INSPQ INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

Fibres d'amiante dans l'eau potable : effets sur la santé et valeurs guides disponibles

ÉTAT DES CONNAISSANCES

NOVEMBRE 2024

SYNTHÈSE RAPIDE DES CONNAISSANCES : REVUE NARRATIVE SYSTÉMATISÉE

Québec

AUTRICE ET AUTEUR

Isabelle-Julie Brisson, conseillère scientifique
Nicolas Parenteau, médecin spécialiste
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Marie-Eve Levasseur, cheffe de secteur
Jean-Bernard Gamache, chef d'unité scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

COLLABORATION

Vicky Huppé, conseillère scientifique
Marie-Hélène Bourgault, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

RÉVISION

Georges Adib, conseiller scientifique
Clémentine Crouzier, conseillère scientifique
Institut national de santé publique du Québec

Richard Carrier, chef de la Section Évaluation chimique
Santé Canada

Le réviseur et la réviseuse ont été conviés à apporter des commentaires sur la version préfinale de ce document et en conséquence, n'en ont pas révisé ni endossé le contenu final.

L'autrice et l'auteur ainsi que les membres du comité scientifique, le réviseur et la réviseuse ont dûment rempli leurs déclarations d'intérêts et aucune situation à risque de conflits d'intérêts réels, apparents ou potentiels n'a été relevée.

RELECTURE ET MISE EN PAGE

Aurélie Franco, agente administrative
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : http://www.inspq.qc.ca.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue ou en écrivant un courriel à : droits.dauteur.inspq@inspq.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 1er trimestre 2025
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-555-00547-1 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2025)

REMERCIEMENTS

L'autrice et l'auteur de la présente synthèse remercient tout particulièrement les personnes suivantes pour leur contribution au projet :

Magsen Atroun, externe en médecine
Ayman El-Hadi, externe en médecine
Gabrielle Guillemette, externe en médecine
Alisson Skelling, externe en médecine
Faculté de médecine de l'Université Laval

Caroline Huot, médecin spécialiste
Institut national de santé publique du Québec

Keyvin Darney, chef de projets scientifiques
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux dans sa mission de santé publique. L'Institut a également comme mission, dans la mesure déterminée par le mandat que lui confie le ministre, de soutenir Santé Québec, la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, le Conseil cri de la santé et des services sociaux de la Baie James et les établissements, dans l'exercice de leur mission de santé publique.

La collection *État des connaissances* rassemble sous une même bannière une variété de productions scientifiques qui synthétisent et communiquent ce que la science nous dit sur une question donnée à l'aide de méthodes rigoureuses de recension et d'analyse des écrits scientifiques et autres informations pertinentes.

La présente synthèse rapide des connaissances porte sur les effets sur la santé potentiels liés à la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable et détaille les quelques valeurs guides existantes, avec leurs forces et leurs limites.

Elle a été élaborée à la demande du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, afin de le soutenir dans l'interprétation des concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable.

Ce document s'adresse aux équipes professionnelles et aux gestionnaires du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. Il s'adresse également aux équipes professionnelles du réseau de la santé publique œuvrant dans le domaine de l'eau potable.

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE ..... **V**

FAITS SAILLANTS **1**

RÉSUMÉ **3**

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS **6**

2 RÉSUMÉ DE LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE **7**

3 GÉNÉRALITÉS SUR L'AMIANTE **9**

4 L'AMIANTE DANS L'EAU POTABLE **11**

4.1 Sources d'amiante dans l'eau potable 11

4.2 Type et dimensions des fibres d'amiante dans l'eau potable 12

4.3 Concentrations mesurées dans l'eau potable 13

5 VOIES D'EXPOSITION A L'AMIANTE PAR L'EAU POTABLE ET TOXICOCINÉTIQUE **16**

6 EFFETS SUR LA SANTÉ DE L'INGESTION D'AMIANTE **18**

6.1 Effets cancérigènes associés à une exposition par ingestion 19

6.1.1 Mécanismes d'action de la cancérogénèse 20

6.1.2 Sommaire des études épidémiologiques par ingestion 20

6.1.3 Sommaire des études expérimentales animales par ingestion 24

6.2 Effets non cancérigènes associés à une exposition par ingestion 25

6.2.1 Sommaire des études épidémiologiques par ingestion 25

6.2.2 Sommaire des études expérimentales animales par ingestion 26

6.3 Limites associées aux données concernant les effets sur la santé 27

6.3.1 Les études épidémiologiques 27

6.3.2 Les études animales 28

6.3.3 Le type et la taille des fibres d'amiante 29

6.3.4 La toxicocinétique de l'amiante 30

7 NORMES ET VALEURS GUIDES EXISTANTES **31**

7.1 Valeurs guides basées sur des effets cancérigènes 32

7.2 Forces et limites des valeurs guides de 7 MFL du MCLG (U.S. EPA) et du PHG (OEHHA) pour les effets cancérigènes 35

7.2.1 Le choix du type d'étude 35

7.2.2 Le choix de l'étude clé animale et les méthodes statistiques utilisées 36
7.2.3 Les incertitudes toxicocinétiques 37
7.2.4 Le type et la taille des fibres 37
7.3 Valeur guide pour les effets non cancérigènes et limites associées 37
7.4 Valeurs guides sanitaires associées à l'ingestion secondaire et limites associées 39
7.5 Organisations n'ayant pas dérivé de valeurs guides 42
8 FORCES ET LIMITES DU DOCUMENT 44
9 CONCLUSION 45
10 PERSPECTIVES 46
BIBLIOGRAPHIE 47
ANNEXE 1 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DÉTAILLÉE 50

GLOSSAIRE

Cancérogénicité : propriété d'une substance dont le mécanisme de toxicité est susceptible de favoriser ou de provoquer l'apparition de cancers chez les êtres humains ou les animaux.

Dose de référence (*Reference Dose* en anglais ou RfD) : dose de contaminant à laquelle un individu peut être exposé par ingestion pendant une période d'exposition donnée sans risquer de subir des effets toxiques. Cette dose de référence est déterminée par le quotient entre le point de départ et le produit de tous les facteurs d'incertitude jugés appropriés. Les termes « dose journalière tolérable », « dose journalière admissible » ou « apport quotidien tolérable » sont des synonymes de dose de référence employés dans d'autres publications (dont celles de Santé Canada). Elle correspond à la valeur toxicologique de référence pour les effets avec seuil pour une exposition par ingestion.

Eau brute : eau prélevée aux fins d'alimenter un système de distribution d'eau potable et qui n'a pas subi un traitement de potabilisation.

Eau distribuée : pour le besoin du présent document, la définition utilisée est celle qui décrit « l'eau destinée à la consommation par l'être humain ». En d'autres termes, cela réfère à de l'eau potable ou de l'eau destinée à l'hygiène personnelle.

Eau potable : eau destinée à être ingérée par l'être humain.

Effets avec seuil : un effet toxique qui se manifeste seulement à partir d'une certaine dose d'exposition (seuil) et qui n'est pas détecté significativement lors d'une exposition à des doses ou à des concentrations inférieures à ce seuil. En général, la plupart des effets sur le développement, les effets non cancérigènes ainsi que les effets cancérigènes associés à des agents non génotoxiques (cancérogènes épigénétiques) sont considérés comme des effets avec seuil.

Exposition chronique : durée d'exposition à une substance toxique ou un contaminant pendant plusieurs années, généralement plus de 10 % de l'espérance de vie de l'espèce (p. ex. > 7 ans pour un humain dont la durée de la vie est fixée à 70 ans lors des évaluations du risque).

Génotoxicité : propriété toxique d'un xénobiotique (substance ou molécule étrangère à un organisme) susceptible d'endommager le matériel génétique des cellules, d'altérer le génome et de conduire à des mutations.

***In vitro* :** se dit d'un fait, d'une expérience ou d'une réaction qui se produit en milieu artificiel, en laboratoire sur une lame de verre ou dans de la verrerie de laboratoire.

***In vivo* :** se dit d'un fait qui évolue, d'une expérience ou d'une exploration qui est observée ou pratiquée dans l'organisation vivant. La notion d'organisation vivant englobe l'atome des cellules, la cellule, la molécule, l'organe, l'appareil anatomique, le système physiologique et la structure anatomique.

Système de distribution : une canalisation, un ensemble de canalisation ou toute installation ou tout équipement servant à capter ou à stocker ou à distribuer de l'eau destinée à la consommation humaine, aussi appelé « système d'aqueduc ». Le système de distribution comprend les installations ou les équipements servant au traitement. Est cependant exclue, dans le cas d'un bâtiment raccordé à un système d'aqueduc, toute canalisation équipant ce bâtiment et qui est située à l'intérieur de la limite de propriété.

Point de départ (*Point of Departure* en anglais ou POD) : dose ou concentration associée à un effet toxique présumé comme étant critique (le plus sensible tout en demeurant pertinent d'un point de vue toxicologique). Elle est obtenue à partir d'une relation dose-réponse déterminée lors d'une étude épidémiologique ou d'une étude réalisée chez les animaux de laboratoire.

Risque unitaire (RU) : proportion de cas de cancer supplémentaires estimés au sein d'une population exposée chaque jour durant 70 ans à une dose ingérée donnée par unité de poids corporel, ou à une concentration moyenne dans l'air, par rapport à la proportion de cas attendus dans une population non exposée à ce même contaminant. Le risque unitaire correspond à la **valeur toxicologique de référence** pour les **effets sans seuil**. Les termes « facteur de pente de cancer », « coefficient de cancérogénicité » ou « excès de risque unitaire » sont des synonymes de « risque unitaire » employés dans d'autres publications (dont celles de Santé Canada).

Valeur guide : concentration d'un contaminant chimique dans un milieu environnemental établie par une organisation sanitaire ou réglementaire reconnue qui peut être basée uniquement sur des considérations sanitaires (soit une valeur guide sanitaire) ou une valeur guide de gestion.

Valeur guide sanitaire (VGS) : concentration d'un contaminant chimique dans un milieu environnemental jugée adéquate au regard de la protection de la santé humaine. Cette concentration n'a aucune valeur légale. De plus, elle est déterminée sans que soient considérées les limites techniques et économiques associées à son application. Les valeurs guides sanitaires sont fondées sur des **valeurs toxicologiques de référence.**

Valeur toxicologique de référence (VTR) : valeur reflétant le potentiel toxique des contaminants pour la santé humaine. Elle est fondée soit sur un **effet toxique avec seuil**, soit sur un **effet toxique sans seuil**. S'il s'agit d'effets avec seuil, la valeur toxicologique de référence par ingestion correspond à la **dose de référence**. En revanche, s'il s'agit d'effets sans seuil, la valeur correspond au **risque unitaire.**

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AACODS	*Authority, Accuracy, Coverage, Objectivity, Date, Significance*
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
BCCDC	British Columbia Centre for Disease Control
CalEPA	California Environmental Protection Agency
CIRC	Centre international de Recherche sur le Cancer
GSE	Groupe scientifique sur l'eau de l'INSPQ
INESSS	Institut national d'excellence en santé et services sociaux
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRIS	Integrated Risk Information System
L/d	Ratio longueur de la fibre/diamètre de la fibre
LOAEL	*Lowest Observed Adverse Effect Level*
MCA	Matériaux contenant de l'amiante
MCL	*Maximum Contaminant Level*
MCLG	*Maximum Contaminant Level Goal*
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MFL	Millions de fibres d'amiante par litre
MICI	Maladies inflammatoires chroniques de l'intestin
NRC	National Research Council
NTP	National Toxicology Program
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques

OEHHA	California Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PHG	*Public Health Goal*
RfD	Dose de référence (*Reference Dose*)
RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable
RR	Risque relatif
RU	Risque unitaire
VGG	Valeur guide basée sur la gestion
VGS	Valeur guide sanitaire
VTR	Valeur toxicologique de référence
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency

FAITS SAILLANTS

Cette synthèse rapide des connaissances porte sur les effets sur la santé potentiels liés l'ingestion de fibres d'amiante présentes dans l'eau potable. Elle détaille les quelques normes et les valeurs guides existantes, avec leurs forces et leurs limites. Pour les fins de cette synthèse, une recherche documentaire systématisée de la littérature grise a été réalisée.

La plupart des organisations de référence estiment que les effets cancérigènes de l'ingestion d'amiante ne sont pas clairement établis. Bien que quelques études aient rapporté des effets cancérigènes sur le système digestif, les données épidémiologiques et animales présentent des incohérences et ne sont pas suffisantes pour démontrer un lien entre l'exposition à l'amiante par ingestion d'eau contaminée et les cancers digestifs. Par ailleurs, il existe un consensus général des organisations recensées sur le fait que l'ingestion d'amiante n'entraînerait pas d'effets non cancérigènes significatifs.

De ce fait, peu d'autorités sanitaires ont proposé des normes ou des valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable. Seules l'United States Environmental Protection Agency et l'Office of Environmental Health Hazard Assessment[1] ont élaboré une valeur guide sanitaire. Il s'agit de 7 millions de fibres d'amiante par litre de longueur de plus de 10 micromètres pour les effets cancérigènes sur le système digestif. Cette valeur guide a été reprise intégralement comme norme américaine et californienne.

De nombreuses limites associées à la base de données sur les effets sur la santé et à l'élaboration de cette valeur guide sanitaire ont été identifiées par les organisations de référence, ce qui restreint la portée de son utilisation :

- La plupart des études épidémiologiques spécifiques à l'ingestion d'eau potable sont anciennes (surtout entre 1971 et 1989), peu nombreuses et présentent des limites méthodologiques importantes;
- L'information disponible sur les caractéristiques des fibres d'amiante dans les études ne permet pas de formuler des conclusions spécifiques sur la toxicité des fibres d'amiante ingérées selon le type et les dimensions des fibres;
- L'étude clé ayant servie à l'élaboration de la valeur guide sanitaire pour les États-Unis et la Californie est basée sur une étude animale par ingestion. Cette étude comporte plusieurs incertitudes relativement au devis expérimental (une seule dose testée), à l'effet critique observé (tumeurs bénignes), aux méthodes statistiques utilisées et à l'extrapolation animal-humain;

[1] L'Office of Environmental Health Hazard Assessment est une division de la California Environmental Protection Agency.

- La norme de 7 millions de fibres d'amiante par litre s'applique aux fibres de longueur de plus de 10 micromètres, alors que des fibres d'amiante de taille inférieure peuvent se trouver dans l'eau potable.

D'autres valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable ont été proposées par d'autres organisations, mais elles ont été extrapolées à partir d'études d'exposition par inhalation en milieu de travail et comportent des limites majeures. Elles ont été exclues par les organisations de référence lors des évaluations quantitatives des risques par voie orale.

RÉSUMÉ

Le Groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec a été mandaté par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs pour réaliser une synthèse rapide des connaissances sur les effets potentiels à la santé liés à la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable et les valeurs guides disponibles, avec une appréciation des limites et des incertitudes qui leurs sont associées.

Une recherche documentaire systématisée de la littérature grise a été réalisée. Elle a ciblé l'ingestion de fibres d'amiante, soit la voie d'exposition d'intérêt de la population générale dans le contexte de l'exposition par l'eau potable. La méthodologie de recherche s'est effectuée en deux volets. Le premier volet, dit ciblé, a permis de recenser les valeurs toxicologiques de référence par ingestion ainsi que les normes et les valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable proposées par les organisations reconnues par l'Institut national de santé publique du Québec. Un deuxième volet de recherche documentaire élargie a été réalisé, avec l'élaboration d'un bordereau de recherche, pour extraire des références supplémentaires grâce à plusieurs méthodes exploratoires. Les résultats issus de ce deuxième volet ont fait l'objet d'un tri selon des critères d'inclusion et d'exclusion précis. Enfin, certains documents provenant de sources non reconnues par l'Institut national de santé publique du Québec ont fait l'objet d'une appréciation de leur qualité à l'aide d'un outil d'évaluation adapté à la littérature grise.

La présence des fibres d'amiante dans l'eau potable peut provenir de différentes sources, d'origine naturelle ou issues de l'activité humaine, notamment l'érosion des dépôts naturels d'amiante présents dans le substrat rocheux en contact avec l'eau, le ruissellement de résidus domestiques, industriels ou miniers contaminés et la dégradation des conduites en amiante-ciment utilisées pour la distribution de l'eau potable des réseaux. L'unité généralement utilisée pour exprimer les concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable est le nombre de fibres par litre, exprimé le plus souvent en millions de fibres par litre. Cette unité désigne l'ensemble des fibres amiantées de toutes les dimensions, sauf si précisé par la méthode analytique.

Dans l'eau potable, la principale voie d'exposition est l'ingestion. Quelques études ont suggéré une possible aérosolisation des fibres d'amiante contenues dans l'eau potable lors de la prise de douche ou de l'utilisation d'un humidificateur, mais les données très limitées ne permettent pas d'extrapoler pour évaluer spécifiquement ce risque. Somme toute, les quelques organisations ayant évalué cet aspect estiment qu'il est peu probable que l'exposition à l'amiante en suspension dans l'air libéré lors de l'utilisation de l'eau potable soit significative pour la santé humaine.

Effets sur la santé de l'ingestion d'amiante

Le poids de la preuve toxicologique et épidémiologique du caractère toxique et cancérigène des fibres d'amiante inhalées chez l'homme et les animaux est important, avec notamment une littérature abondante traitant d'exposition professionnelle. Toutefois, le poids de la preuve toxicologique du caractère toxique et cancérigène des fibres d'amiante ingérées sont plus limitées.

Certaines études épidémiologiques ont suggéré une association entre l'exposition par voie orale aux fibres d'amiante et le développement des cancers gastro-intestinaux. Cependant, les résultats de ces études sont incohérents. De plus, ces études épidémiologiques sont anciennes, peu nombreuses et présentent des limites méthodologiques importantes, telles que le recours à des devis d'étude écologique dans lesquels l'exposition individuelle n'est pas mesurée, la non-prise en compte des facteurs confondants et des méthodes analytiques variables entre les études.

Quant aux études chez l'animal, la plupart des premières études sur l'ingestion d'amiante n'ont pas établi de lien avec l'incidence du cancer gastro-intestinal, alors que certaines ont observé des hausses non significatives de la fréquence des tumeurs gastro-intestinales. De manière générale, malgré quelques nuances dans leur interprétation des résultats, les grandes organisations estiment qu'il n'existe aucune preuve concluante que l'amiante ingérée est cancérigène sur la base des études animales disponibles.

Somme toute, la plupart des organisations de référence estiment que les effets cancérigènes de l'ingestion d'amiante ne sont pas clairement établis. Aussi, les données existantes ne permettent pas d'estimer quantitativement une relation dose-réponse pour les effets cancérigènes. Par ailleurs, il existe un consensus général des organisations recensées sur le fait que l'ingestion d'amiante n'entraînerait pas d'effets non cancérigènes significatifs.

Normes et valeurs guides existantes

Peu d'autorités sanitaires ont proposé des normes ou des valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable. Santé Canada, l'Organisation mondiale de la Santé et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail n'ont pas procédé à l'élaboration de valeurs guides pour les fibres d'amiante dans l'eau potable, estimant que les données ne sont pas suffisantes pour établir une évaluation quantitative des risques liés à l'ingestion. Seules l'United States Environmental Protection Agency et l'Office of Environmental Health Hazard Assessment ont élaboré une valeur guide sanitaire. Il s'agit de 7 millions de fibres d'amiante par litre de longueur de plus de 10 micromètres pour les effets cancérigènes sur le système digestif. Cette valeur guide a été reprise intégralement comme norme américaine et californienne.

Cette valeur de 7 millions de fibres par litre a été élaboré initialement par l'United States Environmental Protection Agency en 1985, à partir d'une étude expérimentale animale du National Toxicology Program de la même année. Dans cette étude, la cancérogénicité par ingestion a été évaluée chez des rats mâles et des rats femelles exposés vie entière par le biais

d'une alimentation de fibres de chrysotile de longueur dite réduite (L < 10 µm) et de longueur dite intermédiaire (65 % des fibres avec une L > 10 µm). L'apparition de néoplasmes bénins (polypes adénomateux) dans le gros intestin a été retenu comme effet critique considéré sans seuil. Cette étude comporte plusieurs incertitudes relativement au devis expérimental (une seule dose testée), à l'effet critique observé (tumeurs bénignes), aux méthodes statistiques utilisées et à l'extrapolation animal-humain.

Dans le cadre de leurs travaux de 2003, une valeur guide de 2 400 millions de fibres par litre a aussi été calculée par l'Office of Environmental Health Hazard Assessment pour les effets non cancérigènes. Les limites et les incertitudes de cette valeur guide pour les effets non cancérigènes sont nombreuses. Malgré l'élaboration de cette valeur guide, l'organisation conclut que la plupart des études menées chez l'animal semblent indiquer que l'ingestion d'amiante n'entraîne peu ou pas de risque de lésions non cancérigènes.

