qu'une personne peut subir après avoir été exposée à un agent

pathogène. Cela peut aller de « aucun impact » au « décès », en passant par plusieurs stades intermédiaires. Le terme « pathogénicité » fait référence à la mesure dans laquelle une personne peut être infectée après une exposition. Cela dépend en partie du mode de propagation de l'agent pathogène et de la dose infectieuse minimale nécessaire.

Dans la troisième étape, les deux paramètres ont été mis en rapport pour obtenir une matrice. Deux seuils (« *thresholds* ») ont ensuite été placés dans cette matrice, permettant de faire la distinction entre les déchets de soins à risque et non à risque. Ces seuils sont variables et peuvent donc être déplacés par chaque établissement de santé. On obtient ainsi un modèle dynamique.

4.1 Étape 1 : liste des agents pathogènes

Dans cette première étape de l'étude, nous avons tenté de dresser la liste de tous les agents pathogènes qui pourraient faire l'objet de l'étude. Nous nous sommes intéressés aux quatre groupes d'agents pathogènes les plus courants : virus⁹, bactéries²⁴, champignons²⁵ et parasites²⁶.

L'exigence de l'autorité était l'exhaustivité. En théorie, cela équivaut à l'étude de plusieurs centaines d'agents pathogènes. Une réalisation impossible dans la pratique, d'autant plus que nous manquons de données pour un grand nombre d'entre eux, notamment les agents pathogènes ayant des implications médicales minimales.

4.1.1 Étape 1a : sources consultées

Il existe une grande variété de listes d'agents pathogènes. Ces listes diffèrent souvent sur le plan de la dénomination, de la classification, de la présence ou de l'absence d'agents pathogènes, par exemple. Il faudrait une étude distincte pour apporter une réponse complète à cette question. Nous avons donc choisi d'utiliser une liste qui sous-tend à peu près toutes les listes, à savoir la liste européenne des agents pathogènes. Nous y avons dérogé pour les agents pathogènes des classes I et II de la classification de l'OMS. Pour les bactéries de la classe I de la classification de l'OMS, nous avons utilisé la liste COGEM²⁷. Nous n'avons trouvé aucune donnée utilisable dans la littérature pour les autres agents pathogènes. Pour les bactéries de la classe II de la classification de l'OMS, nous avons utilisé la

²⁴ Les bactéries sont des micro-organismes unicellulaires. Une bactérie n'a pas de noyau cellulaire et est donc un procaryote : son matériel génétique est libre dans le cytoplasme. L'ADN est généralement constitué d'un seul chromosome en forme d'anneau qui contient également des informations génétiques.

²⁵ Les champignons sont des organismes eucaryotes. Ils se composent de cellules avec un ou parfois deux noyaux cellulaires, de mitochondries et d'un cytosquelette.

²⁶ Un parasite est un organisme ou un virus qui se maintient et se multiplie aux dépens d'un autre organisme avec lequel il vit (l'hôte).

²⁷ COGEM : Nederlands Commission on Genetic Modification. Cette organisation publie périodiquement des informations sur la taxonomie des bactéries en tenant compte de la classification de l'OMS.

liste de SBB. Pour les autres virus, bactéries, champignons et arthropodes appartenant aux classes III et IV de la classification de l'OMS, nous avons utilisé la liste européenne.

4.1.2 Étape 1b : évaluation avec des experts

Les listes ont ensuite été soumises à un panel d'experts (voir : Liste des experts consultés) pour des raisons d'exhaustivité. Les experts n'ont énoncé aucune suggestion d'ajout à la liste. Ils ont toutefois noté que cette liste est limitée dans le temps et qu'elle doit donc être mise à jour assez régulièrement, car de nouveaux agents pathogènes ou variantes d'agents pathogènes apparaissent ou sont découverts régulièrement^{28,29}. Ce caractère temporaire constitue une limite majeure de cette étude (voir : Limites de l'étude actuelle).

4.2 Étape 2 : détermination de l'impact médical et de la pathogénicité

Pour déterminer l'impact, nous utilisons la classification proposée par l'OMS (voir ci-dessous). Pour déterminer la pathogénicité (c'est-à-dire les conditions d'exposition), nous avons utilisé la littérature internationale disponible, à savoir d'une part, des ouvrages de référence standards et, d'autre part, les moteurs de recherche scientifique : *Web of Science*³⁰ et *la National Library of Medicine*³¹ (*Pubmed*). Une liste de ces sources est jointe en annexe.

En l'absence de littérature, c'est le principe de précaution qui prévaut. Par conséquent, la valeur négative la plus élevée a toujours été attribuée à l'agent pathogène³². En d'autres termes, lorsque les conséquences de l'exposition et/ou le pouvoir pathogène étaient inconnus, ces paramètres ont été enregistrés comme « décès » et « hautement infectieux », respectivement.

4.2.1 Étape 2a : conséquences de l'exposition : l'impact médical.

Pour déterminer les conséquences de l'exposition, cette étude s'est basée sur la classe définie par l'OMS. L'OMS distingue 4 classes pour l'impact médical des agents pathogènes³³. Les définitions suivantes sont utilisées :

²⁸ Lipkin, W. I. (2008). Pathogen discovery. *PLoS pathogens*, 4(4), e1000002.

²⁹ Lipkin, W. I. (2013). The changing face of pathogen discovery and surveillance. *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 133-141.

³⁰ <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>, consulté pour la dernière fois le 01/10/2022.

³¹ https://www.nlm.nih.gov/medline/medline_overview.html et <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

³² Martuzzi, M., Tickner, J. A., et l'Organisation mondiale de la Santé. (2004). The precautionary principle: protecting public health, the environment and the future of our children. Organisation mondiale de la Santé. Bureau régional pour l'Europe.

³³ <https://www.biosecurite.be/content/utilisation-confinee-definitions-des-classes-de-risque-biologique>

- **Classe de risque 1** : micro-organismes reconnus comme non pathogènes pour l'homme, l'animal, la plante et non nocifs pour l'environnement ou présentant un risque négligeable pour l'homme et l'environnement à l'échelle du laboratoire. Cette classe inclut donc, à côté des organismes dont l'innocuité a été prouvée, des souches pouvant être allergènes et des pathogènes de type opportuniste.
- **Classe de risque 2** : micro-organismes qui peuvent provoquer une maladie chez l'homme et constituer un danger pour les personnes directement exposées à ceux-ci ; leur propagation dans la collectivité est improbable. Il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace.
- **Classe de risque 3** : micro-organismes qui peuvent provoquer une maladie grave chez l'homme et constituer un danger pour les personnes directement exposées à ceux-ci. Ils peuvent présenter un risque de propagation dans la collectivité. Il existe généralement une prophylaxie ou un traitement efficace.
- **Classe de risque 4** : micro-organismes qui provoquent des maladies graves chez l'homme et constituent un danger sérieux pour les personnes directement exposées à ceux-ci. Ils peuvent présenter un risque élevé de propagation dans la collectivité. Il n'existe généralement pas de prophylaxie ni de traitement efficace.

Pour cette étude, nous avons regroupé les classes 1 et 2 d'une part, et les classes 3 et 4 d'autre part. Ce choix a été motivé par le fait que les classes 1 et 2 de la classification de l'OMS n'affectent les hôpitaux qu'en tant que comorbidités et rarement, voire jamais, en tant qu'affections autonomes. En revanche, les classes 3 et 4 de la classification de l'OMS nécessitent souvent une admission.

4.2.2 Étape 2b : détermination de la pathogénicité

Le premier et principal paramètre pour déterminer la pathogénicité est la viabilité de l'agent pathogène en dehors du patient, c'est-à-dire ex vivo. Ceci supposait une gestion correcte des déchets dans les hôpitaux (voir : Hypothèses préalables et portée de l'étude) et un arbre de décision. Il s'agit de la viabilité sur des matériaux inertes dans la chambre d'un patient, comme les poubelles mais aussi les textiles, les objets, etc. De nombreux agents pathogènes survivent dans les eaux usées ou le sol, mais cela n'entrait pas dans le cadre de ce projet. Ainsi, en l'absence de viabilité ex vivo pertinente, la valeur 0 a été attribuée à l'agent pathogène.

S'il s'avère que l'agent pathogène est viable en dehors du patient, la deuxième étape consiste à évaluer la durée de sa survie. L'expérience montre qu'il s'écoule environ 2 heures entre le moment où les déchets sont générés au chevet du patient et celui où ils sont transportés de la salle de stockage des étages au point de collecte central de l'hôpital. En effet, en règle générale, les déchets de soins à risque générés par la prise en charge de plusieurs patients sont rassemblés dans un seul conteneur qui est amené au point de collecte de l'étage et fermé hermétiquement à la fin de la séance de soins. Si la

viabilité à l'extérieur du patient est inférieure à 2 heures, ces déchets sont considérés comme inoffensifs. Si la viabilité dépasse 2 heures, il convient de procéder à la détermination de la pathogénicité.

On examine ensuite la transmission, c'est-à-dire la façon dont l'agent pathogène est sécrété par le patient. Si :

- la sécrétion se fait par **voie aérogène**, la valeur 2 est attribuée ;
- la sécrétion se fait par **voie sanguine**, la valeur 2 est attribuée ;
- la sécrétion se fait par d'**autres fluides corporels** (par exemple, l'urine ou les fèces), la valeur 1 est attribuée.

La voie de pénétration de l'agent pathogène dans l'organisme du personnel manipulant les déchets a également été cartographiée :

- Si la pénétration par la **peau** est possible, qu'elle soit lésée ou non, la valeur 2 a été attribuée. En effet, la peau est la voie d'infection la plus évidente pour ces travailleurs.
- Si la pénétration **par une autre voie** est possible, la valeur 1 a été attribuée.

La dose infectieuse est ensuite déterminée. Les faibles doses infectieuses représentent évidemment un plus grand danger.

- Si la dose infectieuse **est inférieure à 100** particules, ou « dose infectieuse faible », la valeur 4 a été attribuée ;
- Si la dose infectieuse est comprise entre **100 et 10 000** particules, ou « dose infectieuse moyenne », la valeur 2 a été attribuée ;
- Si la dose infectieuse **est supérieure à 10 000**, la valeur 1 a été attribuée.

Enfin, les valeurs sont multipliées les unes par les autres et la valeur maximale de 32 est obtenue par réalisation du calcul suivant : 2 (par voie aérogène) x 2 (par voie sanguine) x 2 (voie de pénétration) x 4 (dose infectieuse). C'est-à-dire que (1) l'agent pathogène est viable à l'extérieur du patient et peut survivre sur des matériaux inertes, (2) l'agent pathogène survit plus de 2 heures, (3) l'agent pathogène est excrété par aérosols/gouttelettes et par voie sanguine³⁴, (4) l'agent pathogène pénètre à travers la peau et (5) la dose infectieuse est faible. La figure 1 donne un aperçu schématique de cet arbre de décision. Cette étude utilise le seuil théorique de 16. Comme indiqué précédemment, il s'agit d'un chiffre choisi de façon arbitraire qui peut être ajusté par les établissements de santé.

³⁴ Si l'agent pathogène est excrété par voie sanguine, le sang peut contaminer le personnel du parc de recyclage si un récipient est mal fermé. Voir l'analyse des risques - point 1.

