



HAL
open science

Mercure et santé, quel est aujourd'hui l'impact des amalgames dentaires ?

Boris Jeanneret

► **To cite this version:**

Boris Jeanneret. Mercure et santé, quel est aujourd'hui l'impact des amalgames dentaires ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. hal-03806085

HAL Id: hal-03806085

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03806085>

Submitted on 7 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

ACADÉMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ D'ODONTOLOGIE DE LORRAINE
Année 2021 N° 11719

THÈSE
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 11 juin 2021

par

Boris JEANNERET

Né le 02/02/1991 à Thionville (Moselle)

**Mercure et santé, quel est aujourd'hui l'impact des amalgames
dentaires ?**

Composition du jury :

Président : Pr Marc ENGELS-DEUTSCH

Membres : Dr Christophe AMORY
Dr Kazutoyo YASUKAWA
Dr Thomas VEYNACHTER

Directeur de thèse : Pr Marc ENGELS-DEUTSCH

« Par délibération en date du 11 décembre 1972, la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation »

Président : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen : Professeur Jean-Marc MARTRETTE

Vice-Doyens : Dr Céline CLEMENT – Dr Rémy BALTHAZARD – Dr Anne-Sophie VAILLANT

Membres Honoraires : Dr L. BABEL – Pr. S. DURIVAUX – Pr A. FONTAINE – Pr G. JACQUART – Pr D. ROZENCWEIG - Pr ARTIS

Doyens Honoraires : Pr J. VADOT, Pr J.P. LOUIS

Département odontologie pédiatrique Sous-section 56-01	Mme	<u>JAGER Stéphanie</u>	Maître de conférences *
	M.	PREVOST Jacques	Maître de conférences
	Mme	HERNANDEZ Magali	Maître de conférences *
	M.	HAINOT Raphaël	Assistant
	Mme	HILT Léa	Assistante
Département orthopédie dento-faciale Sous-section 56-01	Mme	HOMBOURGER Morgane	Assistante
	M.	<u>VANDE VANNET Bart</u>	Professeur des universités *
	Mme	SENG Marilyne	Assistante *
	Mme	TRAN Maï-Linh	Assistante
	Mme	<u>CLÉMENT Céline</u>	Maître de conférences *
Département prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale Sous-section 56-02	M.	BAUDET Alexandre	Enseignant univ. – praticien attaché*
	Mme	CAIONE Mariette	Assistante
	M.	<u>AMBROSINI Pascal</u>	Professeur des universités *
Département parodontologie Sous-section 57-01	Mme	BISSON Catherine	Maître de conférences *
	M.	JOSEPH David	Maître de conférences *
	M.	LACH Patrick	Assistant
	Mme	ROCCHI Léa	Assistante
	M.	VEYNACHTER Thomas	Assistant *
	Mme	<u>GUILLET-THIBAUT Julie</u>	Maître de conférences *
Département chirurgie orale Sous-section 57-01	M.	BRAVETTI Pierre	Maître de conférences
	Mme	KICHENBRAND Charlene	Maître de conférences *
	Mme	PHULPIN Bérengère	Maître de conférences *
	M.	CLERC Sébastien	Assistant*
	Mme	DE VERBIZIER Charlotte	Assistante
	Mme	PEREIRA Laure	Assistante
Département biologie orale Sous-section 57-01	M.	<u>YASUKAWA Kazutoyo</u>	Maître de conférences *
	M.	MARTRETTE Jean-Marc	Professeur des universités *
	Mme	EGLOFF-JURAS Claire	Maître de conférences *
	M.	LOISON-ROBERT Ludwig	Maître de conférences *
Département dentisterie restauratrice, endodontie Sous-section 58-01	M.	<u>MORTIER Éric</u>	Professeur des universités *
	M.	ENGELS-DEUTSCH Marc	Professeur des universités *
	M.	AMORY Christophe	Maître de conférences
	M.	BALTHAZARD Rémy	Maître de conférences *
	M.	VINCENT Marin	Maître de conférences*
	Mme	DAVRIL Jeanne	Assistante *
	M.	GISS Renaud	Assistant *
	M.	GRABER Clément	Assistant
Département prothèses Sous-section 58-01	M.	<u>DE MARCH Pascal</u>	Maître de conférences
	Mme	CORNE Pascale	Maître de conférences *
	M.	SCHOUVER Jacques	Maître de conférences
	Mme	VAILLANT Anne-Sophie	Maître de conférences *
	M.	CIESLAK Steve	Assistant
	Mme	GERBER Caroline	Assistante *
	Mme	PRINTZ Elodie	Assistante
	M.	SYDA Paul-Marie	Assistant
	Mme	WILK Sabine	Assistante
	M.	HIRTZ Pierre	Enseignant universitaire
Département fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux Sous-section 58-01	Mme	<u>STRAZIELLE Catherine</u>	Professeur des universités *
	Mme	MOBY (STUTZMANN) Vanessa	Maître de conférences *
	M.	SALOMON Jean-Pierre	Maître de conférences
	Mme	JANTZEN-OSSOLA Caroline	Assistante associée

Souligné : responsable de département

* temps plein

Mis à jour le 25 mars 2021

À NOTRE PRÉSIDENT ET DIRECTEUR DE THÈSE

Monsieur le Professeur Marc ENGELS-DEUTSCH

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'université Louis Pasteur de Strasbourg en sciences odontologiques

Habilité à diriger des recherches

Professeur des Universités – Praticien hospitalier

Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté de présider et diriger notre thèse. Nous vous remercions très sincèrement de nous avoir proposé de travailler sur ce sujet.