Deux autres valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable ont été élaborées par l'United States Environmental Protection Agency et le National Research Council au début des années 80, à partir d'études réalisées en milieu de travail. L'extrapolation de données issues d'une exposition à l'amiante par inhalation en milieu de travail, en doses ingérées par l'eau potable, est empreinte d'incertitudes, notamment en raison de conditions d'expositions différentes entre les deux voies d'exposition et des caractéristiques morphologiques et dimensionnelles possiblement différentes des fibres présentes dans l'eau et dans l'air. Considérant les limites importantes de ces valeurs guides, elles n'ont pas été retenues par la suite lors des évaluations du risque des organisations consultées.

En conclusion, les nombreuses limites associées à la base de données sur les effets sur la santé et à l'élaboration de la valeur guide sanitaire existante, soulevées par les organisations et rapportées dans le présent rapport, restreint la portée de la valeur guide de 7 millions de fibres par litre. En plus des limites inhérentes aux études épidémiologiques et animales, le peu d'information disponible sur les caractéristiques des fibres d'amiante dans les études (type et dimensions des fibres) ne permet pas de formuler des conclusions spécifiques sur la toxicité des fibres d'amiante ingérées selon le type et les dimensions des fibres. Ainsi, son application demeure limitée à des fibres d'amiante de longueur de plus de 10 micromètres, alors que des fibres d'amiante de taille inférieure peuvent se trouver dans l'eau potable.

Forces et limites du rapport

Cette revue narrative systématisée constitue, à notre connaissance, le premier document québécois sur les effets sur la santé de l'amiante dans l'eau potable et les valeurs guides associées. Une des limites principales du présent document est l'extraction de la littérature grise uniquement et l'exclusion de la littérature scientifique primaire lors de la recherche documentaire systématisée. Somme toute, considérant les conclusions convergentes des principales organisations pertinentes de santé publique et environnementales, les enjeux associés à l'absence de littérature primaire nous apparaissent limités pour cette revue rapide des connaissances.

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre du Programme de surveillance de la qualité de l'eau potable, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) souhaite lancer un projet pilote pour investiguer la présence potentielle d'amiante dans l'eau potable. Or, le Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP) du Québec ne réglemente pas la concentration de fibres d'amiante et Santé Canada n'a recommandé à ce jour aucune concentration maximale acceptable dans l'eau potable.

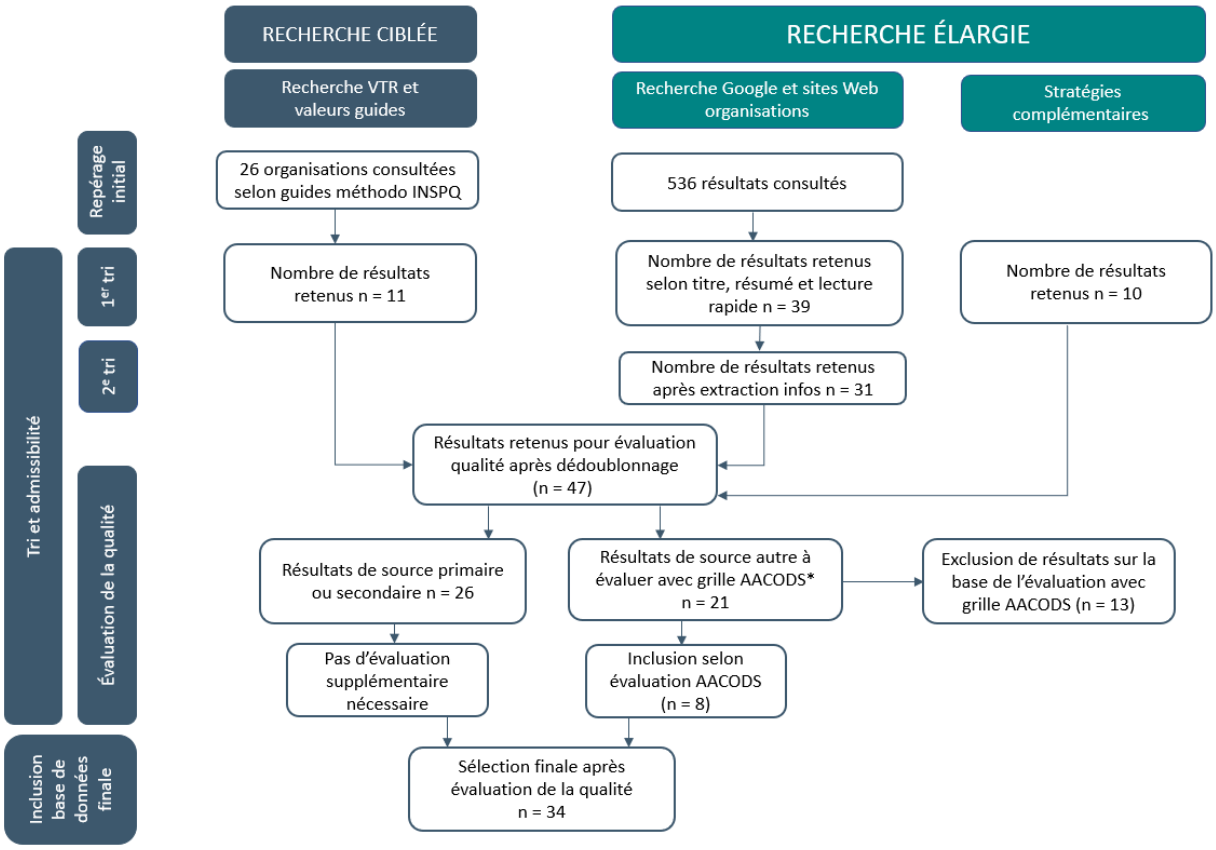
Le Groupe scientifique sur l'eau (GSE) de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a été mandaté par le MELCCFP pour réaliser une synthèse rapide des connaissances sur les effets potentiels à la santé liés à la présence des fibres d'amiante dans l'eau potable et les valeurs guides disponibles. Ce rapport permettra de soutenir le MELCCFP dans l'interprétation des concentrations de fibres d'amiante qui seront éventuellement mesurées dans l'eau potable. Les objectifs spécifiques du présent projet sont :

- Réaliser une synthèse de la littérature grise portant sur les risques sur la santé liés à la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable, en faisant état des incertitudes sur le sujet;
- Procéder à une recension des valeurs guides publiées par les organisations reconnues de santé publique et environnementales à partir de la littérature grise, accompagnée d'une appréciation de leurs forces et de leurs limites.

2 RÉSUMÉ DE LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE

La figure 1 résume les différentes étapes de la méthodologie de recherche documentaire. Toutes les étapes de la recherche, soit le repérage initial, les premier et deuxième tris selon des critères d'inclusion et d'exclusion, l'extraction des données et l'évaluation de la qualité, sont détaillées à l'annexe 1.

Figure 1 Logigramme de la méthodologie de recherche documentaire



*** AACODS :** *Authority, Accuracy, Coverage, Objectivity, Date, Significance.*

La stratégie de recherche documentaire s'est effectuée en deux volets et a ciblé l'ingestion de fibres d'amiante, soit la voie d'exposition d'intérêt de la population générale dans le contexte de l'exposition par l'eau potable.

Une première recherche dite ciblée a été effectuée pour recenser les valeurs toxicologiques de références (VTR) par ingestion ainsi que les normes et les valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable[2] proposées par les organisations reconnues par l'INSPQ (INSPQ, 2021, 2022). Les listes exhaustives des organisations consultées sont disponibles à l'annexe 1.

Parallèlement, une recherche documentaire élargie a été réalisée, avec l'élaboration d'un bordereau de recherche, pour extraire des références supplémentaires grâce à plusieurs méthodes exploratoires. Cette stratégie élargie est détaillée dans le carnet de route présenté à l'annexe 1.

Ces deux volets ont été effectués initialement sur trois semaines pendant le mois d'octobre 2023, puis menés une seconde fois en mai 2024 afin de vérifier si de nouvelles publications parues depuis la première recherche devaient être intégrées dans la rédaction.

À la suite du repérage initial et au premier tri, 60 résultats ont été retenus, sur la base des critères d'inclusion et d'exclusion présentés à l'annexe 1. Par la suite, un deuxième tri lors de l'extraction des données a été effectué selon les mêmes critères, pour un total de 47 résultats retenus après dédoublonnage. Pour l'évaluation de la qualité de ces 47 résultats, 26 références ont été identifiées comme provenant d'organisations de source dites primaire[3] ou secondaire[4] et aucune évaluation de la qualité n'a été réalisée considérant la confiance accordée par le GSE à ces organisations nationales et internationales (INSPQ, 2022). Pour les 21 références restantes, elles ont été évaluées avec l'outil AACODS (*Authority, Accuracy, Coverage, Objectivity, Date and Significance),* présentée à l'annexe 1. Seules huit ont été conservées dans la sélection finale. Au total, 34 résultats ont été retenus dans la sélection finale de la liste des références citées dans le présent rapport.

Notons enfin que les études primaires (littérature scientifique) citées dans les travaux des grandes organisations sont rapportées sans avoir fait l'objet d'une lecture et d'une évaluation de leur qualité.

---

[2] Les valeurs guides sont soit des valeurs guides sanitaires (VGS), soit des valeurs guides de gestion (VGG) fondées sur des critères de faisabilité. Les VGS et les VGG peuvent être des normes réglementaires ou uniquement des recommandations.

[3] Source primaire : organisations sanitaires de référence, internationales ou nationales, ayant détaillé une méthodologie reproductible d'élaboration des VTR, dont les documents d'élaboration de ces VTR sont soumis à un processus de révision par les pairs ou par un comité d'experts.

[4] Source secondaire : organisations disposant également d'une méthodologie d'élaboration des VTR, mais dont la description n'est pas nécessairement aussi exhaustive et pour lesquelles les documents d'élaboration des VTR peuvent ne pas avoir fait l'objet d'une révision par les pairs. Ce sont des organisations nationales ou régionales.

3 GÉNÉRALITÉS SUR L'AMIANTE

L'amiante est un terme générique qui désigne une famille de six minéraux fibreux à base de silicate, de fer et de magnésium et répartis en deux groupes, soit les serpentines et les amphiboles. Le groupe des serpentines comprend uniquement le chrysotile, une fibre flexible relativement longue et habituellement recourbée, aussi appelée amiante blanche. Le groupe des amphiboles est caractérisé par des fibres généralement droites, plus fragiles, et comprend l'amosite (amiante brune), la crocidolite (amiante bleue), l'anthophyllite, l'actinolite et la trémolite (ATSDR, 2001; OMS, 2021). L'amiante est retrouvée naturellement dans l'environnement, principalement dans les roches de type métamorphique. Le chrysotile est la forme la plus répandue, sous forme de veines dans les formations de serpentinite (ATSDR, 2001; Pennsylvania Department of Health, 2020).

La nature chimique et la structure cristalline fibreuse confère à l'amiante plusieurs propriétés telles que la flexibilité, la résistance à la chaleur et aux produits chimiques, la durabilité et une haute résistance à la traction. Les fibres d'amiante sont considérées comme chimiquement inertes, car elles ne brûlent pas, ne se dissolvent pas dans l'eau, ne s'évaporent pas et ne réagissent pas avec la plupart des substances chimiques[5]. L'amiante est également inodore et insipide (ATSDR, 2001).

En raison de ces propriétés mécaniques et thermiques, les fibres d'amiante ont été utilisées pour de nombreux usages industriels, notamment dans les matériaux de construction tels que les isolants thermiques et électriques, les tuiles de toiture, les tuyaux en amiante-ciment et les pièces automobiles telles que les plaquettes de frein et les embrayages (ATSDR, 2001; OMS, 2021). Le chrysotile est la forme d'amiante la plus répandue dans les produits commerciaux (NTP, 2021).

La production et l'utilisation de l'amiante mondiale a atteint son apogée dans le milieu des années 1970. Depuis, en raison des risques sur la santé de l'amiante, plusieurs pays ont légiféré la fabrication et l'utilisation des produits amiantés afin de réduire l'exposition aux fibres d'amiante. Plusieurs pays ont banni la production et l'utilisation de l'amiante. D'autres continuent d'utiliser les produits amiantés à des niveaux variables et ont mis en place des stratégies de gestion des risques liées à l'amiante (CIRC, 2012; OMS, 2021). Au Canada, l'importation, la vente et l'utilisation de l'amiante ainsi que la fabrication de produits amiantés ont été totalement interdites en 2018 à la suite de l'adoption du Règlement interdisant l'amiante et les produits contenant de l'amiante (DORS/2018-196). Cependant, plusieurs matériaux contenant de l'amiante (MCA) sont encore présents dans divers bâtiments et infrastructures (BAPE, 2020b; BCCDC, 2023).

[5] À l'exception du chrysotile, qui peut être dégradé par les acides forts.

Bien qu'un bruit de fond soit présent vu l'omniprésence de l'amiante dans les divers médias environnementaux (OMS, 2021), l'exposition de la population générale à l'amiante est jugée faible, en dehors de contextes spécifiques (p. ex. ville minière ou affleurements naturels, présence de matériaux amiantés dégradés [ATSDR, 2001]).

L'inhalation demeure la principale voie d'exposition pour la population générale (ATSDR, 2001; OMS, 2021, 2022; U.S. EPA, 2017, 2020, 2024); l'ingestion est une autre voie d'exposition. L'absorption cutanée de fibres d'amiante est considérée comme peu probable (ATSDR, 2001), mais la présence de fibres d'amiante sur la peau peut engendrer une exposition secondaire par ingestion ou par inhalation dans certains contextes d'exposition professionnelle (BAPE, 2020b; NTP, 2021).

4 L'AMIANTE DANS L'EAU POTABLE

4.1 Sources d'amiante dans l'eau potable

La présence des fibres d'amiante dans l'eau potable peut provenir de différentes sources, d'origine naturelle ou anthropique.

L'amiante peut être présente naturellement dans les eaux de surface et les eaux souterraines utilisées comme sources d'approvisionnement en eau potable, en raison de l'érosion des dépôts naturels d'amiante présents dans le substrat rocheux en contact avec l'eau (ATSDR, 2001; Santé Canada, 2021).

La contamination des sources d'eau potable peut également être de source anthropique, par le ruissellement de résidus miniers contaminés, l'élimination incorrecte de déchets domestiques ou industriels contaminés, le ruissellement d'eau de pluie collectée sur des toitures faites de tuiles en amiante-ciment et la dégradation des conduites en amiante-ciment utilisées pour la distribution de l'eau potable des réseaux (Anses, 2017; OMS, 2021; Santé Canada, 2021).

Les procédés de traitement conventionnels de clarification (coagulation, floculation, décantation-flottation et filtration) permettent de réduire considérablement (entre 95 % et 99 %) les matières en suspension et, donc, les fibres d'amiante dans l'eau brute avant sa distribution (Anses, 2017; BAPE, 2020a, 2020b; OMS, 2022). Cependant, la contamination de l'eau potable pouvant survenir également par des conduites de distribution en amiante-ciment après les traitements, cet aspect a été particulièrement documenté.

Les conduites de distribution d'eau potable en amiante-ciment ont été utilisées dans certains réseaux de distribution jusque dans les années 1970 (Anses, 2017; BAPE, 2020a), et ce, partout dans le monde (OMS, 2021). Au Canada, ces conduites ont été installées entre 1940 et 1960. Leur mise en place a été stoppée dans les années 1970, mais on en retrouve toujours dans divers réseaux de distribution d'eau potable du pays (Santé Canada, 2021).

En Amérique du Nord, les conduites en amiante-ciment représenteraient environ 15 % du linéaire de conduite de distribution (Anses, 2017; BAPE, 2020a). Au Québec, le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) indiquait en 2020 qu'il n'existe pas de données sur l'étendue des canalisations d'eau potable contenant de l'amiante-ciment (BAPE, 2020b).

Les canalisations en amiante-ciment contiendraient de 10 à 15 % (en masse) d'amiante et les fibres employées seraient du chrysotile et de la crocidolite (Delaine, 1988, cité dans Anses, 2017).

Il est généralement reconnu que les conduites en amiante-ciment peuvent contribuer au relargage de fibres d'amiante dans l'eau distribuée, surtout lorsqu'elles sont dégradées (Anses, 2017; BAPE, 2020b; DWI, 2002). Les paramètres de l'équilibre calco-carbonique, notamment le pH, la dureté et l'alcalinité, influencent la quantité de fibres d'amiante relarguées à partir des

conduites en amiante-ciment, une eau agressive favorisant la corrosion du ciment et ainsi la libération des fibres d'amiante dans l'eau distribuée (Anses, 2017; ATSDR, 2001). Une étude a suggéré que d'autres facteurs pourraient cependant limiter le relargage d'amiante malgré l'agressivité de l'eau, tel que la présence d'un biofilm et de dépôts inorganiques dans les conduites (ISS, 1993, citée dans DWI, 2002). Aussi, le relargage de fibres d'amiante à partir des conduites serait particulièrement important lors de l'installation de celles-ci, mais les concentrations diminueraient rapidement par la suite (ISS, 1993, citée dans DWI, 2002). Enfin, la réalisation de nouveaux branchements à partir de ces conduites en amiante-ciment sans procéder à un rinçage subséquent entraîneraient la libération de quantités importantes de fibres d'amiante dans l'eau (Anses, 2017).

L'apport des fibres d'amiante dans l'eau potable distribuée spécifiquement attribuable à l'utilisation de conduites en amiante-ciment est difficilement quantifiable. En effet, comme l'indique l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) (2017), il n'est pas possible de discriminer l'apport de ces conduites de celui de l'eau de la source d'approvisionnement, puisque la plupart des études sur le sujet date des années 1970 et 1980 et qu'aucun traitement de filtration, de décantation ou de coagulation n'était appliqué à l'époque. De ce fait, on considère généralement que la source principale d'amiante dans l'eau potable provient des conduites en amiante-ciment (OMS, 2021). Cependant, hors contexte particulier (canalisations très détériorées et friables), la contribution des tuyaux en amiante-ciment à la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable serait faible (Anses, 2017; DWI, 2002; Santé Canada, 1989).

4.2 Type et dimensions des fibres d'amiante dans l'eau potable

La plupart des études relatant des concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable ne précisent pas le type de fibres[6] mesurées. Lorsque indiqué, le chrysotile est le type de fibre le plus souvent rapporté et les amphiboles sont parfois citées, sans distinction des différentes formes existantes (ATSDR, 2001; OMS, 2021).

De manière similaire, les dimensions des fibres d'amiante dans les études épidémiologiques par ingestion ne sont pas systématiquement renseignées (Anses, 2017). Toujours selon l'Anses (2017), il n'existe aucun document qui fixe les critères dimensionnels à prendre en compte pour qualifier la présence de fibres d'amiante dans l'eau.

Lorsque cela est précisé, la majorité des fibres d'amiante identifiées dans les études dans l'eau potable sont des fibres de chrysotile d'une longueur (L) < 5 µm (Anses, 2017; ATSDR, 2001; OMS, 2021). De plus, l'ensemble des données d'échantillonnage répertoriées par l'Anses (2017) met en évidence le fait que les fibres détectées dans les eaux (brutes et distribuées; tout type de fibre confondu) sont en grande majorité de diamètre (d) < 0,3 µm et d'un rapport longueur/diamètre (L/d) compris entre 10 et 120.

[6] **Serpentine** (chrysotile) ou **amphibole** (amosite, crocidolite, trémolite, anthophyllite ou actinolite).

Par exemple, dans l'étude canadienne de Chatfield et Dillon (1979), la longueur moyenne des fibres (chrysotile) se situait entre 0,5 et 0,8 µm (DWI, 2002; Santé Canada, 1989). Dans des réseaux de distribution d'eau aux États-Unis, Millette *et al.* (1980; 1983, citées dans OMS, 2021 et Anses, 2017) ont mesuré des fibres de chrysotile de longueur et de diamètre moyens de 1,4 et 0,04 µm, respectivement, avec un rapport L/d généralement > 10:1. Il a aussi été suggéré par ces auteurs que les fibres d'origine « naturelle », provenant de l'érosion naturelle de la roche, étaient relativement plus courtes ($\bar{X}$ = 1 µm) que celles provenant des canalisations en amiante-ciment, qui seraient plus longues ($\bar{X}$ = 4 µm) (Anses, 2017; OMS, 2021; U.S. EPA, 1985).

Quant aux dimensions des autres types d'amiante (amphiboles) dans l'eau, une étude coréenne (Ma et Kang, 2017; citée dans OMS, 2021) a identifié dans quelques échantillons d'eau potable un mélange de fibres de chrysotile, d'amosite et de crocidolite, avec une longueur majoritaire de fibres entre 5 et 10 µm. Enfin, au Japon, un mélange de chrysotile, d'amosite et de crocidolite a été mesuré au robinet de réseaux avec canalisations en amiante-ciment. Les fibres détectées étaient sous forme d'amas de fibres agglutinées d'une longueur entre 5 et 10 µm, soit une forme très différente de celles retrouvées dans l'atmosphère (courtes L < 1 µm et fines) (DWI, 2002; OMS, 2021).