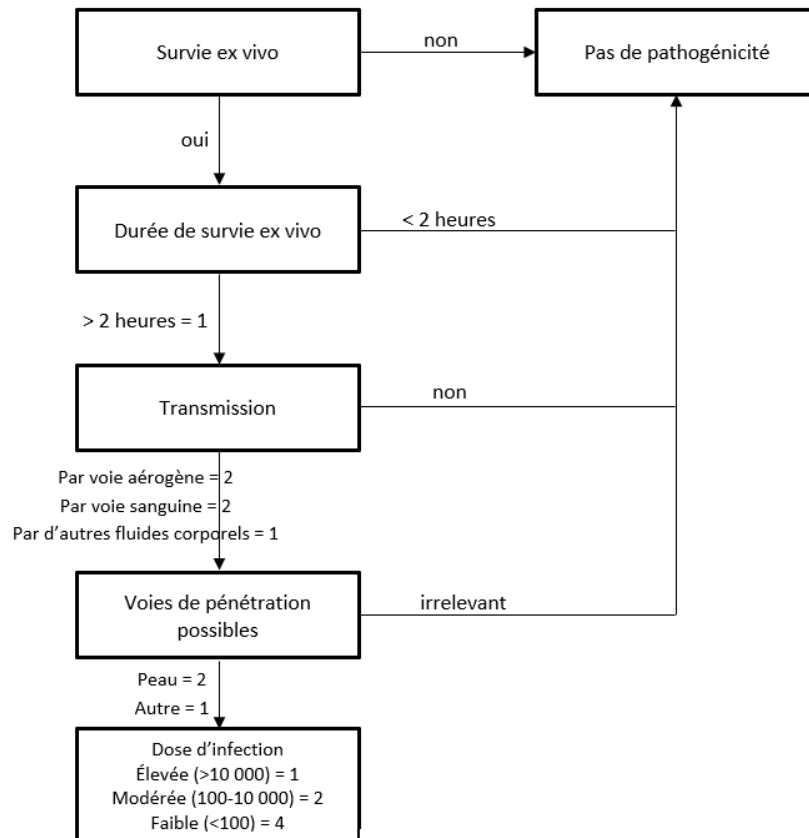


Figure 1 : représentation de l'arbre de décision

4.3 Étape 3 : combinaison des facteurs

La combinaison de la pathogénicité (valeur 0-32) et des conséquences de l'exposition (classe 1- 4 de l'OMS) crée une matrice sur laquelle tous les agents pathogènes peuvent être placés par groupe. La figure 2 illustre cette matrice.

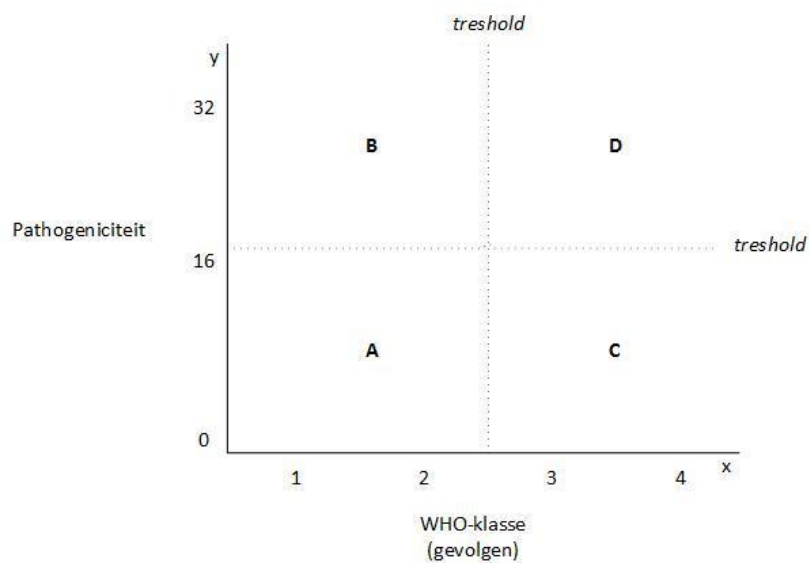


Figure 2 : matrice de la pathogénicité et des conséquences

Sur la base de cette classification, on peut dire que les agents pathogènes du **quadrant A** peuvent être traités comme des déchets de soins non à risque. Il en va de même pour les agents pathogènes du **quadrant B**, et éventuellement aussi pour ceux du **quadrant C**. En principe, seuls les agents pathogènes du **quadrant D** doivent être traités comme des déchets de soins à risque. Bien entendu, cela dépend de conditions d'élimination correcte des déchets dans les hôpitaux (cf. : [Hypothèses préalables et portée de l'étude](#)) et de la mesure dans laquelle les hôpitaux veulent ou non renforcer les seuils.

5 Résultat

5.1 Matrice par groupe d'agents pathogènes

Sur la base de la méthodologie décrite ci-dessus, une matrice peut être créée pour chaque groupe d'agents pathogènes (virus, bactéries, champignons et parasites). Les agents pathogènes de classe 1 de la classification de l'OMS figurent dans le tableau 1 (annexe 10.2.1). Les agents pathogènes de classe 2 de la classification de l'OMS figurent dans le tableau 2 (annexe 10.2.2). Ceux-ci ne présentant pas de danger, nous ne les incluons pas dans les résultats. Les agents pathogènes des classes 3 et 4 de la classification de l'OMS sont inclus.

5.1.1 Pathogènes des classes 3 et 4 de la classification de l'OMS

5.1.1.1 Virus

Comme l'indique la liste des virus et des scores associés, les scores des virus sont très différenciés. Toutefois, une grande partie des virus ne présentent aucun risque d'infection. Un groupe important présente un risque élevé de contamination.

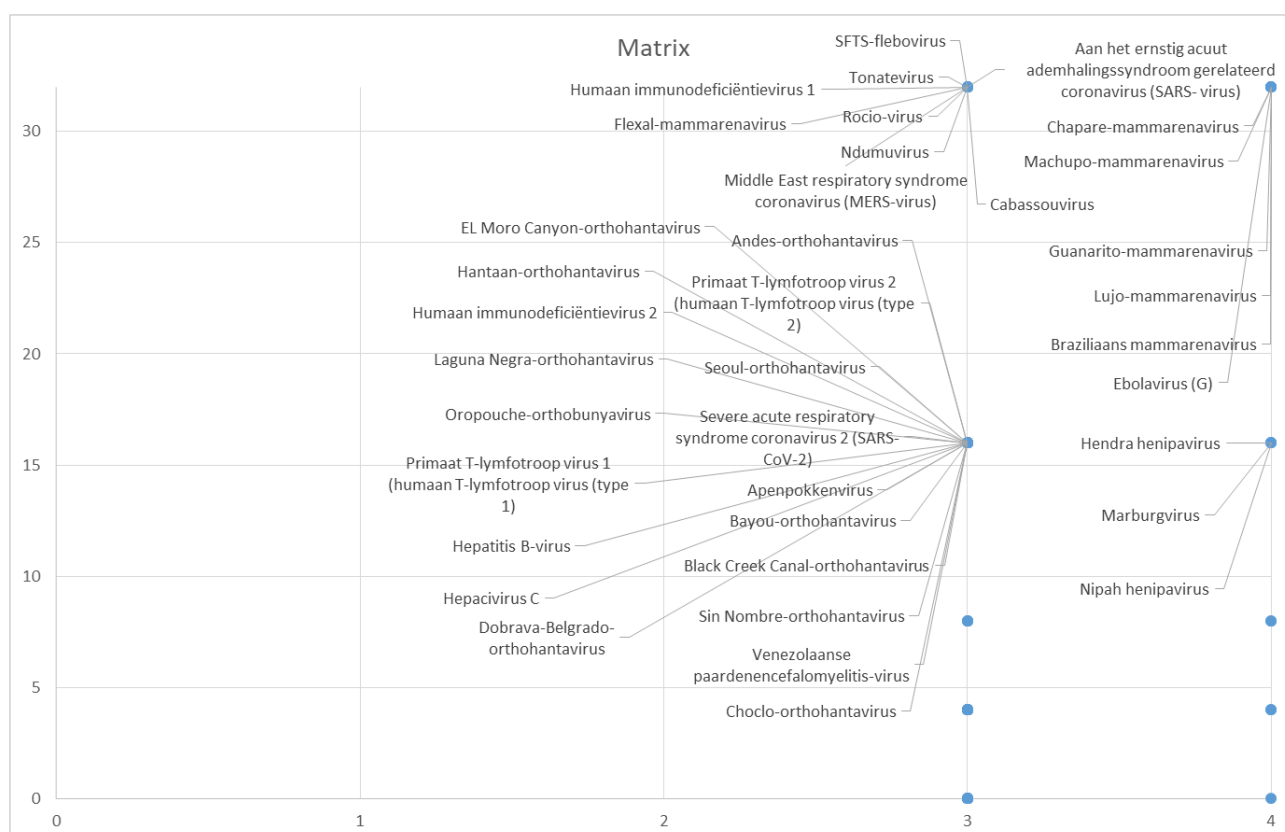


Figure 3 : matrice des virus

Tableau 3 (annexe 10.2.3.1) montre l'aperçu des scores pour les virus. Les virus devant faire l'objet d'une attention particulière apparaissent dans le tableau 4 (annexe 10.2.3.2). Les résultats pour le coronavirus et le virus de la variole du singe sont représentés en détail au moyen d'un exemple.

Exemple 1 : coronavirus

variable	justification	score
Survival ex vivo	Limited (see Fraeyman et al., 2022). Formation of fomites is possible	
Survival duration	Limited, less than 2 hours (Fraeyman et al., 2022). No viral particles were detected on hospital solid material relevant in the context of solid medical waste.	
Transmission		
• Aerogenic	Aerogenic transmission of the virus, but irrelevant within the management of the solid waste. This is important for health care workers coming into close contact with patients	2
• Blood	Possible but not relevant	1
• Body fluids	Possible but not relevant	1
Entry into victim	Normal entry route is aerogenic but this is not relevant for waste management. Skin contact with e.g. blood or body fluids is highly unlikely – see the risk analysis for the possibility of leakage from the recipients and provided the waste workers are protected with personal protection materials (gloves...).	2
• Skin		
• others		
Infection dose	The infection dose of COVID-19 is subject to discussion. In one paper, the infective dose expressed as particles is found to be between 300 and 2000 which is according to the authors, comparable to the infective dose of influenza (Prentiss et al., 2022).	2
Total score		8
Allocation of the solid waste		C

Remarque : la valeur du critère « survival duration » (durée de survie) est déterminante et il n'est en principe pas nécessaire de poursuivre l'analyse selon le diagramme. Néanmoins, les valeurs des autres variables ont été prises en compte. Il s'agit essentiellement d'une mesure de précaution. En effet, il n'est pas exclu que, dans des conditions de temps, de température et d'humidité extrêmement favorables, associées à une diminution des mesures de désinfection, des particules virales se retrouvent encore dans le circuit des déchets. Toutefois, une analyse plus poussée montre que même dans ce cas, le risque de contamination est extrêmement faible, voire inexistant.

Exemple 2 : virus de la variole du singe

variable	justification	score
Survival ex vivo	Can survive ex vivo in dried condition	yes
Survival duration	Survival time is very long	1
Transmission	Infection through bite of an infected animal or after close contact with animal's blood or body fluids. Human-human transmission is through aerogenic transmission or through contact with the skin lesions of the patient. Both are irrelevant for the management of solid medical waste	1
- Aerogenic - Blood - Body fluids	Aerogenic transmission is possible but is not relevant in this context Infection through blood is possible but irrelevant Infection through body fluids is possible, in particular through contact with skin lesions. This is important for health care workers but irrelevant for waste management.	2 1
Entry into victim		
- Skin - others	Entry possible through broken skin or mucous membranes. Both are essentially irrelevant for the management of solid medical waste	2
Infection dose	The infective dose for humans is unknown. The infective dose in animals using the Congo Bassin monkeypox virus is from 100 up to 10.000 particles.	2
Total score		8
Allocation of the solid waste		C

Remarque : comme dans le cas du COVID-19, les scénarios les plus pessimistes sont maintenus. L'infection par contact avec des lésions cutanées et tissulaires (vésicules remplies de liquide) est donc possible. Toutefois, dans des circonstances normales, elle ne peut pas se produire lors du traitement des déchets, étant donné que les travailleurs qui manipulent les déchets n'entrent jamais en contact direct avec les patients et que ces travailleurs portent obligatoirement les équipements de protection individuelle nécessaires (y compris des gants).

Sur la base de ces données, les déchets de soins des patients atteints de ces infections peuvent être classés dans le quadrant C.

5.1.1.2 Bactéries

Comme l'indique la liste des bactéries et des scores associés, toutes les bactéries se situent dans les quadrants C et D, selon le seuil de pathogénicité utilisé. Toutefois, une part importante de bactéries ne présente aucun risque de contamination. Dans la matrice, le seuil de pathogénicité a été fixé à 4.