Enfin, précisons que la caractérisation de la longueur des fibres d'amiante retrouvées dans l'eau potable (courte, longue, intermédiaire) varie d'une organisation à une autre. De plus, les définitions dimensionnelles diffèrent selon s'il s'agit de fibres d'amiante dans l'eau potable ou dans l'air. Pour le présent rapport, il n'est pas possible de spécifier de manière générale les dimensions précises des fibres d'amiante dites courtes et longues. Elles sont précisées au cas par cas, lorsque possible.

4.3 Concentrations mesurées dans l'eau potable

L'unité généralement utilisée pour exprimer les concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable est le nombre de fibres par litre (exprimé en millions de fibres par litre ou MFL). Cette unité désigne l'ensemble des fibres amiantées de toutes les dimensions, sauf si précisé par la méthode analytique. Les concentrations de fibres d'amiante peuvent également être exprimées en concentrations massiques (Santé Canada, 1989). Dans le cadre de ce rapport, nous utiliserons l'unité MFL.

Il existe plusieurs méthodes analytiques pour quantifier et identifier les fibres d'amiante dans l'eau potable. Selon l'Anses (2017), trois méthodes peuvent être utilisées pour quantifier les fibres d'amiante dans l'eau potable, soit la microscopie optique à contraste de phase, la microscopie électronique à balayage et la microscopie électronique en transmission. La méthode la plus répandue pour dénombrer les fibres d'amiante dans l'eau est la microscopie électronique en transmission (MET ou TEM en anglais) (Anses, 2017; OMS, 2021; Santé Canada, 1989). Contrairement à la microscopie optique, la microscopie électronique en transmission ainsi que la microscopie électronique à balayage permettent la détection de fibres beaucoup plus petites et l'identification du type de fibre. Quant à la microscopie optique à contraste de phase,

elle est plus accessible techniquement et moins coûteuse que la microscopie électronique, mais elle ne permet pas d'identifier des fibres de longueur < 5 µm et de diamètre < 0,2 µm, ni de différencier les fibres (serpentine contre amphibole, asbestiformes contre non asbestiformes (ATSDR, 2001; OMS, 2021). Elle serait principalement utilisée pour les mesures d'amiante en suspension dans l'air dans des contextes d'exposition professionnelle, selon les critères dimensionnels réglementaires pour les fibres respirables (L > 5 µm et rapport L/d > 3:1) (ATSDR, 2001).

Les concentrations de fibres d'amiante mesurées dans les systèmes de distribution d'eau potable varient considérablement, mais sont généralement < 1 MFL pour les fibres de tous les types et de toutes les dimensions et excèdent rarement les 10 MFL (OMS, 2022). Cependant, des valeurs beaucoup plus élevées (jusqu'à 1 850 MFL) ont déjà été rapportées, notamment lors de contextes particuliers : systèmes de distribution où les canalisations étaient très dégradées, sources d'approvisionnement d'eau potable contaminées par l'amiante (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; OMS, 2022).

La présence importante de fibres d'amiante dans l'eau potable rapportées dans les études réalisées dans les années 1970 et 1980 est, dans la grande majorité des cas, attribuable au fait que l'eau distribuée était issue d'une ressource superficielle contaminée par de l'amiante et qu'aucun traitement de l'eau n'était appliqué à l'époque (Anses, 2017, cité dans BAPE, 2020a).

Quant à l'apport des conduites en amiante-ciment, les auteurs d'une étude de 1981 (Toft *et al.*, 1981, cité dans BAPE, 2020b), rapportent que certaines villes dotées de ce type de canalisations avaient des teneurs extrêmement élevées de chrysotile dans l'eau potable des réseaux de distribution, notamment des villes québécoises situées dans la municipalité régionale de comté des Appalaches, dont Disraeli (de 200 à 1 200 MFL) et Thetford Mines (entre 110 et 150 MFL). Généralement, les concentrations de chrysotile étaient plus élevées dans les réseaux de distribution que celles mesurées au départ de la distribution. Cette étude démontrait également que, dans d'autres villes, des concentrations importantes d'amiante (jusqu'à 400 MFL) avaient été mesurées dans certaines eaux brutes et que les concentrations diminuaient considérablement à la suite des traitements appliqués.

L'Anses (2017) a recensé de manière exhaustive les études menées sur le dénombrement de fibres d'amiante dans l'eau potable à travers le monde, mais en particulier en Amérique du Nord entre les années 1970 et 2000, avec les concentrations de fibres d'amiante mesurées dans les eaux brutes pour production d'eau potable et les eaux potables distribuées. À la lecture de ce travail, on remarque que :

- Les concentrations d'amiante mesurées dans les eaux brutes et potables sont très variables, entre la limite de détection analytique et 2 000 MFL (dans certains réseaux en amiante-ciment très dégradés);
- La majorité des études canadiennes et états-uniennes sont relativement anciennes (entre 1971 et 1989);

- La plupart des études ne précisent pas le type de fibres mesurées (mais il est généralement question de chrysotile et d'amphiboles groupées);
- La majorité des études ne précisent pas les dimensions (longueur et diamètre) des fibres analysées;
- Le type de traitements appliqués à l'eau brute et l'agressivité de l'eau distribuée sont rarement précisés.

En résumé, les concentrations rapportées dans l'eau potable sont très variables et difficilement comparables en l'absence de précision sur le type de fibres et leurs dimensions, les traitements de l'eau appliqués, la présence ou non de canalisations en amiante-ciment ainsi que leur état et l'agressivité de l'eau (Anses, 2017).

5 VOIES D'EXPOSITION A L'AMIANTE PAR L'EAU POTABLE ET TOXICOCINÉTIQUE

Dans l'eau potable, la principale voie d'exposition est l'ingestion.

L'exposition par inhalation à la suite de l'aérosolisation des fibres d'amiante à partir d'une eau potable contaminée a fait l'objet de quelques études, citées par les organisations abordant cet aspect (Méranger *et al*. 1979; Hardy *et al*., 1992; Roccaro et Vagliasindi, 2018; cités dans ATSDR, 2001; OMS, 2021; Santé Canada, 1989). Ces études rapportent qu'une faible proportion (entre 0,03 et 10,8 % selon les études) des fibres d'amiante contenues dans l'eau potable contaminée lors de la douche ou de l'utilisation d'humidificateurs domestiques pouvait s'aérosoliser.

Ces études sont cependant limitées et, pour la plupart, anciennes. De plus, leur interprétation doit être faite avec attention. En effet, certaines études sur l'aérosolisation utilisaient de l'eau souterraine contaminée naturellement, alors que d'autres portaient sur l'eau potable contaminée à partir des canalisations en amiante-ciment. Sur la base du postulat que les tailles des fibres pourraient être différentes selon les sources d'amiante (fibres naturelles possiblement plus courtes que les fibres provenant des canalisations), le potentiel d'aérosolisation pourrait être différent entre les fibres courtes et les fibres longues. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) rappelle enfin que l'amiante est non volatil.

Bien qu'il existe quelques preuves de la possible aérosolisation des fibres d'amiante contenues dans l'eau potable, les données très limitées ne permettent pas d'extrapoler pour évaluer spécifiquement ce risque (OMS, 2021). L'OMS (2022) et Santé Canada (2021) concluent qu'il est peu probable que l'exposition à l'amiante en suspension dans l'air libéré par l'eau lors de la prise de douche ou de l'utilisation d'un humidificateur soit significative pour la santé humaine. Cet aspect ne sera pas traité davantage dans le présent document.

Tel qu'indiqué précédemment à la section 3, l'absorption de fibres d'amiante par contact cutané est considérée comme peu probable (ATSDR, 2001).

D'un point de vue toxicocinétique, il est généralement admis que la plupart des fibres ingérées ne sont pas absorbées et sont rapidement excrétées (en 48 h), principalement par les fèces (BAPE, 2020b; OMS, 2021; Santé Canada, 2021). Cependant, des études ont démontré qu'une faible fraction des fibres ingérées pourrait traverser la barrière intestinale et se retrouver dans la circulation sanguine et lymphatique pour atteindre d'autres tissus et organes (Anses, 2021; ATSDR, 2001; BAPE, 2020b; OMS, 2021; U.S. EPA, 1985). Certains mécanismes ont été suggérés (migration des fibres courtes ≤ 1 µm, transport lympho-hématologique des fibres du tractus gastro-intestinal vers les poumons), mais les données limitées ne permettent pas d'estimer précisément la fraction de l'amiante ingérée qui pourrait être absorbée par l'appareil digestif (Anses, 2021; OMS, 2021).

De plus, la distribution des fibres d'amiante aux autres organes extrapulmonaires peut survenir par divers mécanismes d'ingestion secondaire des fibres d'amiantes présentes dans l'air (aérophagie, remontée mucociliaire, translocation au niveau du poumon). Ces mécanismes pourraient contribuer aux potentiels effets cancérigènes des fibres d'amiante, notamment sur l'appareil digestif (Anses, 2021; BAPE, 2020b).

6 EFFETS SUR LA SANTÉ DE L'INGESTION D'AMIANTE

L'amiante sous toutes ses formes est reconnue comme un cancérigène chez l'homme et peut causer le mésothéliome, le cancer du poumon, du larynx et des ovaires (CIRC, 2012; NTP, 2021). Des associations positives ont également été observées à la suite de l'exposition à toutes les formes d'amiante pour le cancer du pharynx, de l'estomac et le cancer colorectal (CIRC, 2012). L'exposition aux fibres d'amiante est également associée à des pathologies non cancérigènes, notamment l'amiantose et l'apparition de plaques pleurales (ATSDR, 2001; BAPE, 2020b; OEHHA, 2003). Toutes ces maladies apparaissent après une latence considérable, qui varie entre 15 et 40 ans selon la pathologie (ATSDR, 2001). Le poids de la preuve toxicologique et épidémiologique du caractère toxique et cancérigène des fibres d'amiante inhalées chez l'homme et les animaux est important, avec notamment une littérature abondante traitant d'exposition professionnelle. Toutefois, le poids de la preuve toxicologique du caractère toxique et cancérigène des fibres d'amiante ingérées sont plus limitées.

Bien que les organisations de référence classent toutes les fibres d'amiante confondues comme cancérogène pour l'homme (groupe 1 du CIRC [2012], groupe A de l'IRIS [U.S. EPA, 1988]), *Known to be human carcinogen*, NTP [2021]), le potentiel cancérigène par ingestion n'est pas évalué par certaines organisations. Par exemple, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) et le National Toxicology Program (NTP) ne se positionnent pas sur le rôle spécifique des différentes voies d'exposition à l'amiante dans l'apparition de cancers et, en particulier, ne conclut pas sur le rôle de l'ingestion de fibres d'amiante, notamment par l'eau potable (Anses, 2017).

Les premières préoccupations sanitaires découlant de l'ingestion de fibres d'amiante par l'eau potable ont été soulevées à la suite de l'observation d'excès de cancers gastro-intestinaux chez les travailleurs exposés à l'amiante par l'air (U.S. EPA 1988; cité dans Anses, 2017 et ATSDR, 2001). De plus, des cas spécifiques de dégradation importantes de tuyaux en amiante-ciment (New York State Department of Health, 2004) ont également contribué à investiguer les possibles effets sanitaires de l'amiante ingérée au début des années 1980. Enfin, la plupart des fibres d'amiante ingérées n'étant pas absorbées par l'organisme après une exposition orale, le tissu le plus directement exposé à l'amiante ingérée serait l'épithélium gastro-intestinal (ATSDR, 2001).

Ainsi, la plupart des études épidémiologiques d'exposition par voie orale se sont intéressées aux possibles associations entre l'exposition aux fibres d'amiante dans l'eau potable (contamination naturelle et anthropique) et la survenue de cancers de l'appareil digestif dans les populations desservies par ces eaux contaminées (OEHHA, 2003; OMS, 2021).

Les prochaines sections font état des constats des principales organisations de référence sur les risques sanitaires cancérigènes et non cancérigènes pouvant découler de la consommation d'eau contaminée par l'amiante, et de manière plus générale, de l'ingestion de fibres d'amiante.

6.1 Effets cancérigènes associés à une exposition par ingestion

La présente section aborde les effets cancérigènes associés à une exposition par voie orale et présente les constats des organisations quant aux différents mécanismes de cancérogénèse, ainsi qu'aux principales études épidémiologiques et animales.

En résumé, les organisations arrivent aux conclusions suivantes concernant l'exposition à l'amiante par ingestion et les effets cancérigènes :

- **Les études *in vivo* par ingestion chez l'animal et par inhalation chez l'humain suggèrent que l'amiante est génotoxique, mais la portée de ces résultats pour une exposition aux fibres d'amiante par ingestion n'est pas connue. Aussi, les propriétés physico-chimiques des fibres d'amiante ont une importance dans les divers mécanismes de cancérogénèse suggérés pour les fibres d'amiante inhalées, mais la pertinence de ces caractéristiques lors d'une exposition à l'amiante par voie orale n'a pas été étudiée (OMS, 2021).**
- **Certaines études épidémiologiques ont suggéré une association entre l'exposition par voie orale aux fibres d'amiante et le développement des cancers gastro-intestinaux (Anses, 2021; ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; OMS, 2021). Cependant, les résultats des études épidémiologiques évaluant l'association entre l'ingestion d'amiante par l'eau potable et le risque de cancers gastro-intestinaux sont incohérents (OMS, 2021, 2022; Santé Canada, 1989).**
- **Les données épidémiologiques et animales ne sont pas suffisantes pour établir un lien entre l'exposition à l'amiante par ingestion d'eau contaminée et les cancers digestifs (Anses, 2021) ou ne soutiennent pas une association claire (OMS, 2021, 2022; Santé Canada, 1989).**
- **Les données épidémiologiques ne permettent pas d'estimer quantitativement une relation dose-réponse, tant pour les effets cancérigènes que non cancérigènes (Anses, 2021; ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; U.S. EPA, 2024).**
- **Il existe toutefois des « signaux[7] » suggérant la possibilité d'une association pour l'œsophage (études humaines), l'estomac (études humaines), le pancréas (études humaines) et le côlon (études humaines et animales) (Anses, 2021). En ce sens, il semble prudent de considérer l'augmentation du risque de cancer gastro-intestinal comme un effet préoccupant (ATSDR, 2001).**

[7] La notion de « signal » a été introduite par le groupe de travail de l'Anses pour traduire l'observation d'associations ponctuelles statistiquement significatives qui allaient dans le sens d'un effet détecté sur la santé, mais sans pouvoir conclure fermement en raison du nombre limité d'études et/ou de leurs limites méthodologiques (Anses, 2021).

6.1.1 Mécanismes d'action de la cancérogénèse

Plusieurs mécanismes de cancérogénèse, intervenant à différentes étapes, ont été suggérés pour les fibres d'amiante inhalées : génotoxicité, interaction physique qui interfère durant la mitose, stimulation de la prolifération de cellules cibles, activation de macrophages qui induit une réaction inflammatoire, menant à une inflammation chronique prolongée et un stress oxydatif chronique et action comme cocancérogènes ou porteurs de cancérigènes chimiques pour le tissu cible (CIRC, 2012; OEHHA, 2003; OMS, 2021).

Les propriétés physico-chimiques des fibres d'amiante, telles que la structure cristalline, la réactivité chimique de la surface, la forme et les dimensions des fibres et la biopersistance, sont d'une importance majeure dans ces modes d'action (CIRC, 2012; OMS, 2021). Toutefois, la pertinence de ces caractéristiques lors d'une exposition à l'amiante par voie orale n'a pas été étudiée (OMS, 2021). En effet, aucune information n'est disponible pour indiquer si l'environnement gastrique permet aux fibres ingérées de conserver leur forme, leurs dimensions et leur réactivité de surface (éléments qui déterminent la persistance et les caractéristiques dangereuses des fibres dans les poumons) (OMS, 2021).

Concernant plus spécifiquement le potentiel génotoxique, des effets ont été observés dans les études *in vitro*, mais de manière inconsistante (ATSDR, 2001; CIRC, 2012, cités dans OMS 2021). Malgré des résultats discordants, l'OMS estime qu'il existe un consensus général que certains types de fibres d'amiante sont génotoxiques *in vitro*.

In vivo, les grandes organisations font état d'études chez l'homme (exposition professionnelle et environnementale par inhalation) qui ont rapporté plusieurs effets génotoxiques, incluant des dommages à l'ADN (p. ex. génération de radicaux libres), l'échange de chromatides sœurs, l'aberration chromosomique et la mutation génétique (OMS, 2021; ATSDR, 2001; OEHHA,2003). La portée de ces résultats pour une exposition aux fibres d'amiante par ingestion n'est pas connue (OMS, 2021).

6.1.2 Sommaire des études épidémiologiques par ingestion

De nombreuses études épidémiologiques et revues de littérature sont recensées et détaillées dans les documents d'organisations qui traitent de la question des risques sur la santé découlant de l'ingestion de fibres d'amiante (Anses, 2021; ATSDR, 2001; NTP, 2021; OEHHA, 2003; OMS, 2021; Santé Canada, 1989; U.S. EPA, 1985).

En ce qui concerne les études primaires, notons d'abord que parmi les études épidémiologiques d'exposition par voie orale, plusieurs d'entre elles ont été réalisées au Canada et aux États-Unis, principalement dans les années 1970-1980. Il s'agit d'études descriptives de type écologique, avec les limites inhérentes à ce type de devis épidémiologique (section 6.3) (OMS, 2021; Anses, 2021, OEHHA, 2003; ATSDR, 2001).

Une seule étude épidémiologique plus récente a été rapportée dans les documents recensés. Il s'agit d'une étude publiée en 2005 dans une population de gardiens de phares norvégiens (726 sujets) ayant consommé de l'eau issue de récupération d'eau de pluie de maisons individuelles comportant des couvertures de tuiles en amiante-ciment (Kjaerheim *et al.*, 2005, cité dans Anses, 2017; OMS, 2021). Exposés entre 1917 et 1967 à des concentrations entre 1 800 et 71 000 MFL, l'analyse du registre des cancers entre 1960 et 2002 a suggéré un risque accru pour le cancer de l'estomac, et dans une moindre mesure, pour le cancer du côlon. Cependant, plusieurs incertitudes dans cette étude ne permettent pas de conclure quant à la causalité et d'extrapoler à la population générale (devis épidémiologique, biais de classification probable, variables confondantes non prises en compte [diète, consommation d'alcool, tabagisme, isolation et expositions antérieures] et concentrations très élevées non représentatives de l'exposition de la population générale par l'eau potable) (OMS, 2021; Anses, 2021).

Le rapport de l'Anses, publié en 2021, représente l'expertise la plus récente et la plus approfondie sur la caractérisation du danger lié à l'ingestion d'amiante. Cette revue systématique de la littérature a été entreprise à la suite des recommandations émises par l'organisation dans un premier avis scientifique et technique de 2017[8]. Les travaux de 2021 traitent principalement des effets sur l'appareil digestif potentiellement liés à la voie d'exposition par ingestion (cancers digestifs et maladies inflammatoires chroniques de l'intestin [MICI]). Par cancers digestifs, l'organisation inclut les organes-cibles suivants : œsophage, estomac, intestin grêle, côlon, rectum, foie, voies biliaires et pancréas. Une revue systématique de la littérature primaire avec une évaluation de la qualité des études individuelles et une analyse du poids des preuves par site de cancer a été conduite par le groupe de travail.

Dans un premier volet évaluant le lien entre l'exposition à l'amiante par ingestion directe à partir des études épidémiologiques, l'Anses (2021) a conclu que les données publiées à ce jour sont insuffisantes pour établir un lien formel entre la consommation d'eau potable contenant des fibres d'amiante et un risque accru de cancer digestif (niveaux de preuve tous « inadéquats »). En effet, le groupe de travail souligne les limites méthodologiques liées au caractère ancien et au type d'études disponibles, qui ne sont pas adaptées à la démonstration d'un effet sur la

[8] Dans cet avis initial réalisé à la demande de la Direction générale de la santé (DGS), l'Anses a procédé à une lecture critique de deux revues de littérature de chercheurs italiens, parus en 2016 et en 2017, qui discutent d'un lien possible entre cancer gastro-intestinal et ingestion d'eau contenant des fibres d'amiante et qui ont fait l'objet de publications dans la presse (Anses, 2017). Les principales conclusions de l'organisation étaient les suivantes :

- L'analyse réalisée par les auteurs n'est pas systématique, ni exhaustive, et elle ne permet pas de conclure sur le lien entre l'ingestion d'amiante et le développement de cancer du tractus gastro-intestinal;
- Bien que les études citées par les auteurs touchant les milieux de travail apportent des preuves supplémentaires de l'existence d'une relation entre l'exposition professionnelle à l'amiante et la survenue de cancers digestifs, aucune de ces études ne permet de déterminer la contribution de l'ingestion dans l'apparition de ces cancers, tous les sujets de ces études ayant été exposés par inhalation;
- En raison des incertitudes quant aux risques éventuels liés à l'ingestion d'eau contenant des fibres d'amiante, « il s'avère nécessaire de conduire une revue systématique de la littérature des études épidémiologiques portant sur l'exposition à l'amiante par ingestion d'eau de boisson, des études expérimentales relatives aux dangers liés à l'ingestion d'amiante et des études sur les mécanismes d'action de l'amiante en lien avec les voies d'exposition ».

santé. Cependant, l'organisation souligne l'existence de « signaux » au sein des niveaux de preuve « inadéquats », suggérant la possibilité d'une association, tant dans les corpus examinant l'incidence que dans ceux examinant la mortalité, et ce, pour plusieurs organes : œsophage, estomac, côlon (colorectal) et pancréas. Ils précisent également que les effets sanitaires observés dans les études d'exposition professionnelle viennent en appui aux signaux mentionnés pour l'œsophage, l'estomac et le colon (inclus colorectal), sans toutefois pouvoir identifier les mécanismes d'ingestion secondaire[9] conduisant l'amiante à atteindre les organes digestifs après inhalation.