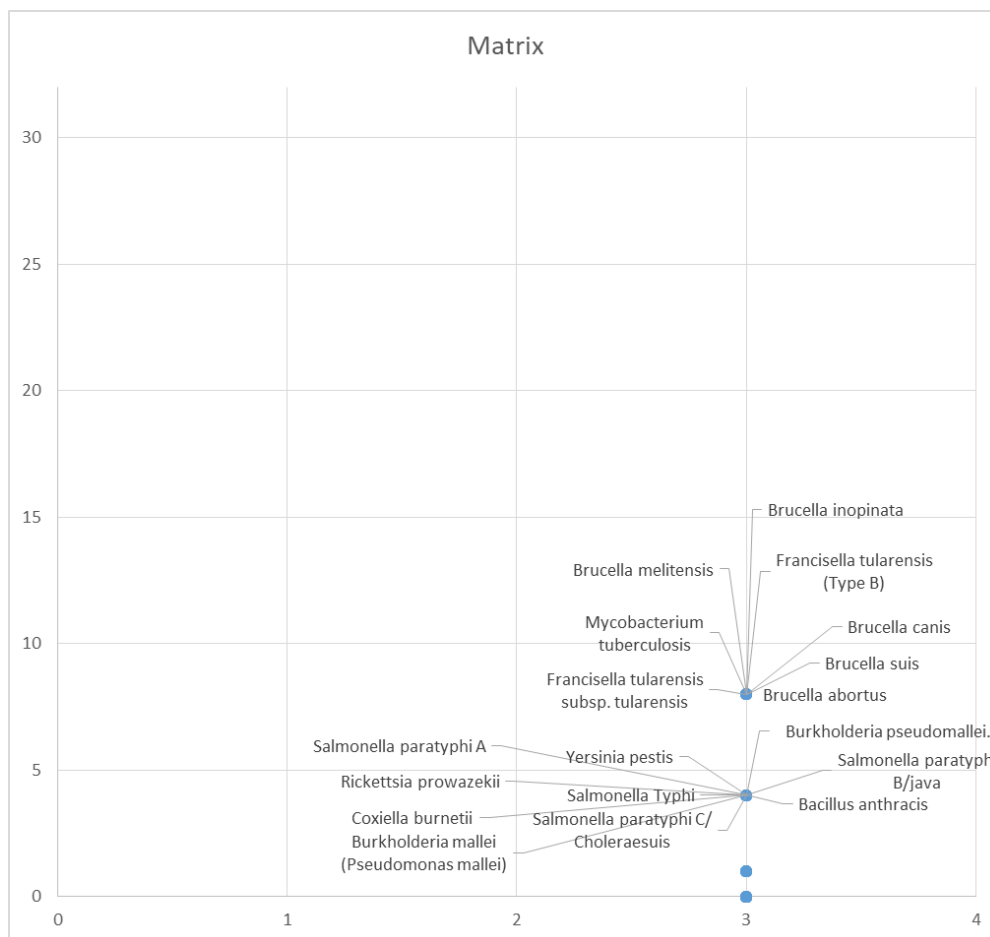


Figure 5 : matrice des bactéries

Tableau 6 (annexe 10.2.3.4) montre l'aperçu des scores pour les bactéries. Il convient également de noter que les espèces *Rickettsia* obtiennent toutes un score de 0 car leur viabilité en dehors du patient est presque inexistante. Elles ne sont donc pas pertinentes pour la présente étude. Le manque d'informations suffisantes pour la plupart des espèces contraint à faire des extrapolations pour toutes les espèces.

5.1.1.3 Champignons

Comme l'indique la liste des champignons et des scores associés, un seul agent pathogène a été identifié comme pouvant susciter l'intérêt ou la discussion. La plupart des champignons ne présentant aucun risque de contamination, la valeur sur l'axe des ordonnées = 0.

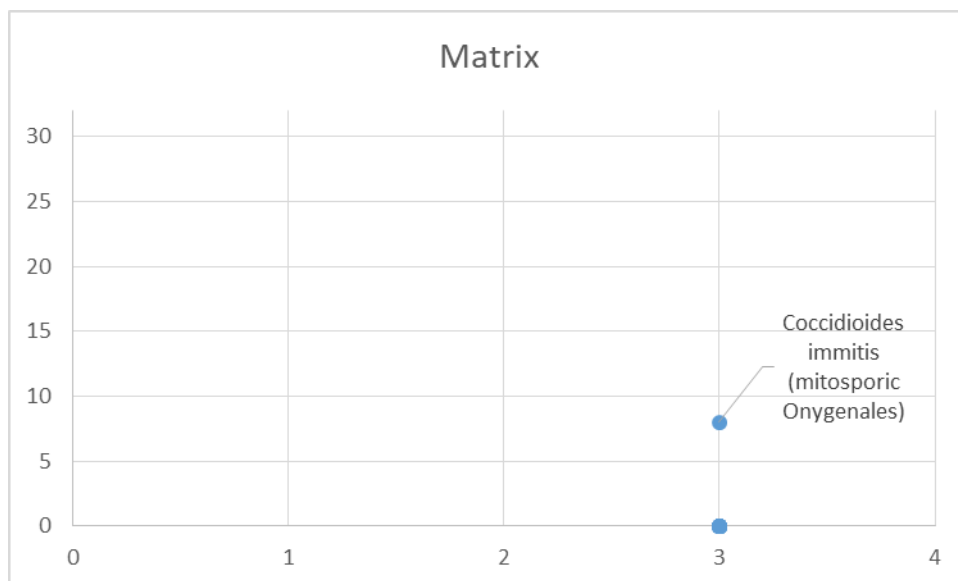


Figure 4 : matrice pour les champignons

Tableau 5 (annexe 10.2.3.3) montre l’aperçu des scores pour les champignons.

5.1.1.4 Parasites

Comme l'indique la liste des parasites et des scores associés, tous les parasites se situent dans le quadrant C, mais au ras de l'axe des x (risque de contamination inexistant dans le cadre du traitement des déchets). En principe, tous les déchets contaminés par ces agents pathogènes peuvent être traités comme des déchets ménagers. Tableau 7 (annexe 10.2.3.5) montre l’aperçu des scores pour les parasites.

5.1.1.5 Prions

En raison des propriétés des prions (voir ci-dessus), notamment leur résistance à la plupart des désinfectants, qui nécessitent des interventions chimiques particulièrement vigoureuses pour les désactiver, mais également en raison de leur virulence avérée, les déchets des patients infectés par des prions ne peuvent être détruits autrement que par incinération. Par conséquent, tout matériel provenant du diagnostic, du traitement ou des soins d'un patient infecté est considéré comme un déchet de soins à risque et ne peut être valorisé.

5.1.1.6 Pathogènes résistants et autres

L’exercice n’a pas été réalisé pour certains pathogènes, y compris les germes résistants. La résistance aux antibiotiques est actuellement l’un des principaux problèmes dans le secteur des soins de santé,

car les germes sont pratiquement impossibles ou très difficiles à traiter. Selon nos données, les propriétés des pathogènes résistants, telles que décrites dans ce projet et pertinentes pour les conclusions relatives aux déchets de soins à risque, sont similaires à celles de leurs homologues non résistants. En d'autres termes, la pathogénicité de ces bactéries (survie, transfection, dose d'infection, etc.) est vraisemblablement la même et la position sur l'axe des y du système de coordonnées reste donc inchangée. Toutefois, compte tenu de la difficulté de traiter les pathologies correspondantes, la classe de l'OMS peut être différente et passer, par exemple, de la classe 2 à la classe 3.

5.2 Outil numérique

L'outil numérique est disponible sur le lien : <https://www.uzgent.be/pathogenentool>.

(Remarque : ce lien est établi en collaboration avec le département TIC de l'hôpital et sera installé après l'approbation finale du rapport et avant la présentation du résultat aux hôpitaux de Bruxelles).

5.3 Estimation de l'impact sur le traitement des déchets

Il s'agit de l'impact potentiel des résultats ci-dessus sur le traitement des déchets au niveau de l'organisation ou de l'hôpital.

Selon Eurostat, 75 037 tonnes de déchets médicaux et biologiques non à risque et 29 286 tonnes de déchets médicaux et biologiques à risque ont été éliminés en Belgique en 2018³⁵. L'OVAM a déterminé en 2010 qu'environ 73 % de ces déchets provenaient des hôpitaux³⁶. Soit 4 380 tonnes de déchets à risque pour les hôpitaux flamands. Pour les hôpitaux belges, cela suppose qu'environ 10 à 15 % du total des déchets hospitaliers générés sont des déchets médicaux à risque³⁷.

En ce qui concerne la production de déchets par lit d'hôpital, on peut compter au moins 130 kg par an pour un hôpital général et 250 à 300 kg par an pour les hôpitaux universitaires³⁸. Cela équivaut à 0,35 kg de déchets médicaux/lit/jour pour un hôpital général et à 0,68-0,82 kg de déchets médicaux/lit/jour pour un hôpital universitaire, où l'on peut supposer que la grande majorité de ces déchets est éliminée en tant que déchets médicaux à risque. Ce chiffre est conforme à la mesure de 0,5 kg de déchets

³⁵ <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity

³⁶ <https://afss.emis.vito.be/afvalstroom/medisch-afval> et l'OVAM (Vanaken 2010)

³⁷ <https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/0/Handleiding+beheer+van+afvalstoffen+in+de+gezondheidszorg+-2021.pdf/>

³⁸ <https://afss.emis.vito.be/afvalstroom/medisch-afval>

médicaux à risque/lit/jour utilisée par l'OMS pour les pays industrialisés³⁹. Les mesures précises effectuées dans les différents hôpitaux donnent des valeurs légèrement supérieures mais comparables. Pour les hôpitaux universitaires, les déchets de soins à risque sont de l'ordre de 0,8 à 1,5 kg/jour/lit. Sachant qu'environ 20 % des déchets de soins produits dans les hôpitaux sont à risque, cela correspond aux données récentes provenant notamment de l'étude de Singh *et al.* (2021), faisant état d'un total de respectivement 3,3, 3,6 et 4,4 kg de déchets médicaux générés par lit/jour pour nos pays voisins, les Pays-Bas, l'Allemagne et la France, ce qui équivaut à 0,7-0,8 kg/jour/lit de déchets de soins à risque.⁴⁰ Des informations supplémentaires sur les quantités de déchets de soins sont disponibles dans la littérature^{41, 42}. Il ressort de cette étude qu'un pourcentage probablement important de déchets de soins actuellement considérés comme à risque pourrait théoriquement être éliminé comme des déchets de soins non à risque. Toute réduction serait déjà un grand pas en avant. Non seulement sur le plan écologique, mais aussi sur le prix du traitement, ce qui se traduirait par des économies potentielles dans les soins de santé au niveau national.

Ci-dessous, **huit scénarios concrets** décrits pour un patient admis avec des signes cliniques d'infection. Bien que les symptômes dépendent du type d'infection, il existe certains symptômes communs et caractéristiques, notamment la diarrhée, la fatigue, les douleurs musculaires, la fièvre, la toux, les maux de gorge, les maux de tête, etc.

- Scénario 1 : l'agent pathogène est inconnu.
- Scénario 2 : l'agent pathogène est connu et appartient à la classe 1 de l'OMS.
- Scénario 3 : l'agent pathogène est connu et appartient à la classe 2 de l'OMS.
- Scénario 4 : l'agent pathogène est connu et appartient à la classe 3 de l'OMS.
- Scénario 5 : l'agent pathogène est connu et appartient à la classe 4 de l'OMS.
- Scénario 6 : l'agent pathogène est connu et appartient à la classe 1, 2, 3 ou 4 de l'OMS et le patient présente une comorbidité qui génère des déchets dangereux.
- Scénario 7 : un patient est admis en isolement, par exemple après une transplantation.
- Scénario 8 : un patient présentant les caractéristiques typiques d'une infection (diarrhée, vomissements, éruption cutanée inexpliquée, etc.) est admis en isolement mais l'agent pathogène est encore inconnu.

³⁹ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>

⁴⁰ <https://www.tandfonline.com/doi/figure/10.1080/10643389.2021.1885325?scroll=top&needAccess=true>

⁴¹ <https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/0/Handleiding+gestion+des+déchets+dans+les+soins+de+santé+-2021.pdf>

⁴² <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19108872>

- ✓ **REMARQUES** : ces scénarios ne traitent que les déchets de soins mentionnés en introduction. Des résidus liquides provenant de patients (sang, urine, vomissures, etc.) peuvent être présents dans les conteneurs. Il est en outre bien connu que les eaux usées des hôpitaux peuvent contenir de grandes quantités d'agents pathogènes. L'étude des agents pathogènes dans les eaux usées dépasse le cadre de ce projet.

Ces scénarios sont approfondis ci-dessous :

- **Scénario 1** : il s'agit du cas le plus fréquent. Le personnel est confronté à une quantité de déchets dont l'origine est inconnue (par exemple, un patient inconscient arrivé en urgence) et pour lesquels il existe une possibilité visuelle de transmission d'agents pathogènes (par exemple, des déchets maculés de sang, des fluides qui peuvent être des sécrétions corporelles, etc.) Dans ce cas, le principe de précaution est de mise. Nous supposons que si l'agent pathogène est inconnu, cet agent pathogène peut présenter un danger au niveau des déchets de soins. Ce n'est qu'une fois que l'identité de l'agent pathogène est connue que cette mesure peut être adaptée.

Dans ce cas, ces déchets sont toujours considérés comme des déchets de soins à risque et peuvent présenter un danger pour le personnel qui les manipule. Ces déchets ne sont donc pas éligibles pour le recyclage. Toutefois, si un traitement intermédiaire approprié permettant de désactiver l'agent pathogène est possible, le recyclage peut être envisagé.

- **Scénario 2** : la pathologie associée à ces agents pathogènes est généralement considérée comme inoffensive et autolimitée. Lorsque des patients souffrant de ce type de pathologies sont admis à l'hôpital, les déchets peuvent être considérés comme inoffensifs. Bien souvent, les patients souffrant de ce type de pathologies ne seront généralement pas admis à l'hôpital mais traités à domicile. Par conséquent, les déchets de ce type finissent rarement dans les déchets de soins d'un hôpital. Remarque : voir scénario 6 pour le cas de la comorbidité.

Ces déchets peuvent être considérés comme des déchets non ménagers non dangereux et ne présentent aucun danger pour les personnes qui les manipulent. Ces déchets sont éligibles au recyclage et à des opérations analogues sous réserve d'une séparation complète avec les autres types de déchets (de soins).

- **Scénario 3** : dans ce scénario et les scénarios 4 et 5, l'impact médical des pathologies est proportionnel à la classe de la classification de l'OMS. En principe, l'hôpital peut appliquer ici le principe de précaution et considérer tous les déchets comme des déchets de soins à risque. Selon les tableaux, il est possible de vérifier dans quel quadrant chaque agent pathogène se situe et de décider en conséquence du traitement ultérieur des déchets de soins.

Théoriquement, ces déchets sont éligibles à la valorisation s'ils se situent dans le quadrant A. Dans tous les autres cas, les déchets de ce type ne sont pas éligibles au recyclage. Toutefois, si un traitement intermédiaire approprié permettant de désactiver l'agent pathogène est possible, le recyclage peut être envisagé.

- **Scénario 4** : les agents pathogènes peuvent se retrouver dans le quadrant D en raison de leurs caractéristiques et de l'utilisation dans l'algorithme proposé.

Il est conseillé de toujours considérer les déchets provenant du traitement de patients porteurs de cet agent pathogène dans le quadrant D comme des déchets de soins à risque. Ces déchets ne sont éligibles au recyclage ou à des opérations analogues que si un traitement intermédiaire conforme au Brudalex (par exemple, un traitement par désinfection) peut inactiver les agents pathogènes.

- **Scénario 5** : même raisonnement que dans le scénario 4 pour ce qui est de l'attribution de la qualité des déchets et de l'emplacement de l'agent pathogène dans les quadrants D ou C. On peut supposer que pour ce type d'agents pathogènes, les hôpitaux seront plus enclins à appliquer le principe de précaution même pour les agents pathogènes qui se situent dans le quadrant C.

Les déchets provenant du traitement de patients porteurs d'agents pathogènes se situant dans le quadrant C peuvent être considérés en théorie comme équivalant à des déchets non dangereux non ménagers et sont donc éligibles au recyclage ou à des opérations analogues. Dans la pratique, les déchets de soins provenant du traitement de patients infectés par un agent pathogène de classe 4 de la classification de l'OMS seront toujours traités comme des déchets de soins à risque.

- **Scénario 6** : il existe des patients présentant une comorbidité pour lesquels les règles précédentes ne s'appliquent pas. En effet, les soins administrés à certains patients génèrent par définition des déchets de soins à risque, comme pour les patients dans un service d'oncologie qui suivent un traitement par cytostatiques. Si ces patients présentent une infection, même considérée comme très inoffensive, ce déchet doit toujours être considéré comme un déchet de soins à risque, indépendamment de la qualification selon les quadrants. ***Les déchets de ce type doivent être considérés comme des déchets de soins à risque et ne peuvent pas être recyclés. Si les déchets sont cytotoxiques ou cytostatiques, le traitement par désinfection est également à exclure.***
- **Scénario 7** : il n'y a aucune raison de considérer l'isolement d'un patient qui ne présente aucun signe d'infection comme un facteur aggravant en ce qui concerne le traitement des déchets de soins. Par conséquent, les déchets provenant de la prise en charge de ces patients sont équivalents à des déchets non dangereux non ménagers, sous réserve qu'aucun médicament

ne soit administré pendant cet isolement pour lequel les déchets devraient être considérés comme dangereux.

Ces déchets sont éligibles au recyclage ou à des opérations analogues, à condition qu'il n'y ait pas de comorbidité qui en ferait des déchets de soins à risque.

- **Scénario 8 :** pas de place à la discussion dans ce scénario. Tous les déchets générés par ce type de patients sont considérés comme des déchets de soins à risque jusqu'à ce que l'agent soit identifié. Une fois l'agent pathogène connu, les déchets peuvent être considérés comme des déchets de soins à risque ou non à risque conformément à la méthode proposée. Dans ce dernier cas, les déchets pourraient éventuellement être valorisés.

6 Discussion

Cette section de discussion permet de mettre en lumière plusieurs observations importantes. Tout d'abord, les points à considérer sur le plan du contenu de l'étude sont discutés. Cette section décrit le contexte dans lequel l'étude s'est déroulée et démontre les limites concernant la transmission de l'agent pathogène au personnel en charge du traitement des déchets. Les conclusions de l'étude et les recommandations pour la gestion des déchets de soins sont traitées comme deux éléments distincts. Ensuite, les limites inhérentes à la méthodologie de cette étude et les efforts déployés pour minimiser les résultats biaisés qui en découlent sont discutés. Troisièmement, certaines suggestions sont avancées pour orienter les recherches ultérieures basées sur cette étude.

6.1 Points à considérer sur le plan du contenu

Sur la base de la littérature actuellement disponible sur ce sujet, cette étude forme un point de départ pour évaluer, de la manière la plus objective possible et sur la base de la littérature scientifique, dans quelle mesure la quantité de déchets hospitaliers traités comme des déchets de soins à risque peut être réduite en analysant les conséquences de l'exposition et la pathogénicité des organismes impliqués. Les études de ce type affichent des limites intrinsèques car les chercheurs ne peuvent pas encore pleinement estimer les effets et les conséquences des processus et des dynamiques du sujet de l'étude⁴³. Bien que cette étude ait pris diverses mesures pour pallier ce problème (voir : Limites de l'étude actuelle), les résultats et les déductions de cette étude doivent être abordés avec une certaine précaution. Les sujets spécifiques suivants doivent être abordés.

Tout d'abord, cette étude part de plusieurs hypothèses préalables (voir : Hypothèses préalables et portée de l'étude) qui réduisent sa portée, et par conséquent ses résultats. Tout au long du processus, il est apparu que cette constriction était nécessaire pour déterminer ce qui pouvait jusqu'à présent être considéré comme des déchets de soins à risque ou comme des déchets de soins non à risque, qui sont des déchets non dangereux non ménagers. En effet, tout agent pathogène est potentiellement et théoriquement dangereux pour l'homme en cas d'exposition. Le traitement des déchets étant un processus humain, il existe un risque (limité) d'exposition en raison du non-respect des procédures de tri ou de stockage des déchets. Cette étude devait obligatoirement supposer que les procédures étaient parfaitement respectées pour parvenir à une conclusion. Si elle avait dû tenir compte de la probabilité d'exposition due à une erreur humaine, elle n'aurait pas pu dégager de conclusion.

⁴³ Liu, S. V. (2005). Right direction but backward movement: A new finding or a flawed repetition in bacterial aging study. *Logical Biology*, 5, 38-47.

Deuxièmement, et dans le prolongement du point précédent, chaque établissement de santé pourra déterminer lui-même les paramètres de la matrice (seuil pour les conséquences et la pathogénicité) sur la base d'accords internes et du suivi de son processus de traitement des déchets. Par conséquent, les conclusions et recommandations formulées dans cette étude ne peuvent être considérées comme contraignantes ou définitives. Chaque établissement devra procéder à une évaluation de son processus de traitement des déchets avant de prendre une décision. En ce sens, cette étude et ses résultats ne constituent qu'une ligne directrice.

Troisièmement, il convient de tenir compte du fait que cette étude est contextuellement et temporellement limitée. La pandémie de COVID-19 a clairement démontré que les agents pathogènes évoluent avec le temps. Ils peuvent muter et/ou de nouveaux agents pathogènes peuvent apparaître. Cette limitation doit être prise en compte si ce rapport devait être utilisé à l'avenir.

Quatrièmement, cette étude a été rédigée dans une perspective spécifique, à savoir examiner dans quelle mesure il est possible de réduire la quantité de déchets considérés comme des déchets de soins à risque. Une perspective écologique n'est qu'une des visions de la réalité. En effet, d'un point de vue infectiologique, on peut affirmer que tout type de déchets produits dans un hôpital est potentiellement dangereux pour l'homme. Ce débat est ouvert depuis plusieurs décennies⁴⁴ et il n'existe à ce jour toujours aucun consensus. Les actions qui seront mises en œuvre ultérieurement sur la base de cette étude devront se baser sur cette perspective écologique prédéterminée ainsi que sur les hypothèses que (1) le traitement des déchets est effectué par des personnes en bonne santé et que (2) les procédures de sécurité du traitement des déchets ont été rigoureusement suivies (cf. : Hypothèses préalables et portée de l'étude).

6.2 Limites de l'étude actuelle

Comme indiqué précédemment, cette étude est, à notre connaissance, la toute première étude de ce type en Belgique. Par conséquent, tout au long du processus, certains défis méthodologiques qui n'auraient pas pu être anticipés ont fait surface.

Tout d'abord, il est rapidement apparu que la littérature sur ce sujet est limitée. Confronter la méthodologie utilisée et les résultats obtenus aux connaissances internationales n'était donc pas évident. Par conséquent, les résultats de cette étude doivent être interprétés avec précaution et faire l'objet de tests plus approfondis dans des recherches ultérieures.

⁴⁴ Daschner, F. D., & Dettenkofer, M. (1997). Protecting the patient and the environment—new aspects and challenges in hospital infection control. *Journal of Hospital Infection*, 36(1), 7-15.

Deuxièmement, la compilation de la liste des agents pathogènes à étudier, pour ainsi garantir l'exhaustivité de l'étude, reste un exercice difficile. En effet, les différentes instances utilisent des listes différentes, chacune ayant une composition propre. En outre, les données n'étant pas toujours disponibles sur tous les agents pathogènes, l'estimation est difficile. Enfin, de nouveaux agents pathogènes sont découverts jusqu'à ce jour. En raison de ces trois facteurs, il est impossible d'établir une liste complète.