En complément de cette revue systématique, l'Anses (2021) fait également état de 15 revues de littérature issues de rapports institutionnels ou de publications scientifiques qui avaient pour objectifs d'évaluer les dangers liés à l'ingestion d'amiante, de proposer des valeurs guides pour l'eau potable ou de promouvoir la réglementation des fibres d'amiante dans les réseaux d'eau potable. Dans son analyse (chapitre 2 du rapport), l'Anses mentionne que la plupart de ces publications sont des revues narratives non systématiques anciennes qui ne détaillent pas la méthodologie de recension de la littérature et qui ne procèdent pas à l'évaluation de la qualité des études primaires. Globalement, malgré des conclusions divergentes des auteurs de ces revues sur les actions à mener face aux risques potentiels induits par la présence d'amiante dans l'eau potable, l'Anses estime que ces 15 publications s'accordent sur le fait qu'il n'est pas possible de conclure sur le lien causal entre l'ingestion d'amiante par l'eau potable et les cancers digestifs.

L'autre rapport institutionnel le plus récent sur la question est celui de l'OMS (2021). Le document fait état de plusieurs études épidémiologiques et revues de littérature abordant la question des effets sanitaires liées à l'ingestion d'eau contaminée par l'amiante sans toutefois préciser la méthode de sélection des études présentées. Tout comme dans le rapport de l'Anses, plusieurs études épidémiologiques rapportées par l'OMS sont des études écologiques anciennes (1960-1980). Certaines de ces études suggèrent une association entre la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable (contamination naturelle et humaine) et cancers gastro-intestinaux dans les populations desservies par ces sources contaminées, alors que d'autres études ne montrent pas d'augmentation d'incidence de ces cancers.

L'OMS (2021) détaille également quelques études de type revue de littérature (huit *reviews* ou rapports institutionnels), toujours sans spécifier la méthodologie de sélection des études. De manière générale, les revues citées par l'OMS concluent que les données disponibles sont insuffisantes pour évaluer le risque de cancers digestifs liée à l'amiante dans l'eau potable, car les résultats sont contradictoires, les études sont souvent de qualité insuffisante pour tirer des conclusions solides (et aussi pour dériver une valeur guide) et que les évidences tirées d'études

[9] Dans son rapport, l'Anses considère deux voies possibles d'ingestion secondaire lors d'une exposition par inhalation, à savoir :

- Le passage des fibres inhalées directement vers le tractus gastro-intestinal par l'ingestion d'air (aérophagie), qui regroupe la déglutition d'air et la déglutition des fibre déposées dans la bouche;
- La migration des fibres inhalées depuis le système respiratoire vers les organes digestifs par deux mécanismes distincts, soit la déglutition des particules d'amiante inhalées à la suite de la remontée mucociliaire et de la translocation des fibres depuis le poumon profond vers le système sanguin et lymphatique (Anses, 2021).

concernant des travailleurs, ne permettent pas de conclure quant au risque pour la population générale par l'ingestion d'eau potable contaminée.

Dans le cadre de leurs travaux plus anciens, d'autres organisations ont également procédé à la revue des études épidémiologiques sur les effets cancérigènes de l'amiante par ingestion (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; Santé Canada, 1989). Les études épidémiologiques primaires citées par ces organisations correspondent globalement à celles identifiées par l'Anses et l'OMS (2021). Les conclusions de ces organisations sont sensiblement les mêmes, à savoir que les données épidémiologiques sur la probabilité d'une incidence accrue de cancer dans les populations exposées à de l'eau potable contaminée par des fibres d'amiante sont équivoques (OEHHA, 2003) ou incohérentes (ATSDR, 2001). Notons toutefois que la California Environmental Protection Agency (CalEPA) ne se prononce pas clairement sur le poids de la preuve pour les divers effets de l'amiante ingérée (OEHHA, 2003).

Selon l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), même si plusieurs de ces études ont détecté des augmentations de l'incidence de certains cancers dans les populations exposées à des niveaux importants d'amiante dans l'eau potable, la magnitude de ces augmentations reste faible, peut être causée par d'autres facteurs de risque tel que le tabagisme, et il y aurait relativement peu de cohérence dans les augmentations observées (au sein d'une même étude, par exemple entre les sexes ou entre les études [ATSDR, 2001]). L'organisation cite également huit revues de littérature datant de 1977 à 1997 (différentes de celles citées par l'OMS), dont la plupart concluent que la base de données épidémiologiques par voie orale ne permet pas d'évaluer correctement le risque cancérigène attribuable à l'amiante dans l'eau potable.

De manière similaire, le NTP estime qu'aucune association claire n'a été trouvée entre le risque de cancer et l'exposition aux fibres d'amiante par l'eau potable (NTP, 2021).

Enfin, notons également que depuis la parution des plus récentes revues de l'OMS et de l'Anses en 2021, le British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) a effectué à la fin de l'année 2023 une recherche documentaire avec méthodologie explicite pour identifier de nouvelles études quant aux effets sanitaires pouvant découler d'une exposition à l'amiante par l'eau potable (BCCDC, 2023). La recherche n'a identifié que trois nouveaux documents (en anglais; pas de recherche en français) depuis leur dernière requête documentaire de 2021, soit le rapport de l'OMS (2021) et deux publications de type revue de littérature parue en 2021 et en 2023. L'organisation résume de manière très sommaire les trois publications et procède à l'analyse de la qualité des deux revues de littérature. Le BCCDC conclut que, malgré des incidences significativement accrues de cancers gastro-intestinaux rapportées dans certaines études citées dans les revues, ces nouvelles publications ne modifient pas l'évaluation antérieure selon laquelle il n'existe pas de preuves cohérentes d'un lien entre l'ingestion d'amiante et les conséquences néfastes sur la santé (BCCDC, 2023).

6.1.3 Sommaire des études expérimentales animales par ingestion

La plupart des premières études animales sur l'ingestion d'amiante n'ont pas établi de lien avec l'incidence du cancer gastro-intestinal, alors que certaines ont observé des hausses non significatives de la fréquence des tumeurs gastro-intestinales (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003). Des effets toxiques identifiés comme précurseurs de certains cancers (augmentation du nombre de cryptes intestinales aberrantes pour le cancer du côlon) ont été observés dans certaines études animales, notamment dans des études d'exposition aigüe, mais de manière inconsistante (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003).

Les études animales d'exposition par ingestion les plus informatives sont la série d'études vie entière réalisées par le NTP de 1983 à 1990 (Anses, 2017; CIRC, 2012; IOM, 2006; OMS, 2021). Dans ces six études alimentaires à grande échelle (250 animaux par groupe), des rats et des hamsters ont été exposés à l'amiante (chrysotile, crocidolite et amosite) pendant la gestation et la lactation (par le biais de l'alimentation parentale) et tout au long de leur vie, jusqu'à leur mort spontanée (ATSDR, 2001). Parmi ces études par voie orale du NTP, notons que seules deux d'entre elles ont mesuré la longueur des fibres ingérées (ATSDR, 2001).

De manière générale, malgré quelques nuances dans leur interprétation des résultats, les grandes organisations estiment qu'il n'existe aucune preuve concluante que l'amiante ingérée est cancérigène sur la base des études animales disponibles :

- Selon l'ATSDR (2001), ces études ont donné des résultats pour la plupart négatifs, bien que certaines augmentations suggestives de la fréquence des tumeurs se soient produites (ATSDR, 2001). De plus, les effets observés dans certaines de ces études ne l'étaient que pour un seul sexe (OMS, 2021). Notons aussi que les études du NTP traitant de la longueur de fibres ont suggéré « certaines preuves » de cancérogénicité pour les fibres de chrysotile de gamme intermédiaire (65 % des fibres avec une L > 10 µm), alors qu'aucune preuve n'a été observée pour les fibres de chrysotile considérées courtes par l'organisation[10] (98% des fibres avec une L < 10 µm (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003);
- Le CIRC, qui cite presque exclusivement ces études du NTP, conclut quant à lui qu'aucune lésion n'a été observée dans ces études et qu'aucune augmentation des tumeurs gastro-intestinales n'a été observée pour les deux espèces (CIRC, 2012; Anses, 2017). Le rapport de l'Institute of Medecine estime également que les études animales du NTP n'indiquent pas d'association entre amiante ingérée et néoplasie (IOM, 2006). En 1989, Santé Canada concluait également que les études réalisées chez les animaux ne permettaient pas de conclure sur la cancérogénicité de l'amiante ingérée (Santé Canada, 1989). Dans son document de 2021, l'OMS détaille uniquement une étude du NTP et deux études primaires de 1983 pour évaluer les risques cancérigènes par ingestion dans les études animales. Il conclut que, contrairement aux études d'inhalation chez l'animal, il n'existe aucune preuve

[10] Tel que rapporté par l'U.S. EPA (1985), le NTP considère que les fibres courtes sont les fibres L < 10 µm et que les fibres intermédiaires sont ≥ 10 µm (aucune spécification sur ce qui est considéré comme une fibre longue). Quant à eux, dans le document d'élaboration du *Maximum Contaminant Level Goal* (MCLG), l'U.S. EPA (1985) appelle les fibres L > 10 µm des fibres longues.

concluante que l'amiante ingérée est cancérigène dans les études expérimentales chez l'animal (OMS, 2021);

- Dans le cadre de l'élaboration du *Public Health Goal* (PHG), la CalEPA a effectué une revue détaillée (méthodologie non précisée) de la base de données animale pour les effets cancérigènes de l'amiante ingérée. En plus des études du NTP évoquées plus haut, l'organisation rapporte plusieurs autres études primaires. Somme toute, l'organisation conclut que les nombreuses études animales se sont révélées négatives ou peu concluantes (OEHHA, 2003);
- Enfin, dans le cadre de sa récente expertise, pour répondre à la question clé relative aux études expérimentales chez l'animal, l'Anses a retenu 19 études primaires à la suite de l'évaluation de leur qualité. La plupart de ces études ont été réalisées entre 1970 et 1990, à l'exception d'une étude plus récente en 2008. Toutes ces études, dont les six études alimentaires du NTP, font l'objet d'une analyse approfondie par le groupe d'experts dans le cadre de l'évaluation de la qualité des études et de l'attribution des niveaux de preuve pour chaque site de cancer (chapitre 7 du rapport). L'Anses (2021) conclut que les données expérimentales chez l'animal sont insuffisantes pour établir un lien entre l'ingestion d'amiante et le développement de tumeurs digestives ou de l'ovaire (niveaux de preuve tous « inadéquats »), mais qu'il existe en outre un « signal » pour le colon. Le groupe de travail souligne également que les limites méthodologiques sont nombreuses dans ces études (abordées à la section 6.3).

6.2 Effets non cancérigènes associés à une exposition par ingestion

Alors que l'exposition aux fibres d'amiante par inhalation est associée à des pathologies non cancérigènes, notamment l'amiantose et l'apparition de plaques pleurales (ATSDR, 2001; BAPE, 2020b, OEHHA, 2003), la base de données relative à l'ingestion de tous les types d'amiante n'est pas aussi complète que pour l'inhalation et s'est principalement concentrée sur les effets cancérigènes (OMS, 2021). Les études portant sur les effets non cancérigènes des fibres d'amiante ingérées sont exclusivement des études expérimentales chez l'animal.

En résumé, malgré certains effets non cancérigènes rapportés dans certaines études expérimentales animales, les organisations consultées concluent que l'ingestion d'amiante n'entraîne pas d'effets non cancérigènes significatifs sur l'appareil gastro-intestinal (ATSDR, 2001; OMS, 2021; OEHHA, 2003).

6.2.1 Sommaire des études épidémiologiques par ingestion

Concernant l'exposition par ingestion, les autorités sanitaires (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; OMS, 2021; Anses, 2021) n'ont recensé aucune étude épidémiologique portant sur les effets toxiques non cancérigènes de l'amiante, que ce soit pour une durée d'exposition aigüe, court-terme, sous-chronique ou chronique.

Seul l'OEHHA (2003) rapporte que l'ingestion de fibres d'amiante peut causer une irritation du tractus gastro-intestinal chez l'humain due à l'action mécanique des fibres, mais aucune source n'est citée. Cette information n'est pas reprise par les autres organisations.

6.2.2 Sommaire des études expérimentales animales par ingestion

Plusieurs organisations de référence ont procédé à une revue de littérature des données animales sur les effets non cancérigènes de l'amiante ingérée, et ce, pour une multitude d'organes, de systèmes cibles et d'effets (systèmes digestif, rénal, neurologique, reproducteur et immunologique; effets développementaux, autres types d'effets : mort prématuré, poids corporel, tératogénicité, survie de la progéniture à la suite d'une exposition *in utero*, mutagénicité, génotoxicité, clastogénicité, dommages prénéoplasiques et autres dommages cellulaires) (Anses, 2021; ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; OMS, 2021; U.S. EPA, 1985).

La plupart des études animales, y compris une vaste série d'études animales du NTP publiées entre 1983 et 1990, n'ont pas démontré d'effets systémiques dans les études d'exposition par ingestion, à l'exception de quelques études qui ont noté de légers effets sur le tractus gastro-intestinal qui ont été observés chez des rats et des hamsters exposés à des doses élevées de chrysotile, d'amosite, de crocidolite ou de trémolite (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; OMS, 2021). Quelques études chez le rat ont décrit des altérations histologiques ou biochimiques dans les cellules du tractus gastro-intestinal après une exposition chronique par ingestion de chrysotile (ATSDR, 2001; OEHHA, 2003). Des effets toxiques identifiés comme précurseurs de certains cancers (augmentation du nombre de cryptes intestinales aberrantes pour le cancer du côlon) ont été observés dans certaines études animales, mais de manière inconsistante (ATSDR, 2001). Cependant, aucune lésion non néoplasique excessive (significative) de l'épithélium gastro-intestinal n'a été détectée dans un certain nombre d'autres études sur l'alimentation animale, y compris une vaste série d'études du NTP sur la vie entière du rat et les hamsters syriens chez lesquels de tels effets ont été soigneusement étudiés (NTP 1983, 1985, 1988, 1990a, 1990b, 1990c, citées dans ATSDR, 2001; OEHHA, 2003, CIRC, 2012). Somme toute, selon l'OMS et l'ATSDR, ces données supportent l'hypothèse selon laquelle les effets de l'ingestion d'amiante sur les tissus systémiques seraient négligeables en raison de la capacité limitée des fibres à traverser la barrière intestinale (de la lumière du tractus gastro-intestinal au sang).

Plus récemment, dans leur revue systématique de 2021, l'Anses a recensé 19 études expérimentales chez l'animal traitant notamment des effets non cancérigènes de l'amiante ingérée. Contrairement à l'OMS et à l'ATSDR, l'Anses (2021) conclut que des modifications morphologiques des tissus digestifs, rénaux et respiratoires ont été observés chez les animaux exposés à l'amiante par ingestion et que des effets biochimiques sont survenus au niveau de l'estomac. Il est cependant précisé que les conditions expérimentales des études rapportées sont très variables (durées et voies d'ingestion variables, parfois absence de groupe témoin). Puisque l'expertise de l'organisation portait principalement sur les effets néfastes des fibres d'amiante sur l'appareil digestif, elle ne positionne pas sur cet aspect.

Enfin, pour les systèmes cibles des effets non cancérigènes autre que l'appareil digestif, notons qu'une étude de 1977 sur des rats exposés au chrysotile par l'eau potable a observé des effets néphrotoxiques (présence d'érythrocytes et de cylindres hyalins dans les urines). Cette étude, citée par l'Anses (2021), est également rapportée par l'OEHHA lors de l'élaboration du PHG. Cette organisation, qui a procédé à la revue la plus détaillée de la base de données animale pour les effets non cancérigènes, a d'ailleurs utilisé cette étude pour élaborer une valeur guide sanitaire pour les effets non cancérigènes (abordée en détail à la section 7.3).

6.3 Limites associées aux données concernant les effets sur la santé

Les limites des bases de données humaines et animales sont nombreuses et sont discutées par de nombreuses organisations (Anses, 2021; OMS, 2021, ATSDR, 2001; OEHHA, 2003; U.S. EPA, 1985).

6.3.1 Les études épidémiologiques

Les limites relatives à la base de données épidémiologiques sur l'ingestion d'amiante ont été soulevées par différents auteurs et sont discutées largement par l'Anses (2021), l'ATSDR (2001) et l'OEHHA (2003) :

- Bien qu'utile pour soulever des hypothèses d'associations, le devis écologique, utilisé pour la plupart des études citées, n'est pas adapté à la démonstration d'un effet sur la santé et ne permet pas de conclure sur la causalité de la relation entre ingestion d'amiante et survenue de cancers;
- Les niveaux d'exposition (durée, intensité) dans les études écologiques rapportées ne peuvent être déterminés de manière précise (Anses, 2021; ATSDR, 2001; OEHHA, 2003). Ces limites relatives à la caractérisation précise de l'exposition dans la plupart des études écologiques portant sur l'ingestion de fibres d'amiante excluent la possibilité d'étudier la relation dose-réponse (ou exposition-risque) associant l'ingestion d'amiante par la consommation d'eau contaminée et la survenue des cancers digestifs;
- D'autres facteurs individuels qui peuvent jouer le rôle de facteurs de confusion lors de la recherche d'une association, notamment l'exposition professionnelle à l'amiante ou à d'autres substances cancérigènes, l'origine ethnique, l'emploi, le statut socio-économique et les habitudes personnelles (p. ex. tabagisme, consommation d'alcool, alimentation), ne sont pas toujours pris en compte;
- L'exploitation des certificats de décès par cancer peut être une source d'erreur (biais non différentiel découlant d'une mauvaise codification, définitions de sites de cancer variables) (Anses, 2021);
- Parfois, la période de temps étudiée est insuffisante pour l'étude des effets cancérogènes (tant dans les études épidémiologiques que les études animales).;

- Il est possible que les résultats positifs d'incidence accrue de cancers soit l'effet des micropolluants organiques (p. ex. hydrocarbures aromatiques polycycliques, trihalométhanes et benzo[a]pyrène) qui peuvent se lier aux fibres d'amiante (OEHHA, 2003);
- Les différentes méthodes statistiques utilisées, le manque de puissance statistique, de statistiques descriptives ou l'utilisation de procédures non adaptées à la question du risque associé à l'ingestion d'amiante contribuent également aux limites (OMS, 2021). À ce sujet, l'Anses (2021) évoque aussi le fait que les études épidémiologiques rapportées sont anciennes et ne correspondent pas toujours aux standards actuels de présentation des méthodes et des résultats (p. ex. aucune valeur-p ou d'intervalle de confiance pour la signification statistique);
- L'absence de données historiques d'exposition à l'amiante;
- Enfin, en ce qui concernent les effets non cancérigènes, rappelons que la base de données relative à l'ingestion d'amiante est très limitée. Aucune étude humaine n'a été recensée et les études chez l'animal sont anciennes et peu nombreuses.

Certaines organisations soulignent enfin que les associations apparentes dans certaines études pourraient être le fruit du hasard ou découlant d'une exposition professionnelle non prise en compte comme facteur de risque (U.S. EPA, 1985; ATSDR, 2001). L'United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (1985) souligne d'ailleurs que plusieurs études écologiques anciennes (citées dans leur document d'élaboration du *Maximum Contaminant Level Goal* [MCLG]) n'ont pas tenu compte des facteurs confondants, même au niveau populationnel.