Troisièmement, cette étude propose une évaluation théorique d'un problème pratique. S'il serait possible de limiter les déchets de soins à risque en théorie, dans la pratique, cependant, le concept d'atténuation stricte des risques est souvent de mise. En d'autres termes, en cas de risque quelconque (par exemple, dû à une erreur humaine), les considérations écologiques ne sont pas primordiales. Il ne faut pas s'en étonner. À ce jour, il n'existe pas de cadre éthique permettant de concilier écologie et risque individuel. En outre, la législation actuelle est également très stricte : les déchets de soins qui présentent un risque doivent être incinérés dans un incinérateur agréé ou traités par désinfection. Si les recherches sur des sujets similaires venaient à se multiplier, un tel cadre serait nécessaire.

6.3 Continuité de l'étude

Sur la base de cette étude, trois pistes concrètes peuvent être formulées pour mettre en lumière des lacunes évidentes pour les chercheurs.

Il convient premièrement de discuter de la relation entre l'écologie et le risque individuel dans l'évaluation des risques liés aux déchets de soins. Sans un cadre clair et étayé, les études de ce type resteront de simples exercices théoriques. Cette discussion devra inclure des perspectives éthiques, économiques et environnementales.

Deuxièmement, des efforts doivent être déployés pour établir des listes uniformes, claires et centralisées d'agents pathogènes à l'échelle mondiale, ou du moins à l'échelle nationale. Sans de telles listes, il est difficile, voire impossible, d'assurer ou de contrôler la portée d'une enquête.

Troisièmement, des recherches supplémentaires doivent être menées sur le coût économique du traitement des déchets dans les hôpitaux. Si le secteur des soins de santé entend s'orienter vers la durabilité et l'économie circulaire, il devra trouver un équilibre entre l'impact écologique et l'impact financier sans, naturellement, compromettre la sécurité.

7 Conclusion

Cette étude a cherché à identifier quels déchets de soins contaminés par des agents pathogènes pourraient subir un traitement ordinaire plutôt qu'un traitement spécial pour les déchets de soins à risque. Le cadre de cette étude a été soumis à une quadruple délimitation, à savoir (1) l'étude ne concerne que le processus de traitement des déchets de soins potentiellement à risque ; (2) le traitement des déchets est effectué par des personnes en bonne santé ; (3) les procédures de sécurité pour le traitement des déchets sont rigoureusement suivies ; et (4) le principe de précaution est de mise en l'absence de connaissances suffisantes sur un agent pathogène.

Le projet a abouti à un algorithme qui permet de décider sur une base rationnelle si les déchets de soins provenant du traitement d'un patient atteint d'une infection bien définie doivent être ou non considérés comme des « déchets de soins à risque ». Deux paramètres, à savoir l'impact médical de l'agent pathogène (classe de risque 1 à 4 dans la classification de l'OMS) et la pathogénicité (valeur comprise entre 0 à 32), permettent de créer une matrice sur laquelle placer chaque agent pathogène. Deux seuils (« *thresholds* ») ont ensuite été placés dans cette matrice, permettant de faire la distinction entre les déchets de soins à risque et non à risque. Compte tenu de la quadruple délimitation mentionnée ci-dessus, seul un groupe restreint d'agents pathogènes appartient actuellement au quadrant à haut risque.

Ces seuils sont variables et peuvent donc être déterminés par chaque établissement de santé. Cela permet de créer un modèle de quadrants dynamique, dans lequel chaque établissement de santé peut évaluer et classer ses déchets hospitaliers.

L'approche présentée dans le présent rapport est innovante et remet en question certaines pratiques courantes et répandues en matière de traitement des déchets. Les résultats de ce rapport peuvent donc faire l'objet d'un débat dans les sphères scientifiques en Belgique et à l'étranger.

8 Clause de non-responsabilité

L'étude a été mise sur pied à la demande de la Région de Bruxelles-Capitale et a été réalisée sur la base d'une analyse documentaire et de la connaissance pratique de l'hôpital universitaire de Gand. Les données traitées dans le cadre de ce projet n'engagent pas l'hôpital universitaire de Gand en tant qu'institution. Les auteurs assument l'entière responsabilité des données présentées.

9 Liste des experts consultés

Prof. Dr Dirk Vogelaers et Prof. Dr Bruno Verhasselt ont examiné tout ou partie de la base médicale (principalement l'estimation de la pathogénicité et la méthodologie) du rapport. Ils n'ont pas commenté les questions non médicales.

M. Willy Van Praet a réalisé une analyse détaillée des risques liés à la gestion et au traitement des déchets de soins. L'essentiel de son analyse est inclus dans le présent rapport.

10 Annexes

10.1 Probabilité de contamination du personnel par des emballages de déchets hospitaliers médicaux solides mal fermés.

10.1.1 Contexte juridique

L'emballage des déchets hospitaliers est régi par la réglementation ADR, qui repose sur une classification des marchandises dangereuses basée sur la nature et l'importance du danger, associée à un nom et un numéro de transport normalisés. C'est là-dessus que se basent les conditions d'emballage sous forme de numéros ONU, la signalisation et les exigences de transport.

Pour les déchets hospitaliers, l'« infectiosité » est la principale source de danger et une distinction est faite en fonction de la sévérité entre la catégorie A pour les substances hautement infectieuses avec une mortalité élevée (par exemple, l'infection par le virus ebola) et la catégorie B pour les substances moins infectieuses avec une mortalité plus faible (par exemple, le virus de la grippe).

Les déchets infectieux de la catégorie A portent le numéro ONU 3549, tandis que les déchets infectieux de catégorie B portent le numéro ONU 3291. Les conditions d'emballage sont (naturellement) beaucoup plus strictes pour les déchets ONU 3549 que pour les déchets ONU 3291.

En Flandre, les déchets ONU 3291 sont emballés dans un emballage unique, avec un emballage en plastique approuvé par l'ONU et fermé hermétiquement à l'aide d'une bande adhésive. Pour les contenus secs, un emballage en carton avec un sac intérieur en plastique peut être utilisé. En Wallonie, l'utilisation d'un emballage combiné est également possible, sous la forme d'un conteneur à roulettes qui est récupéré après décontamination. L'emballage intérieur, composé de sacs en plastique dans lesquels sont déposés les déchets infectieux, est incinéré.

Les emballages sont de haute qualité et portent un label ONU indiquant qu'un prototype a été soumis avec succès à des tests de charge. Ces tests comprennent notamment un test de chute de 1m20 et un test d'empilement de 1m80. On peut d'ores et déjà en conclure qu'une chute supérieure à 1m20 et un empilement supérieur à 1m80 ne sont plus couverts par un test standard réussi et présentent donc un risque accru.

10.1.2 Probabilité - raisonnement

La question sous-jacente à ce calcul de probabilité est la suivante : quelle est la probabilité que le personnel qui manipule les déchets de soins dans l'hôpital soit contaminé à la suite d'un contact avec ces déchets ? Il existe deux possibilités de contamination : (1) la contamination peut provenir du contact avec la paroi extérieure du récipient ou (2) la contamination peut provenir de la libération du contenu des récipients mal fermés par les utilisateurs. La première possibilité est examinée dans le chapitre sur la pathogénicité, tandis que la seconde est examinée ci-dessous.

10.1.3 Probabilité - données chiffrées

Si des fûts ne sont pas correctement fermés et ne sont pas maintenus en position verticale pendant le transport (ce qui ne devrait pas arriver si les « bonnes pratiques » de l'instruction de travail sont respectées), du liquide peut s'échapper du fût (bien que la législation prévoit l'utilisation d'un matériau absorbant si l'emballage contient du liquide, ce n'est généralement pas le cas en pratique). Le sang pouvant contenir des agents pathogènes, une fuite de sang peut constituer une source potentielle de contamination. Lors du transport vertical, les agents pathogènes pourraient théoriquement être libérés dans l'air. Cependant, il n'existe aucun modèle connu pour quantifier cette source de contamination. On suppose également que, pour les fûts de type ONU 3291, ce risque est minime.

On observe que, dans la pratique, les prestataires de soins de santé qui doivent fermer les contenants ont parfois des problèmes pour positionner correctement le couvercle, ce qui peut être à l'origine de fuites. Ce risque est inexistant pour les boîtes en carton car elles ne peuvent contenir que des déchets de soins secs. Les boîtes en carton mal fermées mettent en lumière une certaine nonchalance évitable de la part de l'utilisateur.

L'hôpital universitaire de Gand a compté le nombre de contenants mal fermés pendant 10 jours ouvrables (du lundi au vendredi inclus). Le critère de « mauvaise fermeture » était le suivant : si le contenant se renverse, du liquide peut s'échapper (qu'il y ait ou non du liquide dans le récipient).

Les résultats obtenus sont les suivants :

Date	Nombre total de fûts	Fûts mal fermés	%	Nombre total de boîtes en carton	Boîtes en carton mal fermées	%
14/03/2022	181	3	1,66	102	2	1,96
15/03/2022	186	1	0,54	106	0	
16/03/2022	120	2	1,67	64	2	3,13
17/03/2022	126	1	0,79	72	1	1,39
18/03/2022	144	6	4,17	96	1	1,04
21/03/2022	128	2	1,56	68	0	
22/03/2022	132	3	2,27	98	1	1,02
23/03/2022	264	4	1,52	128	0	
24/03/2022	208	2	0,96	80	1	1,25
25/03/2022	152	3	1,97	75	1	1,33
Total	1 641	27	1,65	889	9	1,01
%		1,65			1,01	
gem	164,1	2,7	1,71	88,9	0,9	1,59
SD	45,9	1,5	1,0	20,4	0,7	0,7

Moy. : moyenne ; SD : écart-type

Il ressort de ces résultats que 1,7 % des fûts sont mal fermés et donc potentiellement sujets aux fuites. 1,6 % des boîtes en carton sont mal fermées.

En extrapolant ces chiffres pour l'hôpital universitaire de Gand, on obtient les résultats suivants :

- Le taux d'occupation quotidien des lits est d'environ 80 %, ce qui équivaut à 800 lits pendant 365 jours, soit environ 290 000 jours-lits.
- Cette occupation génère 75 000 fûts de déchets médicaux à risque par an, soit environ 4 fûts par jour et par lit. Il s'agit d'une moyenne pour l'ensemble des services. Les patients porteurs d'agents pathogènes pouvant se trouver partout dans l'hôpital, c'est cette moyenne qui est utilisée.

Pour chaque 1 % de patients atteints de maladies infectieuses, 2 900 jours-lits de déchets infectieux sont produits. En tenant compte du nombre d'emballages de déchets médicaux à risque (variant entre 30, 50 et 60 litres/jour), on obtient sur base annuelle : $2\,900 \times 4 = 11\,600$ contenants par an. Sachant que 1,7 % des contenants sont à risque, cela représente environ 197 contenants par an, soit 0,5 contenant par jour. Ainsi, sur la base d'une moyenne de 164 contenants traités par jour, la probabilité d'exposition est de $1/328$. Par conséquent, une représentation réaliste est que, pour chaque pour cent de patients présentant une pathologie infectieuse, 1 contenant sur 300 ou un contenant tous les 2 jours ouvrables pourrait présenter un risque potentiel de contamination.

10.1.4 Conclusion

La possibilité d'une contamination par une fuite provenant d'un récipient ONU 3291 ne peut être exclue, des fuites ayant été détectées pendant la mesure. Cependant, on peut supposer que la probabilité de contamination est faible, notamment au vu de l'équipement de protection individuelle du personnel.

10.2 Aperçu des scores par groupe d'agents pathogènes

Les tableaux ci-dessous indiquent, par groupe d'agents pathogènes (virus, champignons, bactéries et parasites), le nom de l'agent pathogène, le score de pathogénicité et le score de l'OMS. Le symbole « ? » traduit l'absence d'informations suffisantes pour tirer une conclusion.

10.2.1 TABLEAU 1 : Liste des agents pathogènes de classe 1 de la classification de l'OMS

Nom du pathogène	Score de pathogénicité Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
Acetobacter peroxydans	0	1
Acetogenium kivui	0	1
Acetomicrobium	0	1

Acidiphilium	0	1
Actinobispora	0	1
Aeromonas culicicola	0	1
Aestuariibacter	0	1
Agromonas	?	1
Alicyclobacillus	0	1
Amoebobacter	0	1
Amorphosporangium	0	1
Amphibacillus	0	1
Anabaena variabilis strain ATCC 29413	0	1
Anaerobacter	0	1
Anaerobaculum	0	1
Aquaspirillum	0	1
Arthrobacter chlorophenolicus	0	1
Aspromonas	0	1
Aureobacterium	0	1
Azospirillum	0	1
Azotobacter	?	1
Bacteriovorax	0	1
Bdellovibrio	0	1
Beneckea	0	1
Blastobacter	?	1
Blastomonas	?	1
Bryantella	0	1
Burkholderia caribensis	0	1
Burkholderia graminis	0	1
Burkholderia phymatum	0	1
Burkholderia phytofirmans	0	1
Burkholderia tropica	0	1
Burkholderia xenovorans	0	1
Calderobacterium	0	1
Catellatospora	0	1
Catellibacterium	0	1
Caulobacter	0	1
Cellulophaga	0	1
Chelatobacter	0	1
Chlorobium	0	1
Chromatium	0	1
Cryptobacterium pauculus	0	1
Curtobacterium ginsengisoli	0	1
Cystobacter	0	1
Deinobacter	0	1
Desulfobacterium	0	1
Desulfomonas	0	1
Desulfotomaculum	0	1
Desulfovibrio	0	1

Duganella	0	1
Ectothiorhodospira	0	1
Epilithonimonas	0	1
Erythrobacter	0	1
Erythromonas	0	1
Excellospora	0	1
Ferroplasma	0	1
Flectobacillus	0	1
Frigoribacterium	0	1
Fundibacter	0	1
Gariaella	0	1
Geobacillus	0	1
Geobacter sulfurreducens	0	1
Glaciecola	0	1
Gluconacetobacter	0	1
Gluconobacter asaii	0	1
Halobacteroides	0	1
Halococcus	0	1
Haloicola	0	1
Halomonas	?	1
Halovibrio	0	1
Herpetosiphon	0	1
Hongiella	0	1
Hydrogenobacter	0	1
Hydrogenothermophilus	0	1
Hyphomicrobium	0	1
Idiomarina	?	1
Jannaschia	0	1
Kibdelosporangium	0	1
Kitasatoa	?	1
Kitasatospora	0	1
Lactobacillus plantarum	0	1
Lactococcus rhamnosus	0	1
Lactosphaera	0	1
Lysobacter	0	1
Marichromatium	0	1
Marinibacillus	0	1
Marinococcus	0	1
Methylobacter	0	1
Methylomonas	0	1
Methylophila	0	1
Microbispora	0	1
Micrococcus	0	1
Micropolyspora	?	1
Microsphaera	0	1
Microtetraspora	0	1

Muricoccus	0	1
Mycoplana	0	1
Myxococcus	0	1
Nocardioides	?	1
Nonomuraea	0	1
Novosphingobium	0	1
Oceanicola	0	1
Oceanospirillum	0	1
Octadecabacter	0	1
Oerskovia	0	1
Paracolobactrum	2	1
Paralactobacillus	0	1
Pediococcus	0	1
Pedobacter	0	1
Pelodictyon	0	1
Petrobacter	0	1
Planococcus	0	1
Polyangium	0	1
Promicromonospora	0	1
Propionibacter	0	1
Propionibacterium jensenii	0	1
Prosthecomicrobium	0	1
Pseudonocardia	0	1
Rhizobium galegae	?	1
Rhizobium giardinii	0	1
Rhizobium huautlense	0	1
Rhizobium lupini	0	1
Rhizobium trifolii	0	1
Rhizomonas	0	1
Rhodobacter	0	1
Rhodobium	0	1
Rhodocyclus	0	1
Rhodoferax	0	1
Rhodopseudomonas	0	1
Rhodospirillum	0	1
Roseobacter	0	1
Roseomonas gilardii	?	1
Roseomonas fauriae	?	1
Roseovarius	0	1
Ruegeria	0	1
Ruminococcus productus	?	1
Saccharococcus	0	1
Saccharothrix	0	1
Salegentibacter	0	1
Salibacillus	0	1
Salmonella Typhi strain Ty21a	0	1

Sarcina	?	1
Schineria	0	1
Silicibacter	0	1
Simonsiella	0	1
Sinorhizobium	0	1
Sphingobium	?	1
Sphingopyxis	0	1
Spirochaeta	?	1
Sporohalobacter	0	1
Sporosarcina	0	1
Staleyia	0	1
Stappia	0	1
Stomatococcus	?	1
Streptomyces	0	1
Streptosporangium	0	1
Subtercola	0	1
Sulfobacillus	0	1
Syntrophospora	0	1
Taxeobacter	0	1
Teichococcus	0	1
Thalassomonas	0	1
Thermoactinomyces	0	1
Thermoanaerobacter	0	1
Thermoanaerobium	0	1
Thermobacteroides	0	1
Thermomicrobium	0	1
Thermomonospora	0	1
Thermoterrabacterium	0	1
Thermotoga	0	1
Thermus	0	1
Thioalkalimicrobium	0	1
Thiobacillus	0	1
Thiocapsa	0	1
Thiomicrospira	0	1
Thiorhodococcus	0	1
Virgibacillus	0	1
Volcaniella	0	1
Wautersia paucula	0	1
Weeksella	?	1
Wolbachia	0	1
Wolinella	0	1
Xenorhabdus	0	1
Xylanibacter	0	1
Yania	0	1
Zimmermannella	0	1
Zymophilus	0	1

10.2.2 TABLEAU 2 : Liste des agents pathogènes de classe 2 de la classification de l'OMS

Nom du pathogène	Score de pathogénicité Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
ABIOTROPHIA	0	2
ACTINOBACILLUS	0	2
ACTINOBACULUM	2	2
ACTINOMADURA	0	2
ACTINOMYCES	0	2
adenovirus	2	2
AEGYPTIANELLA	0	2
AEROCOCCUS	0	2
AEROMONAS	2	2
AFIPIA	0	2
AGGREGATIBACTER	2	2
Aichi virus	2	2
ALIIVIBRIO	0	2
ALISTIPES	2	2
ALLOIOCOCCUS	0	2
Amapari virus	?	2
ANAEROCOCCUS	0	2
ANAERORHABDUS	0	2
ANAPLASMA	0	2
Apeu virus	?	2
ARCANOBACTERIUM	0	2
ARCOBACTER	0	2
ARSENOPHONUS	0	2
Astrovirus 1-8	2	2
ATOPOBIUM	0	2
AVIBACTERIUM	0	2
BACILLUS	0	2
BACILLUS ANTHRACIS	3	2
BACTEROIDES	2	2
Bakau virus	?	2
BALNEATRIX	0	2
BARTONELLA	0	2
BARTONELLA BACILIFORMIS	0	2
Bebaru virus	?	2
BENECKEA	0	2
BERGEYELLA	0	2
Berne virus	2	2
BIBERSTEYNIA	0	2
BIFIDOBACTERIUM	0	2
BILOPHILA	0	2

BK polymavirus	2	2
Borna Disease virus	2	2
BORRELIA	0	2
BRACHYSPIRA	0	2
BREVINEMA	0	2
BREVUNDIMONAS	2	2
BRUCELLA	3	2
Buffalopox virus	0	2
Bunyamwera virus	0	2
BURKHOLDERIA MALEI, PSEUDOMALEI	3	2
Bushbush virus		2
Bwamba virus		2
Cache Valley virus	0	2
California encephalitis virus	0	2
CAMPYLOBACTER	0	2
Candiru virus	0	2
CAPNOCYTOPHAGA	0	2
Caraparu virus	0	2
CARDIOBACTERIUM	0	2
CARNOBACTERIUM	2	2
CATONELLA	0	2
Catu virus	0	2
CENTIPEDA	0	2
Chandipura virus	?	2
Changuinola virus	0	2
Chenuda virus	0	2
CHLAMYDIA	0	2
CHLAMYDOPHILA	0	2
Chobar Gorge virus		2
CHROMOBACTERIUM	2	2
CHRYSEOBACTERIUM	0	2
CLOSTRIDIUM	0	2
COLLINSELLA	0	2
Colorado tick fever virus	0	2
Columbia SK virus	0	2
Corriparta virus	0	2
CORYNEBACTERIUM	0	2
Cowpox virus	2	2
COXIELLA	3	2
CYTOPHAGA	0	2
Dera Ghazi Khan virus	0	2
DERMATOPHILUS	2	2
Dermatophilus congolensis	2	2
DIALISTER	0	2
DICHELOBACTER	0	2
EDWARDSIELLA	2	2

EGGERTHELLA	0	2
EHRlichia	0	2
EIKENELLA	0	2
Elephantpox virus (variant of "cowpox")		2
ELIZABETHKINGIA	0	2
ENTEROBACTER	2	2
ENTEROCOCCUS	2	2
Equine encephalosis virus		2
ERYSIPELOTHRIX		2
ESCHERICHIA	2	2
EUBACTERIUM	2	2
Eyach virus	0	2
FACKLAMIA	2	2
FILIFACTOR	0	2
FLAVOBACTERIUM	0	2
FLUORIBACTER	0	2
Fort Sherman virus	0	2
Fowl plague virus	0	2
FRANCISELLA	4	2
FRANCISELLA TULARENSIS	4	2
FUSOBACTERIUM	2	2
GARDNERELLA	0	2
GLOBICATELLA	2	2
GORDONIA	2	2
GRANULICATELLA	0	2
GRIMONTIA	0	2
Guama virus	0	2
Guaroa virus	0	2
HAEMOPHILUS	2	2
HALLELLA	2	2
Hazara virus	0	2
HELCOCOCCUS	2	2
HELICOBACTER	2	2
Horsepox virus	0	2
Hughes virus	0	2
Human Adeno-associated viruses AAV	0	2
Human coronaviruses OC43	2	2
Human coronaviruses 229E	2	2
<i>Human coxsackievirus A4, A6</i>	0	2
Human enteroviruses A, B, C & D (Coxsackieviruses, Echoviruses, human enterovirus 70)	0	2
Human hepatitis A virus	0	2
Human herpesvirus 1	0	2
Human herpesvirus 2	0	2
Human herpesvirus 3 (Varicella-zoster virus 1)	0	2
Human herpesvirus 4 (Epstein-Barr virus)	0	2

Human herpesvirus 5 (Human cytomegalovirus)	0	2
Human herpesvirus 6 (Human B-lymphotropic virus)	0	2
Human herpesvirus 7	0	2
Human herpesvirus 8 (Kaposi's sarcoma-associated herpesvirus)	0	2
Human metapneumovirus	0	2
Human papillomaviruses (HPV)	0	2
Human Parainfluenza viruses types 2 & 4	2	2
Human parainfluenzavirus 1	2	2
Human parainfluenzavirus 3	2	2
Human parechovirus 1-6	2	2
Human parvovirus (B 19)	2	2
Human Respiratory syncytial virus	2	2
Human rhinoviruses	2	2
Human Rotavirus A	0	2
Human Rotavirus B	0	2
Human Rotavirus C	0	2
Human torovirus	0	2
Ilheus virus	0	2
Influenza A virus	2	2
Influenza B virus	2	2
Influenza C virus	2	2
Inkoo virus	0	2
Ippy virus	?	2
Isfahan virus	0	2
Itaqui virus	0	2
Jamestown Canyon virus	0	2
JC polyomavirus	0	2
JC virus x BK virus	0	2
JOHNSONELLA	0	2
JONESIA		2
Junin virus vaccine strain Candid	0	2
Keystone virus	0	2
KINGELLA	0	2
KINGELLAoralis	0	2
KLEBSIELLA	2	2
KLUYVERA	0	2
Kokobera virus	?	2
Kunjin virus	0	2
La Crosse virus	0	2
LACTOCOCCUS	0	2
Langat virus	0	2
Latino virus	0	2
LAWSONIA	0	2
Lebombo virus	0	2
LECLERCIA	0	2
LEGIONELLA	8	2