6.3.2 Les études animales

Tout comme les études épidémiologiques, les études animales portant sur l'ingestion d'amiante chez l'animal sont des études anciennes et comportent plusieurs limites méthodologiques (Anses, 2021; OEHHA, 2003) :

- La principale limite de ces études selon l'Anses est liée à la taille réduite des groupes d'animaux. Le développement de tumeurs, notamment digestives, est un évènement rare dans les modèles animaux considérés (rongeurs), rendant la mise en évidence de différences statistiquement significatives difficile lorsque les groupes (témoins et exposés) sont de taille réduite, ce qui est le cas de la majorité des études examinées par l'organisation dans le cadre de leur expertise. Sur la base du nombre d'animaux exposés, les études du NTP sont considérées comme les plus informatives;
- Pour certaines organisations, le faible nombre de doses testées (souvent une seule dose) et l'absence de justification à ce sujet est une limite importante des études animales (OEHHA, 2003). À la suite de leur revue de littérature, l'Anses (2021) affirme que dans la plupart des études, une seule dose d'amiante a été administrée, ce qui rend impossible l'étude d'une relation dose-réponse;
- Les différents modes d'administration des fibres d'amiante dans les études expérimentales chez l'animal limitent la comparaison des résultats. L'utilisation d'eau ou de nourriture

comme vecteur d'administration de l'amiante peut avoir une influence sur la disponibilité et le temps de séjour de l'amiante dans le tractus gastro-intestinal;

- Dans certaines études, le temps de latence était insuffisant pour tester le potentiel cancérigène;
- La prise en compte de deux types de groupes témoins différents (témoins de l'expérimentation ou témoins de plusieurs expérimentations regroupés) dans les études du NTP peut faire varier la signification statistique des résultats observés et les conclusions des études. En effet, la prise en compte d'un deuxième groupe témoin pouvait amener les auteurs des études à conclure différemment (Anses, 2021). Cet aspect sera discuté en détail à la section 7.2.2.
- Enfin, dans les études d'effets non cancérigènes, les durées d'exposition étaient variables (dose unique, quelques semaines, plusieurs mois jusqu'à 18 mois) et il y avait parfois absence de groupe témoin (Anses, 2021).

6.3.3 Le type et la taille des fibres d'amiante

À la lumière des informations présentées dans les différents documents, les types et les dimensions (longueur et diamètre) des fibres d'amiante retrouvées dans l'eau potable des études épidémiologiques ne sont pas systématiquement renseignées. Il en est de même pour les études d'expérimentation animale. De plus, quand les dimensions sont précisées, la comparaison entre les études n'est pas toujours possible, puisque différentes méthodologies peuvent être utilisées pour le décompte des fibres (par exemple, critères dimensionnels différents, méthodes d'échantillonnage et méthodes de préparation de l'échantillon) (ATSDR, 2001). L'OMS, l'Anses et l'ATSDR font également état des limites relatives aux différentes méthodes analytiques utilisées, qui contribuent aux incertitudes sur le type et la taille des fibres rapportées, tant dans les études animales qu'épidémiologiques. Ainsi, en raison des limites des bases de données animales et humaines, il n'est pas possible pour le moment de formuler des conclusions spécifiques sur la toxicité des fibres d'amiante ingérées selon le type et les dimensions des fibres (Anses, 2021).

Cet aspect relatif à la dimension des fibres d'amiante dans les études d'ingestion est d'autant plus important qu'il existe des incertitudes générales importantes sur le potentiel toxique des fibres inhalées dites courtes (< 5 µm). Dans la littérature recensée dans le cadre de ce rapport, il a parfois été suggéré, selon les études animales par inhalation, que les fibres longues et fines seraient plus cancérigènes que les fibres courtes et larges et, donc, que les fibres courtes (qu'on retrouverait plus souvent dans l'eau que les fibres longues) ne seraient pas ou moins préoccupantes d'un point de vue sanitaire (OMS, 2021; DWI, 2002). Cependant, cela ne doit pas être interprété comme indiquant que les fibres plus courtes sont totalement dépourvues de pouvoir cancérigène (ATSDR, 2001). À ce sujet, le BAPE précise d'ailleurs dans son rapport que les fibres courtes respirables sont désormais reconnues par la science pour leur potentiel toxique, tout comme celui des fibres plus longues (lors d'une exposition par inhalation) et que les évidences expérimentales *in vitro* et *in vivo* renforcent aujourd'hui le rôle des fibres courtes inhalées dans l'étiologie des maladies pulmonaires liées à l'amiante (BAPE, 2020b).

6.3.4 La toxicocinétique de l'amiante

Enfin, certains aspects relatifs à la toxicocinétique et aux mécanismes biologiques abordés en fin de section 5 ajoutent aux incertitudes quant aux effets sanitaires potentiels des fibres d'amiante ingérées.

Pour rappel, bien qu'il soit généralement admis que la plupart des fibres ingérées ne sont pas absorbées et sont rapidement excrétées, des études ont démontré qu'une faible fraction des fibres ingérées pourrait traverser la barrière intestinale et se retrouver dans la circulation sanguine et lymphatique pour atteindre d'autres tissus et organes (Anses, 2021, ATSDR, 2001; OMS, 2021, BAPE, 2020b; U.S. EPA, 1985). Certains mécanismes ont été suggérés, mais les données limitées ne permettent pas d'estimer précisément la fraction de l'amiante ingérée qui pourrait être absorbée par l'appareil digestif (OMS, 2021; Anses, 2021).

Inversement, tel qu'évoqué précédemment, l'ingestion secondaire de fibres d'amiante présentes dans l'air ambiant pourrait, par divers mécanismes (aérophagie, remontée mucociliaire, translocation au niveau du poumon), permettre leur distribution aux autres organes extrapulmonaires et ainsi contribuer aux potentiels effets cancérigènes des fibres d'amiante, notamment sur l'appareil digestif (Anses, 2021; BAPE, 2020b). Par exemple, une large part de l'amiante inhalée pourrait atteindre le tractus gastro-intestinal par la remontée mucociliaire (de 16 à 100 % de la quantité inhalée, selon la dimension des fibres) (Anses, 2021).

Étant donné la multitude des hypothèses proposées pour la distribution et l'absorption des fibres d'amiante selon les voies d'exposition, il n'est pas possible d'évaluer précisément l'apport de ces différents mécanismes sur les potentiels effets gastro-intestinaux de l'amiante. De plus, l'extrapolation des résultats d'une voie d'exposition à l'autre dans des contextes très différents (exposition professionnelle et environnementale, flux continu et discontinu) est complexe et difficilement réalisable, d'autant plus que les caractéristiques dimensionnelles des fibres d'amiante présentes dans l'air et dans l'eau sont différentes (Anses, 2021).

7 NORMES ET VALEURS GUIDES EXISTANTES

Peu d'autorités sanitaires ont proposés des normes ou des valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable. Ainsi, parmi les 10 organisations de référence consultées lors la recherche de VGS par la stratégie ciblée détaillée à l'annexe 1, trois valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable ont été recensées, soit le MCLG de l'U.S. EPA (1985) et deux VGS élaborées dans le cadre du PHG de la CalEPA (OEHHA; 2003) :

- L'U.S. EPA a établi en 1985 une VGS pour l'amiante dans l'eau potable de **7 MFL, pour les fibres d'une longueur de plus de 10 µm** (U.S. EPA, 1985). Cette valeur, désignée sous le nom de MCLG, a été élaborée en vertu de la règlementation fédérale nord-américaine sur l'eau potable (*Safe Drinking Water Act*). Cette valeur de 7 MFL est basée sur le risque de cancer gastro-intestinal. Le *Safe Drinking Water Act* exige que la norme réglementaire, appelée *Maximum Contaminant Level* ou MCL, qui s'applique aux systèmes de distributions publics d'eau potable, soit fixée la plus près possible du MCLG lorsque cela est techniquement et économiquement réalisable. Dans le cas de l'amiante, le MCL est identique au MCLG, soit 7 MFL;
- Pour l'élaboration du PHG, l'OEHHA a aussi retenu une VGS pour les fibres d'amiante dans l'eau potable de 7 MFL. Cette VGS a également été choisie pour établir la norme californienne. Cette valeur de 7 MFL reprend intégralement les travaux de l'U.S. EPA (1985). En effet, l'organisation a estimé que l'évaluation quantitative des risques de cancer de l'U.S. EPA de 1985 était la plus appropriée pour établir une valeur d'amiante ingérée dans l'eau potable;
- Dans le cadre de ces travaux, une VGS de 2 400 MFL a aussi été calculée par l'OEHHA pour les effets non cancérigènes sur le système rénal.

Aussi, deux autres valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable élaborées par l'U.S. EPA et le National Research Council (NRC) à partir d'études réalisées en milieu de travail ont été présentées et discutées dans les documents de l'Anses (2017), de l'ATSDR (2001), de l'OEHHA (2003) et de l'U.S. EPA (1985). Considérant les limites importantes de ces valeurs guides, elles n'ont pas été retenues par la suite lors des évaluations du risque des organisations consultées. Pour ces raisons, les valeurs élaborées à partir d'études d'exposition professionnelles et les limites inhérentes seront présentées séparément dans la section 7.4.

7.1 Valeurs guides basées sur des effets cancérigènes

En résumé, le MCLG de l'U.S. EPA et le PHG de l'OEHHA ont été dérivées toutes les deux à partir de la même étude clé, soit une étude expérimentale animale du NTP de 1985. L'effet sur le développement de cancers au niveau gastro-intestinal chez le rat a été retenu comme effet critique considéré sans seuil. L'U.S. EPA a choisi d'utiliser une étude animale, car elle fournit, selon eux, une dose-réponse (après modélisation multiétapes linéarisée), tout comme les études sur l'exposition professionnelle qui ont détecté une incidence accrue de maladies gastro-intestinales. Selon l'organisation, cette approche représente l'option la plus adéquate (*reasonable choice*) pour l'eau potable par rapport aux autres approches qui ont été utilisées dans le passé (U.S. EPA, 1985).

Le tableau 1 (p. 33) présente les informations relatives à l'élaboration de la valeur de 7 MFL, retenue par les deux organisations pour les effets cancérigènes.

Tableau 1 Sommaire des paramètres pour l'élaboration du MCLG et du PHG pour les effets cancérigènes de l'amiante ingérée

	MCLG et MCL de l'U.S. EPA	PHG de l'OEHHA
Nom de la valeur guide	*Maximum Contaminant Goal Level* (MCLG) *Maximum Contaminant Level* (MCL)	*Public Health Goal* (PHG)
Valeur de la valeur guide	**7 millions de fibres par litre (MFL)**	
Année	1985	2003
Document de référence	*Drinking Water Criteria Document for Asbestos* (U.S. EPA, 1985)	*Public Health Goals for Chemicals in Drinking Water – Asbestos* (OEHHA, 2003)
Poids corporel utilisé	70 kg	
Consommation d'eau/jour	2 L/j	
Risque unitaire (RU) – (Limite supérieure IC 95%)	$1{,}4 \times 10^{-13}$ fibres/L	
Niveau de risque de cancer	10^{-6}	
Étude-clé	NTP (1985)	
Espèce étudiée	Rat	
Sexe, souche et âge	Mâles et femelles	
Nombres d'animaux étudiés	250 de chaque sexe	
Voie d'exposition	Ingestion	
Composition, pureté et origine de la substance	Chrysotile > 10 µm de longueur à 65 %	
Concentration d'exposition	1 % d'amiante dans les aliments	
Milieu d'exposition	Aliments	
Fréquence d'exposition	*ad lib,* avec estimation 5 % du poids corporel consommé	
Durée de l'exposition	Vie entière	
Effet critique et seuil de signification statistique	Polypes adénomateux bénins chez les mâles (côlon); p = 0,003	
Courbe dose/réponse	Non (une seule dose testée)	
POD *(Point of Departure)* : Dose journalière animale	$6{,}45 \times 10^{10}$ fibres/kg p.c. (poids rat 0,38 kg; 5 % poids corporel consommé; 1 % amiante dans les aliments)	
POD – Dose équivalente humaine (HED)	$1{,}13 \times 10^{10}$ fibres/kg p.c.	
Modèle d'extrapolation linéaire sans seuil	Modèle multiétapes linéarisé (*Linearised MultiStage*) type *one hit* (q1)	
Méthode analytique	Microscopie électronique en transmission (MET) pour le comptage des fibres et analyse par diffraction des rayons X (DRX) pour la morphologie et la composition des fibres.	

L'étude du NTP de 1985 a évalué la cancérogénicité par ingestion chez des rats mâles et des rats femelles exposés vie entière par le biais d'une alimentation de fibres de chrysotile de longueur dite réduite (L < 10 µm) et de longueur dite intermédiaire (65 % des fibres avec une L > 10 µm). Les fibres étaient dénombrées par microscopie électronique en transmission analytique (U.S. EPA, 1985).

Dans cette étude, aucune preuve de cancérogénicité n'a été observée chez les rats mâles et femelles exposés aux fibres réduites (L < 10 µm). Pour les fibres de longueur intermédiaire, aucun effet cancérigène n'a été rapporté chez les rats femelles. Cependant, chez les rats mâles ayant ingéré des fibres de longueur intermédiaire à hauteur de 1 % dans leur alimentation (10 000 mg/kg de nourriture), des néoplasmes bénins (polypes adénomateux) ont été observés au niveau du gros intestin avec une incidence de 9/250 (3,6 %). Comme le rapporte l'Anses (2021) et l'U.S. EPA (1985), cette incidence était non statistiquement significative (p = 0,08) par rapport au groupe contrôle spécifique de mâles de l'étude de 1985 (0/85). Cependant, elle était significative (p = 0,003) en la comparant à l'incidence observée pour les néoplasmes bénins et malins du gros intestin de la totalité des rats mâles contrôles de la série d'études vie entière du NTP relatives à l'ingestion d'amiante (3/524, soit 0,6 %)[11]. Somme toute, le NTP a considéré qu'il y avait certains éléments de preuve de cancérogénicité chez les rats mâles exposés aux fibres de chrysotile de longueur intermédiaire (U.S. EPA, 1985; OEHHA, 2003)[12].

À partir de cette étude, une dose journalière de $6{,}45 \times 10^{10}$ fibres/kg p.c. a été calculée pour le rat mâle exposé aux fibres de longueur intermédiaire, en considérant un poids moyen de 0,38 kg, une consommation alimentaire de 5 % du poids corporel, contenant 1 % d'amiante. Le mélange administré étant constitué de 65 % de fibres de longueur > 10 µm, l'organisation a établi que la valeur proposée concernerait donc uniquement les fibres de cette classe granulométrique (U.S. EPA, 1985).

Par la suite, une dose équivalente journalière chez l'humain de $1{,}13 \times 10^{10}$ fibres/kg p.c. a été extrapolée par ajustement allométrique rongeur-humain. Pour adapter cette dose à l'exposition par l'eau potable, une dose exprimée en nombre de fibres par litre d'eau a été calculée en considérant une consommation quotidienne de 2 L/j et un poids corporel de 70 kg. Ainsi, une dose de 4×10^{11} fibres/L a été estimée comme point de départ pour l'extrapolation linéaire sans seuil.

Enfin, pour pallier l'absence de dose-réponse dans l'étude de base (une seule dose testée), un modèle multiétapes linéarisé (*Linearised MultiStage*) de type *one hit* (q1) a été utilisé pour

[11] Cet aspect sera abordé en détail dans les forces et les limites des valeurs guides existantes.

[12] Tel que cité dans OEHHA (2003), la signification biologique de cette observation a été étayée par l'observation de lésions de morphologie similaire dans l'intestin grêle ou l'estomac glandulaire de quatre autres rats mâles exposés au chrysotile de taille intermédiaire, alors qu'aucune de ces lésions n'a été trouvée dans le groupe témoin concurrent. Le NTP a conclu qu'il était peu probable que l'effet observé dans le gros intestin du groupe de mâles exposés aux fibres intermédiaires soit dû au seul hasard, car les polypes adénomateux sont rares dans les études standard de carcinogenèse de deux ans. L'OEHHA appuie l'utilisation de cette étude clé en concluant que, bien qu'aucune tumeur épithéliale maligne n'ait été observée dans le gros intestin dans cette étude, cette progression se produit avec des carcinogènes intestinaux connus.

déterminer le risque unitaire ajusté au modèle, soit $7{,}7 \times 10^{-14}$ (fibres/L)$^{-1}$ avec une limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % égale à $1{,}4 \times 10^{-13}$ (fibres/L)$^{-1}$. En retenant cette dernière valeur et en considérant un excès de risque de 10^{-6}, l'U.S. EPA a estimé une valeur guide sanitaire en amiante de $7{,}1 \times 10^{6}$ fibres/L, soit 7,1 MFL (U.S. EPA, 1985).

Dans leur document d'élaboration du PHG, l'organisation convient qu'il est plausible que la valeur réelle du risque unitaire pourrait être plus faible, en raison des incertitudes statistiques (modélisation) et biologiques (notamment des preuves limitées d'un mécanisme génotoxique). Cependant, en raison de l'absence d'informations scientifiques spécifiques expliquant pourquoi les tumeurs animales ne seraient pas pertinentes pour les humains aux niveaux d'exposition environnementale, une approche standard de protection de la santé a été adoptée pour estimer le risque de cancer. Le PHG calculé est considéré comme contenant une marge de sécurité adéquate pour se protéger contre la génotoxicité potentielle (OEHHA, 2003).

Enfin, notons que l'U.S. EPA a considéré que les données toxicologiques étaient insuffisantes pour dériver des valeurs guides sanitaires court-terme (*Health Advisory [HA] One-day* et *Ten-day*; valeurs guides d'exposition aigüe et court-terme) ainsi que des *longer-term* HA et un *Drinking Water Equivalent Level* (DWEL) pour les effets non cancérigènes (U.S. EPA, 1985).

7.2 Forces et limites des valeurs guides de 7 MFL du MCLG (U.S. EPA) et du PHG (OEHHA) pour les effets cancérigènes

Dans un premier temps, il convient de rappeler que les deux valeurs guides pour les effets cancérigènes dont il est question dans la section précédente ont été établies par des organisations reconnues avec des méthodologies relativement transparentes et des processus de révision par les pairs.

7.2.1 Le choix du type d'étude

L'utilisation d'une étude animale expérimentale pour extrapoler une valeur guide chez l'humain comporte plusieurs limites intrinsèques, notamment l'incertitude découlant des différences toxicocinétiques et toxicodynamiques possibles dans les réactions toxiques des espèces concernées (INSPQ, 2021). Dans le document d'élaboration du MCLG (U.S. EPA, 1985), il est notamment question de cette variabilité interespèces dans la réponse à l'exposition de l'amiante, où une étude ancienne suggère des différences importantes entre les estomacs des rongeurs et des humains, remettant en question le choix du modèle animal dans les études d'exposition à l'amiante.

Toutefois, considérant les nombreuses limites des données épidémiologiques relatives à l'ingestion d'amiante, discutées à la section 6.3, les organisations ayant élaboré des VGS ont conclu que les études animales étaient les plus appropriées pour l'estimation quantitative des risques cancérigènes (U.S. EPA, 1985; OEHHA, 2003).

En effet, à la lumière des travaux réalisés par plusieurs organisations reconnues, la plupart d'entre elles (ATSDR, OEHHA et U.S. EPA) considèrent que les données sur l'exposition orale des rats à l'amiante (NTP, 1985) fournissent une base plus appropriée que les estimations établies à partir d'études chez les travailleurs pour développer des valeurs guides associées à l'exposition de la population générale à l'amiante contenue dans l'eau potable (estimations détaillées à la section 7.4). En outre, les évidences associées à l'exposition à l'amiante en milieu de travail supportent l'hypothèse d'effets cancérigènes sur le système digestif, sans permettre toutefois d'établir de courbe dose-réponse. Enfin, tel que discuté à la section 7.4, l'extrapolation de données d'exposition professionnelle à l'amiante en doses ingérées par l'eau potable est empreinte d'incertitudes (Anses, 2021).

7.2.2 Le choix de l'étude clé animale et les méthodes statistiques utilisées

Parmi les études animales qui abordent les effets de l'ingestion d'amiante, celle retenue par les organisations de références, soit l'étude du NTP de 1985, présente l'avantage d'être une étude par ingestion. Selon plusieurs grandes organisations, elle figure parmi les études animales les plus informatives en raison notamment du grand nombre d'animaux utilisés.

Une des limites des études du NTP en général, et celle de 1985 en particulier, est l'utilisation de deux groupes témoins différents pour les tests statistiques. En effet, l'organisation a parfois recours à des comparaisons statistiques avec deux groupes témoins différents, soit le groupe témoin issu de l'étude même, mais aussi avec un autre groupe témoin qui est le regroupement des animaux témoins de même sexe issus de l'ensemble des expérimentations du NTP, examinant l'exposition à l'amiante par voie orale (Anses, 2021). Pour le rat, cette comparaison supplémentaire a été faite en regroupant l'ensemble des témoins des quatre études d'exposition par voie orale débutées en 1978, et comprend l'étude de 1985.

Selon le NTP, la méthode est justifiée en raison des similitudes de lieu, de protocole de soins et d'analyses histologiques et d'origine des animaux entre toutes ces expérimentations (Anses, 2021). De manière similaire, l'OEHHA rappelle que les études du NTP sur l'amiante ont été réalisées dans le même laboratoire, sur des périodes qui se chevauchent et sur des animaux provenant de la même source et exposés aux mêmes conditions environnementales. Les protocoles postmortem appliqués sont les mêmes entre les études et ont été menés par le même technicien, les mêmes classifications histopathologiques ont été utilisées et chaque néoplasme était évalué par des mécanismes d'assurance qualité. Pour ces raisons, plus de crédit que d'habitude a été accordé aux données historiques (OEHHA, 2003).