LEPTOSPIRA	0	2
LISTERIA	2	2
LISTONELLA	0	2
Lymphocytic choriomeningitis virus	0	2
LYSINIBACILLUS	0	2
Madrid virus	0	2
Main Drain virus	0	2
MANNHEIMIA	0	2
Marituba virus	0	2
Maus Elberfeld virus	0	2
Measles virus	2	2
MELISSOCOCCUS	0	2
Mengovirus	0	2
MOBILUNCUS	0	2
MOELLERELLA	0	2
MOGIBACTERIUM	0	2
Molluscum contagiosum virus	0	2
Mopeia virus	0	2
MORAXELLA	2	2
MORGANELLA	0	2
Mumps virus	0	2
Murutucu virus	0	2
MYCOBACTERIUM	0	2
MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS	3	2
MYCOPLASMA	2	2
MYROIDES	0	2
NEISSERIA	4	2
NEORICKETTSIA	0	2
Nepuyo	0	2
Newcastle disease virus (Avian parainfluenza virus 1)	0	2
NOCARDIA	0	2
Norwalk virus	0	2
Nyando virus	0	2
O'nyong-nyong virus	?	2
OLSENELLA	0	2
Orf virus (Contagious ecthyma of sheep)	0	2
Oriboca virus	0	2
ORIENTA	0	2
ORNITHOBACTERIUM	0	2
Orthoreoviruses	0	2
Ossa virus	0	2
other Rotaviruses known to be pathogenic for animals	2	2
PAENIBACILLUS	0	2
Paraná virus	0	2
PARVIMONAS	0	2
PASTEURELLA	0	2

Patois virus	0	2
PEPTONIPHILUS	0	2
PEPTOSTREPTOCOCCUS	0	2
PHOTOBACTERIUM	0	2
Pichinde virus	0	2
PISCIRICKETTSIA	0	2
PLESIOMONAS	0	2
Polioviruses 1, 2 & 3	0	2
Pongola virus	0	2
Porcine enterovirus B	0	2
PORPHYROMONAS	0	2
PREVOTELLA	0	2
PROPIONIBACTERIUM	0	2
Prospect Hill virus	0	2
PROTEUS	0	2
PROVIDENCIA	0	2
PSEUDOALTEROMONAS	0	2
Pseudocowpox viruses (bovine papular stomatitis, milker's nodes, paravaccinia)	0	2
PSEUDOMONAS	2	2
PSEUDORAMIBACTER	0	2
Punta Toro virus	0	2
Rabbitpox virus	0	2
RAOULTELLA	0	2
Rat rotavirus	0	2
RENIBACTERIUM	0	2
Restan virus	0	2
RHODOCOCCUS	0	2
RICKETTSIA	0	2
RIEMERELLA	0	2
Rift Valley virus vaccine strain MP-12	0	2
Rio Bravo virus	0	2
Ross River virus	?	2
Rubella virus	0	2
SACCHAROPOLYSPORA	0	2
SALMONELLA	0	2
Sandfly fever Naples virus	0	2
Sanfly fever	0	2
<i>Sapporo virus</i>	0	2
Semliki Forest virus	?	2
Sepik virus	0	2
SHEWANELLA	0	2
SHIGELLA	0	2
Shokwe virus	0	2
Shuni virus	0	2
<i>Simian enterovirus N125,N203</i>	0	2

Simian virus 40	0	2
Sindbis virus	?	2
SLACKIA	0	2
Snowshoe hare virus	0	2
SPHINGOMONAS	0	2
SPIROPLASMA	0	2
STAPHYLOCOCCUS	2	2
STREPTOBACILLUS	0	2
STREPTOCOCCUS	2	2
STREPTOMYCES	0	2
SUTTERELLA	0	2
SUTTONELLA	0	2
Swine influenza virus A	0	2
Swine vesicular disease virus	0	2
Tacaiuma virus	0	2
Tacaribe virus	0	2
Tahyna virus	0	2
Tamiami virus	0	2
TANNERELLA	0	2
TATLOCKIA	0	2
TATUMELLA	0	2
TAYLORELLA	0	2
TENACIBACULUM	0	2
Tensaw virus	0	2
Tete virus	0	2
Thottapalayam virus	0	2
TISSIERELLA	0	2
Toscana virus	0	2
TREPONEMA	0	2
TURICELLA	0	2
UREAPLASMA	0	2
Uukuniemi virus	?	2
Vaccinia virus	0	2
VAGOCOCCUS	0	2
VEILLONELLA	0	2
Vesicular stomatitis Indiana virus	0	2
Vesicular stomatitis New Jersey virus	0	2
VIBRIO	0	2
Vilyuisk human encephalomyelitis virus	0	2
Virulent vesicular stomatitis virus field isolates	0	2
WADDLIA	0	2
Weldona virus	0	2
Wyeomyia virus	0	2
Xingu virus	0	2
Yatapox viruses (Tana & Yaba)	0	2
Yellow fever vaccine strain 17D	0	2

YERSINIA	0	2
Zegla virus	0	2
Zika virus	0	2

10.2.3 Aperçu des agents pathogènes de classe 3 et 4 selon la classification de l'OMS

10.2.3.1 TABLEAU 3 : Aperçu des scores pour les virus

Nom du virus	Score de pathogénicité Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
Coronavirus associé au syndrome respiratoire aigu sévère (virus du SRAS)	32	3
Absettarov-virus	4	3
Andes-orthohantavirus	16	3
Apenpokkenvirus	16	3
Australische-vleermuis-lyssavirus	0	3
Bayou-orthohantavirus	16	3
Black Creek Canal-orthohantavirus	16	3
Braziliaans mammarenavirus	32	4
Cabassouvirus	32	3
Cano Delgadito-orthohantavirus	4	3
Chapare-mammarenavirus	32	4
Chikungunyavirus	4	3
Choclo-orthohantavirus	16	3
Denguevirus	8	3
Dobrava-Belgrado-orthohantavirus	16	3
Duvenhage-lyssavirus	0	3
Eastern paardenencefalomyelitis-virus	4	3
Ebolavirus (G)	32	4
EL Moro Canyon-orthohantavirus	16	3
Europese-vleermuis-lyssavirus	0	3
Europese-vleermuis-lyssavirus 2	0	3
Evergladesvirus	4	3
Flexal-mammarenavirus	32	3
Gelekoortsvirus	4	3
Guanarito-mammarenavirus	32	4
Hantaan-orthohantavirus	16	3
Hanzalova-virus	4	3
Hendra henipavirus	16	4
Hepacivirus C	16	3
Hepatitis B-virus	16	3
Hoogpathogene aviaire influenzavirussen HPAIV (H5)	0	3
Hoogpathogene aviaire influenzavirussen HPAIV (H7)	0	3
Humaan immunodeficiëntievirus 1	32	3
Humaan immunodeficiëntievirus 2	16	3
Hypr-virus	4	3
Influenza A-virus A/New York/1/18 (H1N1)	8	3
Influenza A-virus A/Singapore/1/57 (H2N2)	8	3
Japanse-encefalitisvirus	0	3
Junin-mammarenavirus	8	4

Krim-Congo hemorrhagische koorts-orthonairovirus	4	4
Kumlinge-virus	4	3
Kyasanur Forest disease-virus	0	3
Laagpathogene aviaire influenzavirus (LPAI) H7N9	0	3
Lagos-vleermuis-lyssavirus	4	3
Laguna Negra-orthohantavirus	16	3
Lassa-mammarenavirus	16	4
Louping ill-virus	4	3
Lujo-mammarenavirus	32	4
Macacien alfaherpesvirus 1 (Herpesvirus simiae, Herpes B-virus)	4	3
Machupo-mammarenavirus	32	4
Marburgvirus	16	4
Mayaravirus	4	3
Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-virus)	32	3
Mokola-lyssavirus	4	3
Mucambovirus	4	3
Murray Valley-encefalitisvirus (Australië-encefalitisvirus)	8	3
Ndumuvirus	32	3
Negishi-virus	4	3
Nipah henipavirus	16	4
Omsk-hemorrhagische-koortsvirus	0	3
Oropouche-orthobunyavirus	16	3
Poliovirus, type 2 (2)	0	3
Powassan-virus	0	3
Primaat T-lymfotroop virus 1 (humaan T-lymfotroop virus (type 1)	16	3
Primaat T-lymfotroop virus 2 (humaan T-lymfotroop virus (type 2)	16	3
Rabiës-lyssavirus	0	3
Rift Valley-koorts-flebovirus	4	3
Rocio-virus	32	3
Russische voorzomer-meningo-encefalitis (a)	4	3
Saint-Louis-encefalitisvirus	0	3
Seoul-orthohantavirus	16	3
Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)	16	3
SFTS-flebovirus	32	3
Sin Nombre-orthohantavirus	16	3
Tekenencefalitisvirus Midden-Europees subtype	4	3
Tekenencefalitisvirus Siberisch subtype	4	3
Tekenencefalitisvirus Verre-Oostensubtype	4	3
Tonatevirus	32	3
Variolavirus (maior en minor)	8	4
Venezolaanse paardenencefalomyelitis-virus	16	3
Wesselsbronvirus	4	3
Western paardenencefalomyelitis-virus	4	4
West-Nijlvirus	0	3
Whitewater Arroyo-mammarenavirus	32	3

10.2.3.2 TABLEAU 4 : Aperçu des virus nécessitant une attention particulière

Nom du virus	Y	X
Braziliaans mammarenavirus	32	4
Chapare-mammarenavirus	32	4
Ebolavirus (G)	32	4
Guanarito-mammarenavirus	32	4
Lujo-mammarenavirus	32	4
Machupo-mammarenavirus	32	4
Aan het ernstig acuut ademhalingsyndroom gerelateerd coronavirus (SARS- virus)	32	3
Cabassovirus	32	3
Flexal-mammarenavirus	32	3
Humaan immunodeficiëntievirus 1	32	3
Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-virus)	32	3
Ndumuvirus	32	3
Rocio-virus	32	3
SFTS-flebovirus	32	3
Tonatevirus	32	3
Whitewater Arroyo-mammarenavirus	32	3
Hendra henipavirus	16	4
Lassa-mammarenavirus	16	4
Marburgvirus	16	4
Nipah henipavirus	16	4
Andes-orthohantavirus	16	3
Apenpokkenvirus	16	3
Bayou-orthohantavirus	16	3
Black Creek Canal-orthohantavirus	16	3
Choclo-orthohantavirus	16	3
Dobrava-Belgrado-orthohantavirus	16	3
EL Moro Canyon-orthohantavirus	16	3
Hantaan-orthohantavirus	16	3
Hepacivirus C	16	3
Hepatitis B-virus	16	3
Humaan immunodeficiëntievirus 2	16	3
Laguna Negra-orthohantavirus	16	3
Oropouche-orthobunyavirus	16	3
Primaat T-lymfotroop virus 1 (humaan T-lymfotroop virus (type 1)	16	3
Primaat T-lymfotroop virus 2 (humaan T-lymfotroop virus (type 2)	16	3
Seoul-orthohantavirus	16	3
Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)	16	3
Sin Nombre-orthohantavirus	16	3
Venezolaanse paardenencefalomyelitis-virus	16	3

10.2.3.3 TABLEAU 5 : Aperçu des scores pour les champignons

Nom du champignon	Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
Ajellomyces capsulatus (mitosporic state : Histoplasma capsulatum)	0	3
Ajellomyces dermatitidis (mitosporic state : Blastomyces dermatitidis)	0	3
Blastomyces dermatitidis (synonym of Zymonema dermatitidis ; teleomorph : Ajellomyces dermatitidis) (mitosporic Onygenaceae)	0	3
Blastomyces gilchristii	0	3
Cladophialophora arxii (mitosporic Herpotrichiellaceae)	0	3
Cladophialophora bantiana (synonym of Xylohypha bantiana, Cladosporium bantianum, Cladosporium trichoides)	0	3
Cladophialophora devriesii	0	3
Cladophialophora modesta	0	3
Coccidioides immitis (mitosporic Onygenales)	8	3
Coccidioides posadasii	0	3
Cryptococcus gattii	0	3
Histoplasma capsulatum var. capsulatum (teleomorph : Ajellomyces capsulatus)	0	3
Histoplasma capsulatum var. duboisii (teleomorph : Ajellomyces capsulatus)	0	3
Histoplasma capsulatum var. farciminosum (teleomorph : Ajellomyces capsulatus)	0	3
Ochroconis gallopava	0	3
Paracoccidioides brasiliensis (synonym of Loboia loboii) (mitosporic Onygenaceae)	0	3
Paracoccidioides lutzii	0	3
Talaromyces (formerly Penicilliosis) marneffeii	0	3
Rhinocladiella or Ramichloridium mackenziei (mitosporic Herpotrichiellaceae)	0	3
Zymonema dermatitidis (synonym of Blastomyces dermatitidis) (mitosporic Ajellomycetaceae)	0	3

10.2.3.4 TABLEAU 6 : Aperçu des scores pour les bactéries

Nom de la bactérie	Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
Bacillus anthracis	4	3
Bartonella bacilliformis	0	3
Brucella abortus	8	3
Brucella canis	8	3
Brucella inopinata	8	3
Brucella melitensis	8	3
Brucella suis	8	3
Burkholderia mallei (Pseudomonas mallei)	4	3
Burkholderia pseudomallei (Pseudomonas pseudomallei)	4	3
Chlamydia psittaci (Chlamydophila psittaci) (gevogeltestammen)	1	3
Coxiella burnetii	4	3
Escherichia coli, verocytotoxigene stammen (bv. O157:H7 of O103)	0	3

Francisella tularensis (Type B)	8	3
Francisella tularensis subsp. tularensis	8	3
Mycobacterium africanum	1	3
Mycobacterium bovis	1	3
Mycobacterium caprae (Mycobacterium tuberculosis subsp. caprae)	1	3
Mycobacterium leprae	1	3
Mycobacterium malmoense	1	3
Mycobacterium microti	1	3
Mycobacterium pinnipedii	1	3
Mycobacterium szulgai	1	3
Mycobacterium tuberculosis	8	3
Mycobacterium ulcerans	1	3
Orientia tsutsugamushi (Rickettsia tsutsugamushi)	0	3
Rickettsia aeschlimannii	0	3
Rickettsia africae	0	3
Rickettsia akari	0	3
Rickettsia australis	0	3
Rickettsia bellii	0	3
Rickettsia canada	0	3
Rickettsia canadensis	0	3
Rickettsia conorii	0	3
Rickettsia felis	0	3
Rickettsia heilongjiangensis	0	3
Rickettsia helvetica	0	3
Rickettsia honei	0	3
Rickettsia japonica	0	3
Rickettsia massiliae	0	3
Rickettsia montana	0	3
Rickettsia montanensis	0	3
Rickettsia mooseri	0	3
Rickettsia parkeri	0	3
Rickettsia prowazekii	4	3
Rickettsia rickettsii	0	3
Rickettsia sennetsu	0	3
Rickettsia sibirica	0	3
Rickettsia slovaca	0	3
Rickettsia tsutsugamushi	0	3
Rickettsia typhi	0	3
Rickettsia typhi (mooseri)	0	3
Salmonella paratyphi A	4	3
Salmonella paratyphi B/java	4	3
Salmonella paratyphi C/ Choleraesuis	4	3
Salmonella Typhi	4	3
Shigella dysenteriae (type 1)	0	3
Yersinia pestis	4	3

10.2.3.5 TABLEAU 7 : Aperçu des scores pour les parasites

Nom du parasite	Axe des Y	Score de l'OMS Axe des X
Balamuthia mandrillaris	0	3
Echinococcus granulosus	0	3
Echinococcus multilocularis	0	3
Echinococcus oligarthrus	0	3
Echinococcus vogeli	0	3
Leishmania braziliensis	0	3
Leishmania chagasi	0	3
Leishmania donovani	0	3
Leishmania guyanensis (Viannia guyanensis)	0	3
Leishmania infantum (Leishmania chagasi)	0	3
Leishmania panamensis (Viannia panamensis)	0	3
Naegleria fowleri	0	3
Plasmodium falciparum	0	3
Plasmodium knowlesi	0	3

11 Listes de référence des agents pathogènes

11.1 Publications générales

The approved list of biological agents – HSE : <https://www.hse.gov.uk/pubns/misc208.pdf>

Codex over het welzijn op het werk Boek VII, biologische agentia:

<https://beschaeftiguing.belgien.be/sites/default/files/content/documents/Welzijn%20op%20het%20werk/Regelgeving/Codex%20boek%20VII%20titel%201%20Algemene%20bepalingen.pdf>

Europese lijst van biologische agentia: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0054-20200624&from=EN>

Update of the bacterial taxonomy in the classification lists of COGEM, onderzoeksrapport 2018 : <https://cogem.net/publicatie/update-of-the-bacterial-taxonomy-in-the-classification-lists-of-cogem/>

Klasse I pathogenen : COGEM, 2021 : <https://cogem.net/app/uploads/2021/10/211025-01-Advies-actualisatie-pathogeniteitsclassificatie-bacterien.pdf>

Belgian Biosafety Server, 2022 : <https://www.bioveiligheid.be/node/286>

List of airborne pathogens : <https://www.atzlabs.com/pdf/Airborne-microbe-list.pdf>

Health hazards of medical waste and its disposal. Padmanabhan KK and Barik D. Energy from toxic organic waste for heat and power generation, Chapter 8 (2019). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00008-0>

Mechanisms of pathogenesis, infective dose and virulence in human parasites. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002512>

11.2 Virus

American Type Culture Collection (2022). Safety Data Sheets. Retrieved from <https://www.atcc.org/>, on April 4th 2022.

Centres for Disease Control and Prevention. (2022). U.S. Department of Health & Human Services. Retrieved from <https://www.cdc.gov/> on April 4th 2022.

European Centre for Disease Prevention and Control. (2022). Retrieved from <https://www.ecdc.europa.eu/en>, on April 4th 2022.

Government of Canada (2022). Pathogen Safety Data Sheets. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheets-risk-assessment.html>, on April 4th 2022.

International Scientific Working Group on Tick-Borne-Encephalitis (ISW-TBE), 2014. TICK-BORNE ENCEPHALITIS VIRUS (TBEV) / CENTRAL EUROPEAN ENCEPHALITIS VIRUS. Retrieved from

https://www.ufrgs.br/imunovet/molecular_immunology/pathoviruses_TBEBV.html , on April 4th 2022.

- Jeffries, C.L., Mansfield, K.L., Phipps, L.P., Wakeley, P.R., Mearns, R., Schock, A., Bell, S., Breed, A.C., Fooks, A.R., & Johnson, N. (2014). Louping ill virus: an endemic tick-borne disease of Great Britain. *Journal of General Virology*, 95 (5). <https://doi.org/10.1099/vir.0.062356-0>
- Vasconcelos, H. B., Nunes, M. R., Casseb, L. M., Carvalho, V. L., Pinto da Silva, E. V., Silva, M....Vasconcelos, P. (2011). Molecular Epidemiology of Oropouche Virus, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 17(5), 800-806. <https://doi.org/10.3201/eid1705.101333>.

11.3 Champignons et levures

- Centres for Disease Control and Prevention. (2022). U.S. Department of Health & Human Services. Retrieved from <https://www.cdc.gov/>
- Government of Canada (2022). Pathogen Safety Data Sheets. Retrieved from <https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheets-risk-assessment.html>
- The university of Adelaide (2021). Mycology /Fungal Descriptions and Antifungal Susceptibility/ Dermatophytes /Paraphyton. Retrieved from <https://www.adelaide.edu.au/mycology/fungal-descriptions-and-antifungal-susceptibility/dermatophytes/paraphyton>
- Agentschap zorg & gezondheid, Richtlijn infectieziektebestrijding Vlaanderen – Tinea capitis, versie december 2019. Retrieved from https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/richtlijn%20tinea_2019_0.pdf
- Cortez, K. J., Roilides, E., Quiroz-Telles, F., Meletiadis, J., Antachopoulos, C., Knudsen, T., Buchanan, W., Milanovich, J., Sutton, D. A., Fothergill, A., Rinaldi, M. G., Shea, Y. R., Zaoutis, T., Kottitil, S., & Walsh, T. J. (2008). Infections caused by *Scedosporium* spp. *Clinical microbiology reviews*, 21(1), 157–197. <https://doi.org/10.1128/CMR.00039-07>
- Guerrero A, Torres P, Duran MT, Ruiz-Díez B, Rosales M, Rodriguez-Tudela JL. Airborne outbreak of nosocomial *Scedosporium prolificans* infection. *Lancet*. 2001 Apr 21;357(9264):1267-8. doi: 10.1016/S0140-6736(00)04423-8. PMID: 11418156.
- Health Protection Surveillance Centre, Januari 2018, National guidelines for the prevention of nosocomial aspergillosis, ISBN 978-0-9565622-6-5. Retrieved from <https://www.hpsc.ie/a-z/respiratory/aspergillosis/guidance/Aspergillus%20Guidelines%202018.pdf>
- Lee, W. J., Kim, S. L., Jang, Y. H., Lee, S. J., Kim, D. W., Bang, Y. J., & Jun, J. B. (2015). Increasing Prevalence of *Trichophyton rubrum* Identified through an Analysis of 115,846 Cases over the

Last 37 years. Journal of Korean medical science, 30(5), 639–643.
<https://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.5.639>

Shroba, J., Olson-Burgess, C., Preuett, B., & Abdel-Rahman, S. M. (2009). A large outbreak of *Trichophyton tonsurans* among health care workers in a pediatric hospital. American journal of infection control, 37(1), 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.11.008>

11.4 Parasites

Centres for Disease Control and Prevention. (2022). U.S. Department of Health & Human Services.
Retrieved from <https://www.cdc.gov/>

Government of Canada (February 2021). Health Canada. Guidance on waterborne pathogens.
Retrieved from <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-proposed-guidance-waterborne-pathogens/document.html#b.2.2.1>

Government of Canada (2022). Pathogen Safety Data Sheets. Retrieved from
<https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheets-risk-assessment.html>

Agentschap zorg & gezondheid, Richtlijn infectieziektebestrijding Vlaanderen – Giardiasis, versie juli 2016. Retrieved from https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/atoms/files/giardiasis_2015_website_20162107.pdf

Fayer R. (2004). *Sarcocystis* spp. in human infections. Clinical microbiology reviews, 17(4), 894–902.
<https://doi.org/10.1128/CMR.17.4.894-902.2004>

Guagliardo, Sarah Anne J et al. (2022). Epidemiological and molecular investigations of a point-source outbreak of *Dracunculus medinensis* infecting humans and dogs in Chad: a cross-sectional study. The Lancet Microbe, Volume 3, Issue 2, e105 - e112. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(21\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(21)00209-3)

Leiby D. A. (2011). Transfusion-transmitted *Babesia* spp.: bull's-eye on *Babesia microti*. Clinical microbiology reviews, 24(1), 14–28. <https://doi.org/10.1128/CMR.00022-10>

Merck Sharp & Dohme Corp., a subsidiary of Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA (2022)
Retrieved from <https://www.msdmanuals.com/professional>

Minnesota Department of Health (11/2018). Diseases. Information about Cyclosporiasis 5Cyclospora spp.) Retrieved from <https://www.health.state.mn.us/diseases/cyclosporiasis/cyclosporiasis.html>

National Library of Medicine (2022) MedlinePlus. Information about *Diphyllobothrium latum* Retrieved from <https://medlineplus.gov/ency/article/001375.htm>

New York State, Department of Health (07/2017) Babesiosis index page. Retrieved from https://www.health.ny.gov/diseases/communicable/babesiosis/fact_sheet.htm

StanfordUniversity. [https://web.stanford.edu/group/parasites/ParaSites2002/hymenolepsis/
transmission.htm](https://web.stanford.edu/group/parasites/ParaSites2002/hymenolepsis/transmission.htm)