Dans le cadre l'expertise examinant plusieurs sites de cancer, l'Anses a constaté que le recours à un deuxième groupe témoin amenait parfois le NTP à conclure différemment. En effet, selon l'organe cible, cette approche a conduit le NTP à invalider certaines associations initialement observées (et conclure sur une absence d'association pour certaines tumeurs) ou, au contraire, de les renforcer, en particulier si des lésions similaires étaient observées dans d'autres organes. Toutefois, dans ces cas, d'autres arguments seraient avancés par le NTP pour invalider certaines associations, comme l'importance biologique limitée de certaines observations en l'absence de

tumeurs du tractus gastro-intestinal ou l'absence de tumeurs par inhalation. Somme toute, l'Anses ne remet pas en question cette méthode statistique, mais estime que les conclusions du NTP pour certains sites de cancer sont contestables (Anses, 2021).

7.2.3 Les incertitudes toxicocinétiques

Comme discuté à la section 6.3.4, d'autres voies d'exposition autre que l'ingestion pourraient contribuer aux potentiels effets cancérigènes des fibres d'amiante sur le système digestif, selon divers mécanismes (p. ex. aérophagie, remontée mucociliaire, translocation au niveau du poumon à la suite d'inhalation de fibres d'amiante).

Dans le cadre des travaux pour l'élaboration du MCLG, l'U.S. EPA a uniquement pris en compte l'ingestion directe d'amiante et les différents mécanismes possibles de distribution à partir du système digestif, sans considérer toutefois l'éventuel transport indirect provenant des poumons (c'est-à-dire la translocation des poumons vers l'appareil digestif par le parenchyme pulmonaire, puis le système vasculaire ou lymphatique) (U.S. EPA, 1985).

7.2.4 Le type et la taille des fibres

Les valeurs guides élaborées sont applicables pour l'amiante en général, nonobstant les types de fibre, bien qu'elles soient majoritairement basées sur des études d'exposition au chrysotile seulement. Cependant, considérant les lacunes des données rapportant les types de fibre d'amiante dans l'eau potable, il n'est pas possible de procéder à l'élaboration de valeurs guides pour les amphiboles, de manière groupée ou spécifique.

Par ailleurs, le postulat de base quant à la dimension des fibres d'amiante concernées par la valeur guide de 7 MFL (soit les fibres de longueur >10 µm), est justifié en partie par les conditions expérimentales de l'étude clé retenue, mais son application demeure limitée dans la mesure où des fibres plus courtes pourraient être présentes dans l'eau potable. Toutefois, rappelons que dans une autre étude du NTP similaire à l'étude clé, aucun effet cancérigène chez les rats n'a été observé pour les fibres de chrysotile considérées courtes (98 % des fibres avec une longueur < 10 µm (OEHHA, 2003). Malgré tout, en raison de manque d'études associées à des fibres de longueurs < 10 µm, il n'est pas possible de procéder à l'élaboration de valeurs guides pour des classes dimensionnelles plus précises.

7.3 Valeur guide pour les effets non cancérigènes et limites associées

Dans le cadre de leurs travaux de 2003, une valeur guide pour les effets non cancérigènes a aussi été calculée par l'OEHHA.

L'étude clé retenue est une étude animale d'exposition sous-chronique (de 12 à 15 semaines) chez des rats exposés au chrysotile par l'eau potable, où des effets néphrotoxiques ont été observés (Cemerikic, 1977, cité dans OEHHA, 2003 et Anses, 2021). Les examens

histopathologiques des reins et des vessies des animaux ont révélé la présence d'érythrocytes et de cylindres hyalins dans les urines de quatre rats mâles exposés, ce qui est associée à des lésions rénales selon les auteurs. Après 12 semaines, les reins des femelles exposées n'avaient montré qu'une discrète infiltration périvasculaire et une augmentation marquée de la pression indirecte, considéré par les auteurs comme signe d'hypertension.

Cette étude a été privilégiée par rapport aux autres études pour l'estimation des risques non cancérigènes, car la voie d'exposition était l'eau potable et était d'une durée sous-chronique (trois mois). Aussi, selon l'OEHHA, un nombre d'études épidémiologiques associées à des expositions professionnelles à l'amiante fait état d'effets toxiques sur les reins, et notamment des effets cancérigènes (cancer à cellules rénales, tumeurs rénales malignes). À la lumière des résultats des études sur l'humain, l'OEHHA a estimé que les effets néphrotoxiques observés dans l'étude animale peuvent représenter un événement précoce (précancéreux) à la suite d'une exposition à l'amiante ingérée (OEHHA, 2003).

Ainsi, selon cette étude, un *Lowest Observed Adverse Effect Level* (LOAEL) de 107 mg/kg-j (1×10^{12} fibres/kg/j) a été retenu comme point de départ pour le PHG[13]. La concentration dans l'eau potable a été calculée de la manière suivante :

$$\text{PHG}_{\text{avec seuil}} = \frac{\text{LOAEL} \times \text{poids corporel} \times \text{RSC}}{\text{FI} \times \text{consommation eau}}$$

Où :
$\text{PHG}_{\text{avec seuil}}$ = valeur guide sanitaire fondée sur un effet toxique avec seuil de dose (mg/L).
LOAEL = point de départ qui est un *Lowest Observed Adverse Effect Level* (LOAEL) (mg/kg/j).
RSC = contribution relative de l'eau potable (sans unité).
FI = facteurs d'incertitude appliqués.
Consommation d'eau = apport d'eau potable par jour (L/jour).

L'OEHHA a élaboré la valeur guide pour un adulte, en considérant un poids corporel de 70 kg et une consommation journalière d'eau de 2 L/j. La contribution relative de la source par défaut a été retenue (20 %) et un facteur d'incertitude total de 3 000 a été appliqué (10 pour utilisation d'un LOAEL, 10 pour variation intraspécifique, 10 pour variation interespèces et trois pour extrapolation à partir d'une étude sous-chronique).

$$\text{PHG}_{\text{avec seuil}} = \frac{107\ \text{mg/kg/j} \times 70\ \text{kg} \times 0{,}2}{3\ 000 \times 2\ \text{L/j}}$$

$$\text{PHG}_{\text{avec seuil}} = 0{,}25\ \text{mg/L} = 2\ 400\ \text{MFL}$$

[13] Calculé selon une concentration de fibres d'amiante dans l'eau ingérée de 1 mg/mL, un poids corporel du rat mâle de 0,3 kg et d'une consommation journalière d'eau de 32 mL pour le rat mâle.

Après conversion selon la concentration de fibres d'amiante dans l'eau potable de l'étude animale, l'OEHHA a établi une concentration de 2 400 MFL pour le PHG des effets non cancérigènes. Cette valeur n'a toutefois pas été retenue pour établir le PHG, puisque qu'elle est supérieure à la valeur guide calculée pour les effets cancérigènes.

Somme toute, l'organisation conclut que le PHG de 7 MFL calculé pour les effets cancérigènes confère une marge de sécurité adéquate pour tous les effets non cancérigènes de l'amiante, y compris la génotoxicité potentielle et les effets indésirables sur l'appareil gastro-intestinal, le système immunitaire, les reins et le poids corporel (OEHHA, 2003).

Les limites et les incertitudes de cette valeur guide pour les effets non cancérigènes sont nombreuses. Au sujet de la concentration dans l'eau potable dans l'étude expérimentale, l'OEHHA souligne que la concentration – et donc la dose exacte administrée aux animaux – a pu varier, puisque les fibres ont pu se déposer à la suite du brassage initial, selon la conception et l'orientation des bouteilles d'eau et des tubes à boire (OEHHA, 2003). De plus, concernant l'effet critique rénal dans l'étude expérimentale, l'Anses précise qu'aucune différence significative de la créatinine dans les urines n'est observée entre les animaux traités et les témoins, ce qui indique une filtration rénale normale (Anses, 2021). Enfin, l'organisation a estimé qu'un facteur d'incertitude maximal de 3 000 était requis pour l'élaboration de la valeur guide (OEHHA, 2003). Or, un facteur d'incertitude total supérieur à 3 000 indique que les données ne sont probablement pas suffisamment de qualité ou assez nombreuses pour établir une valeur guide sanitaire (INSPQ, 2021).

Cette valeur guide pour les effets non cancérigènes n'a pas été discutée par les autres organisations dans le cadre de leurs travaux. Aucune autre valeur guide avec seuil n'a été repérée dans les organismes consultés.

Enfin, malgré l'élaboration de cette valeur guide, la CalEPA conclut que la plupart des études menées chez l'animal semblent indiquer que l'ingestion d'amiante n'entraîne peu ou pas de risque de lésions non cancérigènes (OEHHA, 2003).

7.4 Valeurs guides sanitaires associées à l'ingestion secondaire et limites associées

D'autres VGS pour l'eau potable sont présentées et discutées dans les documents de l'Anses (2017), de l'ATSDR (2001), de l'OEHHA (2003) et l'U.S. EPA (1985). Ces valeurs seraient les premières qui ont été élaborées pour l'amiante dans l'eau potable, mais selon une approche différente de celle utilisée pour le MCLG et le PHG.

Au début des années 1980, le NRC (NRC, 1983) et l'U.S. EPA (U.S. EPA, 1980) ont procédé à des estimations des risques de cancer gastro-intestinal par voie orale à partir d'études réalisées auprès de travailleurs exposés par inhalation. À l'époque, et encore aujourd'hui, aucune étude épidémiologique associant une quantité précise d'amiante ingérée à une augmentation évidente de cancer gastro-intestinal (dose-réponse) n'est disponible (U.S. EPA, 1985, 2024; ATSDR, 2001).

Cette approche repose sur l'hypothèse que les excès de cancers gastro-intestinaux observés dans cette étude découlent uniquement de la déglutition des fibres inhalées, qui se retrouvent dans le système digestif à cause du processus pulmonaire de clairance mucociliaire (ingestion secondaire) (Anses, 2021; ATSDR, 2001). Les deux organisations ont ainsi calculé des valeurs différentes, puisque les hypothèses relatives à la quantité de fibres inhalées et ingérées secondairement (30 % ou 100 %) et au facteur de conversion utilisé pour passer d'une méthode analytique à une autre diffèrent selon l'organisation (U.S. EPA, 1985).

L'U.S. EPA (1980) a estimé qu'une concentration de 0,03 MFL de fibres d'amiante dans l'eau correspond à un excès de risque de cancer gastro-intestinal de 10^{-6}, alors que le NRC (NRC, 1983) a calculé une concentration de 0,011 MFL pour un même excès de risque. Puisque l'U.S. EPA n'a pas retenu cette valeur (0,03 MFL) pour l'élaboration de son MCLG en 1985, et que les estimations du NRC sont plus restrictives, seules les estimations du NRC sont discutées dans la suite de la présente section.

L'Anses (2017) résume l'élaboration et les facteurs de conversion utilisés par le NRC pour établir les concentrations associées à un excès de risque de cancer. En résumé, un modèle linéaire standard reliant un risque relatif (RR) à une dose cumulée par inhalation a été élaboré à partir de cinq études de cohorte chez des travailleurs exposés à l'amiante par voie aérienne. Les résultats ont ensuite été convertis en nombre de fibres ingérées sur la base d'une exposition chronique par ingestion d'eau potable (à raison de 2 L/jour, pendant 70 ans).

Le NRC a ainsi estimé qu'une consommation d'une eau potable contenant 1,1 MFL produirait un excès de risque de cancer entre 3×10^{-5} et 1×10^{-4} (plus précisément, un excès de risque de 10^{-5} est associé à une concentration de 1,1 MFL pour les hommes et de 1,7 MFL pour les femmes) (Anses, 2017; ATSDR, 2001; NRC, 1983).

Afin d'apprécier les deux types de modèle d'estimation du risque cancérigène (modèle animal par ingestion et modèle humain basé sur une exposition par inhalation en milieu de travail), l'ATSDR a procédé à une comparaison des excès de risque de cancers gastro-intestinaux associés à différentes concentrations d'amiante dans l'eau potable. Le tableau 2 présente les concentrations correspondantes aux excès de risque du NRC (1983) et de l'U.S. EPA (1985a), selon les deux modèles utilisés.

Tableau 2 Comparaison des concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable pour divers excès de risque selon deux modèles

	Concentrations dans l'eau potable selon les différents modèles	
Excès de risque pour cancer gastro-intestinal	Modèle animal par ingestion (U.S. EPA, PHG)	Modèle humain par inhalation (exposition professionnelle) (NRC)
10^{-4}	711 MFL	1,1 MFL
10^{-5}	71 MFL	0,11 MFL
10^{-6}	7,1 MFL	0,011 MFL

On constate que les estimations diffèrent de plusieurs ordres de grandeur. Selon l'ATSDR (2001), il existe plusieurs raisons possibles pouvant expliquer cette différence substantielle, notamment l'incertitude dans les hypothèses émises et les facteurs de conversion de chaque modèle, le potentiel toxique variable selon le type de fibre (caractéristiques morphologiques et dimensionnelles) et les différences toxicocinétiques et toxicodynamiques entre les humains et les rats.

Tel qu'évoqué par l'ATSDR, les extrapolations du NRC nécessitent un certain nombre d'hypothèses et les estimations des risques doivent être considérées comme étant approximatives. De manière similaire, l'OEHHA et certains auteurs cités dans Anses (2017) considère que cette estimation de la valeur guide dans l'eau par le NRC est discutable. En effet, l'évaluation du risque de cancer gastro-intestinal par ingestion basée sur des études par inhalation est difficile à établir et à reproduire, au regard des hypothèses de calcul qui sont contestables. Par exemple, la conversion de la dose inhalée en dose ingérée ne considère que la déglutition suivant la remontée mucociliaire, en négligeant les fibres directement ingérées (Anses, 2017; OEHHA, 2003). Enfin, le volume respiratoire du travailleur a pu être sous-estimé et les conversions des concentrations obtenues selon différentes méthodes analytiques de mesures des fibres renforcent les incertitudes (Anses, 2017).

L'OEHHA critique également l'absence de publication des données brutes issues des cinq études de cohortes utilisées pour alimenter le modèle. Il estime que la méthode du NRC est impossible à reproduire et a jugé cette estimation trop problématique pour l'utilisation dans le cadre de l'élaboration du PHG (OEHHA, 2003). L'organisation juge que, malgré ces écarts entre les deux évaluations du risque, les données sur l'exposition orale des rats (NTP, 1985) fournissent une base plus appropriée pour estimer un niveau de protection de la santé publique dans l'eau potable, tout comme l'ASTDR et l'U.S. EPA. L'OEHHA conclut en affirmant que les études réalisées en milieu de travail, indiquant un risque accru de cancers gastro-intestinaux, fournissent des preuves qualitatives des préoccupations concernant toutes les voies d'expositions confondues à l'amiante (OEHHA, 2003).

Enfin, tel que discuté par l'Anses en 2021, l'extrapolation de données issues d'une exposition à l'amiante par inhalation en milieu de travail, en doses ingérées par l'eau potable, est empreinte d'incertitudes. Les conditions d'exposition, le temps et la fréquence de contact avec les fibres d'amiante diffèrent selon qu'un individu est exposé par ingestion d'eau ou par ingestion secondaire, à la suite de l'inhalation de fibres d'amiante dans un contexte de travail. L'organisation estime qu'il est probable qu'une exposition professionnelle (flux semi-permanent lent lié à la remontée mucociliaire) engendre un temps de contact plus long des fibres avec les tissus que lors de l'ingestion d'eau (flux discontinu). Aussi, la comparaison des quantités de fibres ingérées par l'air et par la consommation d'eau doit être réalisée avec prudence, car les fibres présentes dans l'air et dans l'eau ont des caractéristiques morphologiques et dimensionnelles différentes (Anses, 2021). À la suite de leurs travaux, l'Anses (2021) considère qu'il n'est pas possible de conclure formellement sur la voie d'atteinte majoritaire des organes digestifs découlant d'une exposition professionnelle par inhalation.

Finalement, le NRC affirme que même si ces estimations de risque étaient précises, le RR attendu de cancer gastro-intestinal dans les populations consommant de l'eau potable à des concentrations de 1 à 200 MFL serait assez faible et ne serait probablement pas détectable de manière cohérente dans les études épidémiologiques. L'organisation a également conclu que le risque accru de cancers, autre que le mésothéliome et le cancer du poumon, n'a pas été confirmé par les études animales et n'a pas été observé de manière constante dans les études épidémiologiques (NRC, 1983).

7.5 Organisations n'ayant pas dérivé de valeurs guides

Plusieurs organisations (OMS, Anses, Santé Canada, U.S. EPA et ATSDR) ont jugé, selon leur évaluation récente, que les données n'étaient pas suffisantes pour dériver une valeur guide pour l'eau potable :

- Santé Canada n'a recommandé à ce jour aucune concentration maximale acceptable dans l'eau potable. En 1989, l'organisation estimait que l'ensemble des données épidémiologiques et toxicologiques n'indiquaient pas de manière cohérente et convaincante que l'ingestion d'amiante pose un risque pour la santé et qu'il n'était pas nécessaire de recommander une concentration maximale acceptable pour l'amiante dans l'eau potable (Santé Canada, 1989);
- De manière similaire, lors de sa plus récente évaluation en 2021, l'OMS a estimé qu'il n'était pas approprié d'établir une valeur guide pour les fibres d'amiante dans l'eau potable. En effet, selon l'organisation, le manque de cohérence entre les études épidémiologiques ne permet pas de conclure quant à la toxicité de l'amiante ingérée, tout comme les études animales d'exposition chronique. L'organisation estime par ailleurs que les études épidémiologiques présentent plusieurs limites, qui empêchent leur utilisation pour l'établissement d'une valeur guide. L'OMS conclut en préconisant de minimiser, autant que possible, les concentrations de fibres d'amiante dans l'eau potable (OMS, 2021) (principe ALARA*, As Low As Reasonnably Achievable*);
- Lors de leurs premiers travaux en 2017, l'Anses indiquait « que l'établissement d'une valeur guide dans les EDCH[14] n'aurait de sens que si la causalité entre une exposition par ingestion d'amiante et le développement de tumeurs était certaine ou probable ». À la suite de leur expertise approfondie et systématique en 2021, l'organisation considérait que l'établissement d'une valeur guide pour l'eau potable fondée sur des critères sanitaires n'était toujours pas possible et qu'il n'y avait pas d'argument scientifique pour fixer un nombre maximal de fibres d'amiante dans l'eau potable à ne pas dépasser (Anses, 2021);

[14] EDCH : Eaux destinées à la consommation humaine.

- L'U.S. EPA n'a pas procédé à ce jour à l'élaboration d'une estimation de risque de cancer par voie orale, dans le cadre de son programme d'évaluation du risque sur la santé humaine, l'Integrated Risk Information System (IRIS), ni à une estimation quantitative des risques par ingestion dans ses plus récents travaux de révision des risques sanitaires de l'amiante (U.S. EPA, 2017, 2018, 2020, 2022, 2024). De plus, l'organisation affirme que l'ingestion de faibles concentrations de fibres d'amiante inhalées dans le mucus (ingestion secondaire) montre des associations peu concluantes avec des effets sur la santé (U.S. EPA, 2024). Enfin, l'organisation estime que l'évaluation de l'exposition de la population générale à l'amiante provenant de l'eau potable est couverte dans la réglementation National Primary Drinking Water Regulations (NPDWR), c'est-à-dire par la norme de 7 MFL (U.S. EPA, 2020);
- Finalement, dans le cadre de la rédaction du *Toxicological Profile* de l'amiante en 2001, l'ATSDR ne procède pas à l'élaboration d'un *Minimal Risk Level* (MRL) pour la voie orale (ATSDR, 2001), considérant les limites des données épidémiologiques pour les effets non cancérigènes.

8 FORCES ET LIMITES DU DOCUMENT

Cette revue narrative systématisée constitue, à notre connaissance, le premier document québécois sur les effets sur la santé de l'amiante dans l'eau potable et les valeurs guides associées.

Elle s'appuie sur une recherche documentaire systématisée de la littérature grise, avec des critères d'inclusion et d'exclusion précis pour la sélection des résultats et une évaluation de la qualité de certains documents à l'aide d'un outil reconnu pour ce type de littérature (grille AACODS). En effet, pour les résultats issus d'organisations ou de sources non reconnues par l'INSPQ (INSPQ, 2021, 2022), une évaluation et une appréciation critique du document a été réalisée par deux évaluateurs afin de juger de sa fiabilité et de la pertinence de l'inclure dans la sélection finale des résultats obtenus lors de la recherche documentaire.

Toutefois, certaines limites méthodologiques du document sont à souligner. Une des limites principales du présent document est l'extraction de la littérature grise uniquement et l'exclusion de la littérature scientifique primaire lors de la recherche documentaire systématisée. Ce choix méthodologique s'explique notamment par la nature du mandat et les délais impartis.

Il aurait été intéressant d'analyser et d'évaluer la littérature scientifique primaire citées dans les rapports des organisations consultées. Cependant, considérant le nombre limité d'études épidémiologiques et animales portant spécifiquement sur l'ingestion de fibres d'amiante dans l'eau potable, les mêmes études sont analysées d'une organisation à l'autre, et que leurs limites ont été largement discutées dans les différents documents retenus, la méthodologie actuelle nous apparaît suffisante pour répondre à la question de recherche. Rappelons notamment que la majorité des études épidémiologiques rapportées par les organisations sont des études de type écologique, devis qui ne permet pas de déterminer de manière précise les niveaux d'exposition individuels et ne permet pas de conclure sur la causalité de la relation entre l'ingestion d'amiante et la survenue de cancers. Enfin, il s'agit le plus souvent d'études anciennes, peu de nouvelle littérature scientifique étant disponible.

Une autre des limites constatées est qu'il n'y a pas eu de cotation lors de leur évaluation avec la grille AACODS pour hiérarchiser les résultats retenus. Cela peut engendrer une qualité hétérogène dans les documents retenus.

Somme toute, considérant les conclusions convergentes des principales organisations pertinentes de santé publique et environnementales, et notamment les productions les plus récentes (OMS, 2021, Anses, 2017, 2021; BCCDC, 2023), les enjeux associés à l'absence de littérature primaire et de cotation lors de l'évaluation de la littérature grise nous apparaissent limités pour cette revue rapide des connaissances.

9 CONCLUSION

Cette synthèse rapide des connaissances avait pour objectif de faire état des risques sur la santé liés à la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable et des valeurs guides existantes, avec une appréciation des limites et des incertitudes qui leur sont associées.

En employant une méthodologie de revue de littérature grise, ce rapport a permis de tirer les principaux constats suivants :

- Alors que le poids de la preuve du caractère toxique non cancérigène et cancérigène des fibres d'amiante inhalées chez l'homme et les animaux est important, les évidences concernant les effets sur la santé des fibres d'amiante ingérées sont beaucoup plus mitigées;
- Il existe un consensus général sur le fait que l'ingestion d'amiante n'entraînerait pas d'effets non cancérigènes significatifs. Cependant, pour les effets cancérigènes de l'amiante ingérée, les études épidémiologiques et animales sont limitées et incohérentes. Elles ne sont pas suffisantes pour établir clairement un lien entre l'exposition à l'amiante par ingestion d'eau et les cancers digestifs. Par ailleurs, les données actuelles ne permettent pas d'estimer quantitativement une relation dose-réponse;
- À la lumière des multiples limites de la base de données sur les effets sur la santé et des incertitudes associées aux différentes estimations des risques discutées dans le présent rapport, la plupart des organisations de référence concluent que les effets toxiques de l'ingestion d'amiante ne sont pas clairement établis;
- De ce fait, peu d'autorités sanitaires ont proposé à ce jour des normes ou des valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable. Seules l'U.S. EPA et l'OEHHA ont promulgué, en dépit d'évidences claires sur les effets toxiques de l'amiante ingérée, une norme de 7 MFL (L > 10 µm) pour les effets cancérigènes sur le système digestif, norme fondée sur une VGS élaborée il y a près de 40 ans. De plus, son application demeure limitée à des fibres d'amiante de longueur > 10 µm, alors que des fibres d'amiante de taille inférieure peuvent se trouver dans l'eau potable.

10 PERSPECTIVES

Pour être en mesure de mieux établir et caractériser les risques sanitaires associés à une exposition à l'amiante par ingestion d'eau et juger de la pertinence d'élaborer des valeurs guides pour les fibres d'amiante dans l'eau potable, plusieurs aspects devraient être davantage documentés et étudiés pour pallier les nombreuses limites actuelles discutées dans le présent rapport.

Dans un premier temps, le développement d'une méthode analytique harmonisée et standardisée et la mise en place d'une surveillance environnementale apparaissent comme des prérequis pour permettre une meilleure caractérisation des fibres d'amiante dans l'eau potable (occurrence, type et dimensions des fibres, sources de contamination ciblées et facteurs contribuant au relargage des fibres dans l'eau, notamment à partir des conduites en amiante-ciment).

Dans un second temps, la réalisation d'études épidémiologiques plus robustes, avec des devis permettant une meilleure caractérisation de l'exposition et la prise en compte des facteurs confondants, semble incontournable pour accroître les données probantes sur le sujet.

Aussi, d'autres études de type toxicocinétiques et mécanistiques seraient pertinentes afin d'améliorer les connaissances spécifiques sur les fibres d'amiante ingérées et leurs potentiels effets toxiques (absorption, distribution et métabolisation possible des fibres ingérées, modes d'action des effets toxiques spécifiques à l'ingestion et selon les différentes dimensions de fibres rapportées dans l'eau potable).

BIBLIOGRAPHIE

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2021). Caractérisation du danger lié à l'ingestion d'amiante – État des lieux des connaissances actuelles – Avis de l'Anses : rapport d'expertise collective. https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2018SA0001Ra.pdf

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2017). Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative à l'analyse de deux articles : Di Ciaula (2017) « Asbestos ingestion and gastrointestinal cancer : A possible underestimated hazard » et Di Ciaula, Gennaro (2016) « Possible health risks from asbestos in drinking water ». https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2017SA0138.pdf

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2001). Asbestos Toxicological Profile. https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp61.pdf

Bristish Columbia Centre for Disease Control. (2023). Literature review of emerging evidence on health effects associated with exposure to asbestos from drinking water. (document non publié)

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2020a). L'état des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés (DB6.2 – Eau potable). https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000120426

Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. (2020b). L'état des lieux et la gestion de l'amiante et des résidus miniers amiantés. Rapport d'enquête et d'audience publique. https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl?id=00000156531

California Office of Environmental Health Hazard Assessment. (2003). Public health goals for chemicals in drinking water California – Asbestos. https://oehha.ca.gov/media/downloads/water/chemicals/phg/ph4asbestos92603.pdf

Drinking Water Inspectorate. (2002). Asbestos cement drinking water pipes and possible health risks – Review for DWI. https://dwi-content.s3.eu-west-2.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/10/27110748/DWI70_2_135_asbestos-cement-pipes.pdf

International Agency for Research on Cancer. (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts – Volume 100 C : a review of human carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/6142/a42c8909dfe1e862d1a1a5736ad4e8fe7a8ba9f3.pdf

Bourgault, M.-H. et Valcke, M. (2021). Méthodologie d'élaboration de valeurs guides sanitaires chroniques pour les contaminants chimiques de l'eau potable. Institut national de santé publique du Québec. https://www.inspq.qc.ca/publications/2837

Bourgault, M.-H., Ponce, G. et Valcke, M. (2022). Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus. Institut national de santé publique du Québec. (document non publié)

Institute of Medicine. (2006). Asbestos : selected cancers. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/11665

National Research Council. (1983). Drinking Water and Health – Volume 5. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/326

National Toxicology Program. (2021). Asbestos. Dans Report on Carcinogens, Fifteenth Edition. https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/roc/content/profiles/asbestos.pdf

New York State Department of Health. (2004). Investigation of Cancer Incidence among the Woodstock Asbestos Exposure Registry Population. https://www.health.ny.gov/environmental/indoors/asbestos/docs/woodstockreport.pdf

Pennsylvania Department of Health. (2020). Naturally Occuring Asbestos – Frequently Asked Questions. https://www.health.pa.gov/topics/Documents/Environmental%20Health/NOA%20Frequently%20Asked%20Questions.pdf

Santé Canada. (1989). L'amiante (Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documents technique). https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-amiante.html

Santé Canada. (2021). L'amiante dans l'eau potable. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/amiante-eau-potable-infographie-2021.html

U.S. Environmental Protection Agency. (1980). Ambient Water Quality Criteria for Asbestos.

U.S. Environmental Protection Agency. (1985). Drinking Water Criteria Document for Asbestos. https://semspub.epa.gov/work/08/1772047.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (1988). Asbestos – Integrated Risk Information System (IRIS) – Chemical Assessment Summary. https://iris.epa.gov/static/pdfs/0371_summary.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2017). Scope of the Risk Evaluation for Asbestos. https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-06/documents/asbestos_scope_06-22-17.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2018). Problem Formulation of the Risk Evaluation for Asbestos (p. 80 pages). https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-06/documents/asbestos_problem_formulation_05-31-18.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2020). Risk Evaluation for Asbestos – Part I : Chrysotile Asbestos. https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-12/documents/1_risk_evaluation_for_asbestos_part_1_chrysotile_asbestos.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2022). Final Scope of the Risk Evaluation for Asbestos – Part 2 : Supplemental Evaluation Including Legacy Uses and Associated Disposals of Asbestos. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-06/Asbestos%20Part%202_FinalScope.pdf

U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Draft Risk Evaluation for Asbestos – Part 2 : Supplemental Evaluation Including Legacy Uses and Associated Disposals of Asbestos. https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/asbestos-part-2-.-draft-risk-evaluation-.-public-release-.-hero-.-apr-2024.pdf

World Health Organization. (2022). Asbestos – Chemical Fact Sheets. Dans Guidelines for drinking-water quality : Fourth edition incorporating the first and second addenda. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/water-safety-and-quality/chemical-fact-sheets-2022/asbestos-fact-sheet-2022.pdf?sfvrsn=f55be607_1&download=true

World Health Organization. (2021). Asbestos in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HEP-ECH-WSH-2021.4

ANNEXE 1 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DÉTAILLÉE

A. Description des deux volets de recherche documentaire

Volet de recherche documentaire ciblée (VTR, normes et valeurs guides)

Dans un premier temps, la recherche des VTR sur l'amiante a été réalisée selon la méthodologie proposée dans le document *Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus* (INSPQ, 2022). Tous les sites Web des organisations compétentes listées dans ce guide méthodologique ont été consultés, à partir des hyperliens vers les sites d'organisations dans les fichiers d'extraction proposés, puis en recherchant les publications relatives à l'amiante. Seules les VTR relatives à l'ingestion (*Reference Dose* [RfD]; Risque unitaire [RU]) ont été recherchées. Pour la recherche de VTR, 24 sites Web d'organisation ont été consultés. Voici les tableaux d'extraction de VTR qui ont été utilisés.

Substance	Amiante
CAS	
Voie d'exposition	Ingestion
Durée d'exposition	Chronique

POTENTIEL CANCÉRIGÈNE		**Publication disponible**	**Composé**	**Année**	**Groupe**
Organismes	**Source**				
CIRC	List of Classification Agents classified by the IARC Monographs	Oui	Amiante en général	2012	Groupe 1; cancérogène pour l'Homme
U.S. EPA [A]	IRIS Advanced Search	Oui	Amiante en général	1988	Group A; Human Carcinogen
NTP [B]	National Toxicology Program: 15th Report on Carcinogens (2021)	Oui	Amiante en général	2021	Known to be human carcinogen

Dose de référence (RfD) par voie orale (effets avec seuil ou non cancérigènes)

DOSE DE RÉFÉRENCE (RfD) - SOURCES PRIMAIRES		**RfD disponible**	**Composé (Type de fibre et diamètre)**	**Année**
Organisme	**Source**			
Anses	Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de l'Anses	Non		
Anses [C]	Les avis et les rapports sur Avis du comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux ».	Non		
ATSDR	MRL-Minimal Risk Levels for Hazardous Substances	Non		
EFSA	Rapports scientifiques et opinions publiés dans la revue EFSA Journal	Non		
OMS	Drinking-water quality guidelines	Non		
OMS/CICAD	Concise International Chemical Assessment Documents (CICADs)	Non		
OMS/JECFA	Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)	Non		
OMS/JMPR	Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR)	Non		
U.S. EPA	Human Health Benchmarks for Pesticides	Non		
U.S. EPA	IRIS- Integrated Risk Information System	Non		

Dose de référence (RfD) par voie orale (effets avec seuil ou non cancérigènes) (suite)

DOSE DE RÉFÉRENCE (RfD) - SOURCES SECONDAIRES		RfD disponible	Composé	Année
Organisme	Source			
MDH	Human Health-Based Water Guidance Table	Non		
OEHHA	Toxicity criteria on chemicals evaluated by OEHHA.	Non	Chrysotile	2003
Santé Canada	Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Documents techniques	Non		
Santé Canada (ARLA) [D]	Projets de décision d'homologation (PRF)	Non		
TCEQ	Final Development Support Documents (DSDs)	Non		
U.S. EPA	PPRTVs Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values Assessments	Non		

DOSE DE RÉFÉRENCE (RfD) - SOURCES TERTIAIRES [E]		RfD disponible	Composé	Année
Organisme	Source			
CCME	Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement - sols	Non		
RIVM	Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels	Non		
RIVM	Re-evaluation of some human-toxicological Maximum Permissible Risk levels earlier evaluated in the period 1991-2001	Non		
Santé Canada	L'évaluation pour les sites contaminés fédéraux au Canada : valeurs toxicologiques de référence (VTR) Version 3.0	Non		
Santé Canada	Première liste de substances d'intérêt prioritaire (LSIP1)	Non		
Santé Canada	Deuxième liste de substances prioritaires (LSIP2)	Non		

Risques unitaires (effets sans seuil ou cancérigènes)

RISQUES UNITAIRES (RU) - SOURCES PRIMAIRES		RU disponible	Composé	Année
Organisme	Source			
Anses	Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de l'Anses	Non		
Anses [E]	Les avis et les rapports sur Avis du comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux ».	Non		
EFSA	Rapports scientifiques et opinions publiés dans la revue EFSA Journal	Non		
OMS	Drinking-water quality guidelines	Non		
OMS/CICAD	Concise International Chemical Assessment Documents (CICADs)	Non		
OMS/JECFA	Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)	Non		
OMS/JMPR	Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR)	Non		
U.S. EPA	Human Health Benchmarks for Pesticides	Non		
U.S. EPA	IRIS- Integrated Risk Information System	Non		

Risques unitaires (effets sans seuil ou cancérigènes) (suite)

RISQUES UNITAIRES (RU) - SOURCES SECONDAIRES		RU disponible	Composé	Année
Organisme	Source			
MDH	Human Health-Based Water Guidance Table	Non		
OEHHA	Toxicity criteria on chemicals evaluated by OEHHA.	Oui	Chrysotile	2003
Santé Canada	Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Documents techniques	Non		
Santé Canada (ARLA) [D]	Projets de décision d'homologation (PRF)	Non		
TCEQ	Final Development Support Documents (DSDs)	Non		
U.S. EPA	PPRTVs Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values Assessments	Non		

RISQUES UNITAIRES (RU) - SOURCES TERTIAIRES [E]		RU disponible	Composé	Année
Organisme	Source			
CCME	Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement - sols	Non		
RIVM	Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels	Non		
RIVM	Re-evaluation of some human-toxicological Maximum Permissible Risk levels earlier evaluated in the period 1991-2001	Non		
Santé Canada	L'évaluation pour les sites contaminés fédéraux au Canada : valeurs toxicologiques de référence (VTR) Version 3.0	Non		
Santé Canada	Première liste de substances d'intérêt prioritaire (LSIP1)	Non		
Santé Canada	Deuxième liste de substances prioritaires (LSIP2)	Non		

La recherche de normes et de valeurs guides pour l'amiante dans l'eau potable a, quant à elle, été réalisée en consultant les principales sources organisationnelles citées dans le document *Méthodologie d'élaboration de valeurs guides sanitaires chroniques pour les contaminants chimiques de l'eau potable* (INSPQ, 2021)[15]. Pour la recherche de VGS, 10 sources ont été consultées, dont huit d'entre elles avaient déjà été consultées lors de la recherche de VTR. Les organisations considérées sont les suivantes :

- Les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documents techniques de Santé Canada;
- Les *Drinking Water Health Advisories Reports* de la U.S. EPA;
- Les *Public Health Goals for Chemicals in Drinking Water* de l'OEHHA;
- Les *Toxicological Summaries*, en appui aux *Human Health-Based Water Guidance Table* du Minnesota Department of Health (MDH);

[15] *Méthodologie d'élaboration de valeurs guides sanitaires chroniques pour les contaminants chimiques de l'eau potable*. Bourgault, M.-H. et Valcke, M. Institut national de santé publique du Québec. https://www.inspq.qc.ca/publications/2837 (INSPQ, 2021).

- Les avis sur les limites de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et les documents techniques de l'Anses (France);
- Les *Guidelines for Drinking-Water Quality* de l'OMS;
- Les *Toxicological Reviews* du IRIS de la U.S. EPA, et tout autre document sur l'évaluation du risque pour la santé humaine diffusé par cette organisation;
- Les *Minimal Risk Levels* tirés des *Toxicological Profiles* de l'ATSDR;
- Les avis, les documents techniques et les autres publications diffusées par la European Food Safety Authority (EFSA);
- Les *Drinking Water Guidelines* du National Health and Medical Research Council (Australie).

Stratégie de recherche documentaire élargie

Pour le deuxième volet de la recherche documentaire, une recherche de littérature grise a été menée en élaborant un carnet de route détaillé avec l'aide d'une bibliothécaire de l'INSPQ, pour la question de recherche suivante : **quels sont les risques pour la santé humaine associés à la présence d'amiante dans l'eau potable?** Trois concepts clés ont été identifiés, soit : 1) amiante; 2) eau potable; 3) risques sur la santé. Les mots clés ont été utilisés en anglais et en français.

	Concept 1 : contaminant chimique	Concept 2 : eau potable	Concept 3 : risque à la santé
Mots-clés en anglais	Asbestos or asbestos fibers	Potable water or water or drinking water or system water or drinking water pipeline or distributed water	Health effects or health impacts or health risk or risk assessment or adverse health effects or cancer
Mots-clés en français	Amiante	Eau potable ou eau de consommation	

Tel que suggéré dans le carnet de route, quatre stratégies exploratoires ont été utilisées pour cette recherche élargie, soit :

1. La recherche dans le moteur de recherche Google et le moteur personnalisé Ophl@;
2. La recherche dans les sites Web d'organisations pertinentes;
3. La consultation d'une base de données de littérature grise;
4. D'autres stratégies complémentaires comme la consultation d'experts[16] et la consultation de bibliographies.

[16] Recherche auprès d'experts et de collègues dans le domaine pour obtenir des documents non disponibles sur le Web.

Stratégie élargie 1 : recherche experte dans Google

Date	Moteur	Stratégie de recherche	# de résultats consultés	# nouveaux items conservés	Commentaires
	Google-restreindre les résultats	site:gov site:org ext:pdf **date**: Sur la page Google: Outils : Dates précises mm/jj/aaaa			Spécifique par type de site par format
Du 2023-10-23 au 2023-10-24	**Google-en**	Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water "Health AROUND(3) effects|impacts|risk"|cancer	22 (dont 1 déjà sélectionné)	2	
2023-10-25	**Google-fr**	amiante|asbestos eau AROUND(5) potable|consommation	22 (dont deux sélectionnés précédemment)	3	
2023-10-25	**Google-Canada-en**	site:ca Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water "Health AROUND(3) effects|impacts|risk"|cancer	16 (dont 2 sélectionnés précédemment et 3 autres survolés)	2	
2023-10-25	**Google-Canada-fr**	site:ca amiante|asbestos eau AROUND(5) potable|consommation	27 (dont 5 sélectionnés précédemment et 5 autres survolés)	0	
2023-10-26	**Google-gov-en**	site:gov Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water "Health AROUND(3) effects|impacts|risk"|cancer	30 (dont 4 déjà survolés)	6	Sites gouvernementaux (US et CA)
2023-10-30	**Google-gouv.qc.ca**	site:gouv.qc.ca amiante|asbestos "eau potable"	16 dont 1 déjà survolé	1	gouvernement du Québec
2023-10-30	**Google-org-en**	site:org Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water "Health AROUND(3) effects|impacts|risk"|cancer	23 dont 5 déjà survolés	0	Sites d'organisations
2023-10-30	**Google-org-fr**	site:org amiante|asbestos eau AROUND(5) potable|consommation	30 dont 5 déjà survolés	1	
2023-10-31	**Google – pdf seulement + moins de bruit**	ext:pdf Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water "Health AROUND(3) effects|impacts|risk"|cancer	19 dont 11 déjà survolés	3	PDF seulement - anglais
2023-10-31	**Google – pdf seulement + moins de bruit**	ext:pdf amiante|asbestos eau AROUND(5) potable|consommation	11 dont 7 déjà survolés	2	PDF seulement - français
			TOTAL GOOGLE	**20**	

Stratégie élargie 2 : recherche sur les sites Web d'organisations

Date	Nom de l'organisation (URL du site)	Stratégie de recherche ou terme(s) recherché(s)	# résultats consultés	# résultats conservés
		INTERNATIONAL		
2023-10-24	ANSES	site:anses.fr amiante|asbestos eau AROUND(5) potable|consommation	20	3
2023-10-25	WHO.int	site:who.int Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water	23	2
2023-10-25	OMS – Section: water sanitation and health: Asbestos	Portail dédié à l'Asbestos	7	2
	EFSA	Aucun documents	0	0
2023-10-26	**DWI (Drinking Water Inspectorate) UK**	site:dwi.gov.uk asbestos	16	3
2023-10-26	**IWA (International Water Association)**	site:iwa-network.org asbestos	18	2
		QUÉBEC		
2023-10-27 à 2023-10-28	**BAPE (jb)**	site:bape.gouv.qc.ca amiante|asbestos "eau potable"	47	2

Stratégie élargie 2 : recherche sur les sites Web d'organisations (suite)

	CANADA			
2023-10-30	Canada. Health Canada	site:canada.ca/en/health-canada Asbestos "drinking|potable|system AROUND(1) water"|drinking-water	21	1
2023-10-30	OEHHA	site:oehha.ca.gov Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water Final Technical Support Documents for Public Health Goals for 11 Chemicals in Drinking Water (voir les 2 premiers documents de la liste)	9 (don't 2 sélectionnés précédemment)	1
	ÉTATS-UNIS			
2023-10-30	CDC	site:cdc.gov Asbestos "drinking|potable|system AROUND(1) water"|drinking-water	32 (dont 6 sélectionnés précédemment et 5 autres survolés)	1
2023-10-31	ATSDR	site:atsdr.cdc.gov Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water OU https://search.cdc.gov/search/?query=asbestos%20drinking%20water&siteLimit=atsdr.cdc.gov&dpage=1 Chercher dans le champ "Search Results": asbestos "drinking water" Les résultats sont ciblés pour ATSDR	35 (dont 5 sélectionnés précédemment et 7 autres survolés)	0
2023-10-31 à 2023-11-01	EPA	site: epa.gov Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water Aussi sur National Primary Drinking Water Regulations ctrl-F asbestos	33 (dont 2 sélectionnés précédemment et 5 survolés)	1
2023-11-01	MDH	site:health.state.mn.us Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water	20 (dont 2 déjà survolés)	0
2023-11-01	TECEQ	site: tceq.texas.gov Asbestos drinking|potable|system AROUND(1) water|drinking-water	30	0
	Ophl@ : US State Gov	Asbestos "drinking water" Investigation of Cancer Incidence among the Woddstock Asbestos Exposure Regisstry Population. NY. Dept of Health, 2004.	9	1
		GRAND TOTAL TOUTES ORGANISATIONS CONFONDUES		**19**

Pour les deux premières stratégies, soit la recherche documentaire dans le moteur de recherche Google et dans les sites Web d'organisations pertinentes (incluant Ophl@), les évaluateurs devaient initialement consulter les 50 premiers résultats de la recherche. Cependant, selon le jugement professionnel des évaluateurs, la saturation[17] était atteinte avant les 50 premiers résultats.

Stratégie élargie 3 : consultation d'une base de données de littérature grise

En guise de troisième stratégie exploratoire de la recherche documentaire élargie, la base de données Santécom a été consultée. Cette base de données regroupe les publications en santé et en services sociaux du Québec. La consultation de la base de données Santécom n'a donné aucun résultat.

[17] Moment où les résultats de la requête cessent d'apporter de nouveaux éléments pertinents.

Stratégie élargie 4 : consultations d'experts et de bibliographies (stratégies complémentaires)

Enfin, pour compléter la recherche de la littérature grise, nous avons ajouté quelques documents complémentaires récents qui n'avaient pas été repérés dans les précédentes stratégies de recherche, grâce à la consultation d'experts de réseaux professionnels et à leur veille scientifique ainsi qu'à la consultation de bibliographies de certains documents déjà retenus. Voici l'extrait du carnet de route détaillant cette dernière stratégie élargie.

Consultation d'experts

Cette stratégie peut être particulièrement utile si peu de documents ont été trouvés pour répondre à votre question de recherche. Elle peut également permettre de compléter le repérage de littérature grise ou d'obtenir des documents internes non disponibles sur le Web. Son déploiement peut être d'envergure variable, allant d'un courriel personnalisé à un expert du domaine dans votre réseau (universités, ministères, etc.) à un appel à tous sur une liste de diffusion professionnelle. Vous pouvez utiliser le tableau ci-dessous pour consigner vos démarches (personnes consultées, titre et affiliation, nouveaux documents repérés, etc.).

Date	Méthode de prise de contact	Personne ou groupe de personnes contactés	Commentaires/suivi	Nouveaux documents repérés
Nov 2023	Échanges mails avec Caroline Huot du GSE	Sarah Henderson, Nikita Saha Turna (BCCDC), David McVea	1 document non publié sur le Web nous a été transmis; autorisation de citation obtenue en avril 2024	*Literature review of emerging evidence on health effects associated with exposure to asbestos from drinking water* (BCCDC, 2023)
Février 2024	Échanges mails	Marie-Hélène Bourgault	Nous a informé de documents récents de l'USEPA sur l'amiante qui n'avaient pas été recensés lors de l'extraction de littérature grise à l'automne 2023. Aussi, nous a orienté vers la page web documentation dédiée du BAPE amiante	USEPA, 2018 USEPA, 2020 USEPA, 2022 USEPA, 2023 IOM, 2006 BAPE, 2020 (PR 4.6.43)
Avril 2024	Échanges mails	Marie-Hélène Bourgault	Nous a signalé la publication de la 2e partie de l'évaluation du risque Amiante de l'USEPA	USEPA, 2024

Consultation de bibliographies

Vos recherches vous ont amené à trouver quelques documents très pertinents? L'utilisation de ces « perles » pour mettre la main sur d'autres documents en consultant leurs bibliographies (technique dite en « boule de neige »), est une stratégie reconnue pour repérer d'autres documents de littérature grise.

Document consulté	Nouveau(x) document(s) repéré(s)
ANSES, 2017. NOTE d'appui scientifique et technique de l'ANSES relative à l'analyse de deux articles : Di Ciaula (2017) « *Asbestos ingestion and gastrointestinal cancer : a possible underestimated hazard* » Di Ciaula, Gennaro (2016) « *Possible health risks from asbestos in drinking water* »	National Academy of Science, 1983. Drinking Water And Health. National Research Council. 1983. *Drinking Water and Health,: Volume 5*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/326.
USEPA, 1985. Drinking Water Criteria Document for Asbestos. EPA 600/X-84199-1. Environmental Criteria and Assessment Office, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.	USEPA, 1980. U.S. EPA. 1980. Ambient Water Quality Cr1teria Document for Asbestos. Prepared by the Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH for the Office of Water Regulations and Standards, Washington, DC. EPA 440/5-80-022. NTIS PB81-117335.

B. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les stratégies de recherche documentaire ont ciblé l'ingestion de fibres d'amiante, voie d'exposition d'intérêt de la population générale dans le contexte de l'exposition par l'eau potable. Aussi, l'exposition par inhalation découlant de la présence de fibres d'amiante dans l'eau potable (aérosols, déposition et remise en suspension, etc.) a été considérée lorsqu'abordée dans les documents recensés, mais cette voie d'exposition potentielle n'a pas fait l'objet d'une requête spécifique.

Pour la stratégie de recherche ciblée des VTR et des valeurs guides, tous les documents issus des organisations listées dans les documents méthodologiques de référence de l'INSPQ (INSPQ, 2022; 2021) ont été systématiquement inclus, peu importe leur date de publication.

Pour la recherche documentaire élargie, les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour sélectionner les documents pertinents sont décrits ci-dessous.

	INCLUS	EXCLUS
Année de publication	De 2000 à 2024 (mai)	Avant 2000
Langue de publication	Français ou anglais	Langue autre que français ou anglais
Limites géographiques	Amérique du Nord, Europe et OCDE[A]	Hors zone géographique incluse
Voies d'exposition	Voie d'exposition par ingestion	Voie d'exposition par inhalation (directe); Aucune mention d'ingestion lors de l'extraction des informations
Type de littérature	Littérature grise	Littérature scientifique
Type de document de littérature grise	Rapports institutionnels, gouvernementaux et paragouvernementaux, associations professionnelles reconnues	Articles de journaux, blogs, sources non professionnelles, procès-verbaux

[A] OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques.

Notons que les résultats des requêtes ont été parcourus par un seul évaluateur.

C. Extraction des données

La sélection initiale des résultats pertinents sur la base des critères d'inclusion et d'exclusion mentionnés précédemment a permis de retenir un total de 60 documents et pages Web. Plus spécifiquement, 11 résultats provenant de la stratégie de recherche ciblée de VTR et de valeurs guides et 39 résultats provenant de la stratégie de recherche élargie ont été sélectionnés, ainsi que 10 résultats issus des deux stratégies complémentaires (consultations d'experts et de bibliographies).

Tous les résultats retenus à cette étape ont été consignés dans un tableau Excel spécifique pour procéder à l'extraction des informations contenues : l'organisation, l'année de parution, le lien Web, les études scientifiques citées dans les documents (littérature blanche), le type et la taille de fibre d'amiante, l'espèce étudiée, les systèmes cibles des effets sur la santé étudiés et toute autre information pertinente.

Après cette étape d'extraction, un deuxième tri a été effectué par deux évaluateurs parmi tous les résultats retenus dans la sélection initiale. Huit résultats ont été exclus selon les critères d'inclusion et d'exclusion cités précédemment (date, aucune mention d'ingestion, hors OCDE) ou parce que les résultats étaient des sommaires ou des extraits de documents déjà retenus (procès-verbaux, partie de rapport).

Enfin, puisque toutes les stratégies de recherche bibliographique ont été réalisées par différents évaluateurs, quelques résultats ont été recensés plusieurs fois grâce à différentes stratégies, notamment parmi les rapports d'organisations reconnues. Cinq doublons ont été retirés.

Au total, 47 résultats ont été retenus pour l'étape suivante, soit l'appréciation de la qualité des études.

D. Appréciation de la qualité des documents

Afin de tenir compte des différentes qualités de source de littérature grise recensées, ces 47 résultats retenus ont d'abord été classés selon la classification des organisations compétentes suggérées dans le document *Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus* (INSPQ, 2022).

Pour les documents provenant des sources dites primaires[18] et secondaires[19] (n = 26), aucune évaluation de la qualité n'a été effectuée, considérant la confiance accordée à ces organisations nationales et internationales (méthodologie reproductible d'élaboration des VTR, processus de révision par les pairs ou comité d'experts). Aucun résultat n'a été classifié dans la catégorie de sources dites tertiaires[20].

Pour tous les autres résultats de sources non considérées dans les documents méthodologiques de référence, ils ont fait l'objet d'une évaluation de leur qualité à l'aide de l'outil AACODS adapté par l'Institut national d'excellence en santé et services sociaux (INESSS), destiné à la littérature grise (grille et critères présentés dans les pages suivantes). Au total, 21 documents ou sites Web ont fait l'objet de l'évaluation de la qualité à l'aide de cette grille.

[18] Source primaire : organisations sanitaires de référence, internationales ou nationales, ayant détaillé une méthodologie reproductible d'élaboration des VTR, dont les documents d'élaboration de ces VTR sont soumis à un processus de révision par les pairs ou par un comité d'experts.

[19] Source secondaire : organisations disposant également d'une méthodologie d'élaboration des VTR, mais dont la description n'est pas nécessairement aussi exhaustive et pour lesquelles les documents d'élaboration des VTR peuvent ne pas avoir fait l'objet d'une révision par les pairs. Ce sont des organisations nationales ou régionales.

[20] Source tertiaire : organisations dont la méthodologie à la base du processus de détermination des VTR est souvent moins bien explicitée que pour les sources secondaires. De plus, pour plusieurs d'entre elles, il s'agit de documents pour lesquels il n'y a pas de processus clair de mise à jour.

AACODS		OUI	NON	?
Compétence	Déterminer qui est responsable du contenu intellectuel. **Un seul auteur**			
	• Associé à une organisation réputée?			
	• Détenant des compétences professionnelles ou une expérience considérable?			
	• Ayant produit ou publié d'autres travaux (littérature grise / noire) dans le domaine?			
	• Étant un expert reconnu, nommé dans d'autres sources?			
	• Étant cité par d'autres (utiliser Google Scholar pour une vérification rapide)?			
	• Étant étudiant à un cycle supérieur, sous la supervision d'« experts »?			
	Une organisation ou un groupe			
	• L'organisation est-elle réputée (p. ex., l'Organisation mondiale de la Santé)?			
	• L'organisation est-elle une autorité dans le domaine?			
	Dans tous les cas :			
	• Le document présente-t-il une liste de références détaillée ou une bibliographie?			
	Commentaires			
Exactitude	• L'objectif ou le résumé du document est-il clairement énoncé?			
	• Le cas échéant, le document répond-il à l'objectif ou le résumé correspond-il au contenu du document?			
	• La méthodologie est-elle précisée?			
	• Le cas échéant, est-elle respectée?			
	• Le document a-t-il fait l'objet d'une revue par les pairs?			
	• A-t-il été édité par une autorité réputée?			
	• A-t-il été soutenu par des références documentées et faisant autorité ou des sources fiables?			
	• Est-il représentatif des travaux dans le domaine?			
	• Si ce n'est pas le cas, le document constitue-t-il une contrepartie valide?			
	• Toutes les collectes de données sont-elles explicites et répondent-elles aux besoins de la recherche?			
	• Si le document est de source secondaire (p. ex., orientation en matière de politiques d'un rapport technique), se reporter à l'original.			
	• L'interprétation ou l'analyse est-elle exacte et objective?			
	Commentaires			

AACODS		OUI	NON	?
Étendue	Tous les documents ont des paramètres qui définissent l'étendue de leur contenu. Ces limites pourraient signifier qu'un travail fait référence à un groupe populationnel en particulier ou qu'il exclut certains types de publications. Un rapport peut être conçu pour répondre à une question précise ou s'appuyer sur des statistiques issues d'une étude particulière. • Les limites sont-elles clairement énoncées?			
Objectivité	Il est important de déceler les biais, en particulier s'ils ne sont pas énoncés ou reconnus. • Une opinion, qu'elle vienne d'un expert ou non, demeure une opinion : la perspective de l'auteur est-elle claire?			
	• La présentation du travail semble-t-elle équilibrée?			
	Commentaires			
Date	Pour que l'étude éclaire votre recherche, elle doit être datée afin de confirmer sa pertinence. • Le document indique-t-il précisément une date relativement à son contenu? L'absence de date (qui devrait pouvoir être trouvée facilement) est fortement préoccupante.			
	• Si le document n'est pas daté mais que sa date peut être vérifiée avec précision, existe-il une raison valide qui justifie l'absence de date?			
	• Vérification de la bibliographie : des références contemporaines clés ont-elles été incluses?			
	Commentaires			
Portée	C'est une évaluation de la valeur du document, dans le domaine de recherche pertinent. • Le document est-il significatif (ce qui comprend la faisabilité, l'utilité et la pertinence)?			
	• Met-il la recherche en contexte?			
	• Enrichit-il la recherche ou y ajoute-t-il quelque chose d'unique?			
	• Renforce-t-il ou réfute-t-il une position actuelle?			
	• Le domaine de recherche serait-il moins riche sans ce document?			
	• Est-il intégral, représentatif, caractéristique?			
	• A-t-il une incidence (dans le sens d'influence sur le travail ou le comportement d'autrui)?			
	Commentaires			

Grille initiale adaptée par l'INESSS :
https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/DocuMetho/AACODS_checklist_VF2016.pdf.

Utilisation de la grille AACODS : critères d'exclusion et d'évaluation selon les domaines de la grille

- **Compétence (*Authority*) : deux critères d'exclusion systématique possibles**
  - Si *pas d'auteur/organisation identifiable* : exclusion;
  - Si *pas de références* : exclusion.

    Autrement, évaluation selon score accord/désaccord double évaluation.
- **Exactitude (*Accuracy*) : une exclusion systématique possible**
  - Si *non* ou *?* à l'ensemble des questions : exclusion.

    Autrement, évaluation selon score accord/désaccord double évaluation.
- **Étendue (*Coverage*) : pas d'exclusion systématique**
  - Pas d'exclusion systématique, même si *non* ou *?*

    Sera évaluée en lien avec les autres domaines + score accord/désaccord.
- **Objectivité (*Objectivity*): une exclusion systématique possible**
  - Si *non* aux deux questions : exclusion.

    Sera évaluée en lien avec les autres domaines + score accord/désaccord.
- **Date (*Date*): une exclusion systématique possible**
  - Si *non* pour les deux premières questions : exclusion.

    Si *références pas trop contemporaines* : à conserver tout de même, vu la biblio amiante.
- **Portée (*Significance*) : pas d'exclusion systématique**
  - Pas d'exclusion systématique, même si beaucoup de *non* ou de *?*

    Sera évaluée en lien avec les autres domaines + score accord/désaccord.

Deux évaluateurs ont analysé les 21 résultats chacun de leur côté pour ensuite comparer leurs évaluations et statuer sur la qualité de chaque document à l'aide de critères préalablement définis. Si les résultats étaient considérés de qualité suffisante par les évaluateurs, ceux-ci ont pu être inclus comme références citées dans le présent rapport. Si la qualité était jugée insuffisante par les deux évaluateurs, ce résultat était exclu de la sélection bibliographique finale. Enfin, si les deux évaluateurs étaient en désaccord, une tierce personne a réalisé une évaluation des documents afin de trancher sur l'inclusion ou non de la référence en question.

Pour les 21 résultats évalués avec l'outil AACODS, seuls huit ont été conservés dans la sélection finale. Treize résultats ont été exclus, notamment en l'absence de bibliographie ou de références, de date ou d'antériorité à 2000, si le contenu était jugé non objectif ou inexact (domaine spécifique de la grille).

Au total, 34 résultats ont été retenus dans la sélection finale de la liste des références.

Toutefois, certains résultats retenus dans la sélection finale et consultés pour la rédaction n'ont pas été cités directement dans le rapport, pour diverses raisons. Le tableau A1-1 présente ces références (huit) et les raisons pour lesquelles elles n'ont pas été citées.

Tableau A1-1 Liste des résultats retenus dans la sélection finale et consultés, mais non cités

Année	Référence	Type de stratégie documentaire	Raisons / Sommaire du contenu
1996	NHRMC	Ciblée VTR VGS	Consulté pour stratégie VTR VGS norme, mais non citée car absence de VTR ou VGS.
1978	OMS JECFA	Ciblée VTR VGS	Consulté pour stratégie VTR VGS norme, mais non citée car absence de VTR ou VGS.
2021	CERIU	Élargie Google et Organisation	Infos pertinentes tirées du rapport du BAPE (2020) et de l'Anses (2017), soit des références déjà incluses et citées.
2014	Massachusetts Department of Public Health	Élargie Google et Organisation	Étude sur tuyaux en ciment-amiante-vinyle avec concentrations de PCE mesurées. Analyse des cas de cancers surtout en lien avec PCE. Peu de données sur amiante dans l'eau.
2003	OMS	Élargie Google et Organisation	Version consultée, mais document plus récent de la même organisation disponible et cité préférentiellement.
2013	Pennsylvania Department of Health	Élargie Google et Organisation	Rapport rédigé en collaboration avec l'ATSDR sur une contamination eau souterraine (*BoRit Asbestos Site*). Évaluation du risque à la population spécifique. Les informations pertinentes pour le rapport sont tirées du *Toxicological Profile* de l'ATSDR (2001).
2016	Washington State Department of Health	Élargie Google et Organisation	Rapport rédigé en collaboration avec l'ATSDR sur une contamination eau souterraine à l'amiante et métaux (Swift Creek). Évaluation du risque à la population spécifique. Les informations pertinentes pour le rapport sont tirées du *Toxicological Profile* de l'ATSDR (2001).
2023	U.S. EPA	Stratégie complémentaire	Rapport en révision publique avec interdiction de citation (*do not cite or quote*).

E. Relance de la recherche documentaire

Afin de vérifier si de nouveaux documents ont été publiés entre la première recherche documentaire menée en octobre 2023 et la fin de la rédaction préliminaire du rapport (mai 2024), les recherches élaborées dans le carnet de route ont été relancées. Ainsi, le 23 mai 2024, les requêtes Google, les requêtes par sites Web d'organisations et moteur de recherche personnalisé (Ophl@) ont été relancées. Les mêmes critères d'inclusion et d'exclusion ont été appliqués lors d'un premier tri. Les résultats potentiellement pertinents identifiés ont fait l'objet d'un deuxième tri selon les critères d'exclusion de la grille AACODS pour juger de leur qualité (p. ex. date, références, biais d'objectivité).

Un seul évaluateur a effectué cette relance de recherche documentaire.

Selon ces critères, aucun nouveau document de qualité suffisante n'a été identifié.

Nº de publication : 3620

Centre d'expertise et
de référence en santé publique

www.inspq.qc.ca

Institut national
de santé publique
Québec