Votre écoute, vos conseils, votre dynamisme et votre gentillesse nous ont accompagné durant toutes ces années et nous ont permis de défricher, de semer, puis de récolter les fruits de notre travail. Vos enseignements nous aident déjà au quotidien et nul doute qu'ils demeureront durant l'intégralité de notre vie professionnelle.

La confiance et l'attention dont vous avez fait preuve nous ont beaucoup marqués.

Puissiez-vous trouver ici le témoignage de notre profond respect et de notre plus haute admiration.

À NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Christophe AMORY

Docteur en Chirurgie Dentaire

Maître de Conférences – Praticien hospitalier

Vous nous faites l'honneur de juger notre travail en prenant part au jury de notre thèse.

Nous vous remercions pour toutes les connaissances scientifiques et les techniques que vous nous avez enseignées tout au long de notre cursus. Merci pour vos conseils et votre gentillesse en clinique.

Veillez trouver en ce travail l'expression de notre gratitude et de notre profond respect.

À NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Kazutoyo YASUKAWA

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université Paris DESCARTES mention Sciences de la Vie et de la Santé

Spécialiste qualifié en médecine bucco-dentaire

Maître de conférences – Praticien hospitalier

Responsable du département de Biologie Orale

Nous vous remercions profondément d'avoir accepté de juger notre thèse.

Nous vous sommes reconnaissant pour votre écoute et vos conseils tout au long de notre parcours universitaire. En nous démontrant vos différentes techniques tout en passant du temps avec nous, vous nous avez permis d'acquérir de la confiance et de la sollicitude dans l'exercice de ce magnifique métier.

Que ce travail soit pour vous l'expression de notre plus grande estime.

À NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur Thomas VEYNACHTER

Docteur en Chirurgie Dentaire

Assistant Hospitalo-Universitaire

*Nous vous sommes très reconnaissant d'avoir
accepté de juger notre travail.*

*Nous vous remercions pour vos nombreux conseils
techniques en travaux pratiques d'endodontie. Vous
nous avez donné envie d'aider et de continuer
l'aventure l'année suivante. Nous vous souhaitons
pleins de courage pour le parcours universitaire que
vous suivez.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de
notre considération et de notre reconnaissance.*

Sommaire

Index des figures	11
Index des tableaux	12
Introduction	13
1 Effets du mercure sur la santé	15
1.1 Généralités	15
1.1.1 Rappels sur le mercure	15
1.1.2 Les formes de mercure	15
1.1.3 Les différentes sources du mercure	16
1.2 Toxicité du mercure	18
1.2.1 D'où vient la toxicité du mercure ?	18
1.2.2 Une toxicité sous plusieurs formes	19
1.3 Toxicocinétique	20
1.3.1 Mercure organique.....	20
1.3.2 Mercure métallique et inorganique.....	21
1.4 Différentes sources d'intoxication	23
1.4.1 Intoxication accidentelle	23
1.4.2 Intoxication alimentaire	25
1.5 Symptômes et réactions pathologiques.....	28
1.5.1 Atteintes cutanées	28
1.5.2 Effets toxicologiques systémiques du mercure	28
1.5.3 Effets cardiovasculaires et pulmonaires.....	29
1.5.4 Système immunitaire	30
1.5.5 Système nerveux	30
1.5.6 Système reproducteur.....	30
1.5.7 Fœtotoxicité	31
1.5.8 Atteinte rénale.....	31

1.5.9	Diabète de type 2.....	32
1.5.10	Lien avec certaines maladies.....	32
1.6	Détection et traitements d'une intoxication au mercure	34
1.6.1	La détection d'une intoxication mercurielle	34
1.6.2	Traitement d'une intoxication aiguë	35
1.6.3	Traitement d'une intoxication chronique	37
2	L'impact des amalgames.....	38
2.1	Rappels sur les caractéristiques.....	38
2.1.1	Composition	38
2.1.2	Indications d'utilisation de l'amalgame.....	39
2.1.3	Réalisation d'un amalgame dentaire.....	40
2.2	Les rejets mercuriels liés aux amalgames.....	42
2.2.1	Les rejets mercuriels.....	42
2.2.2	Que deviennent les rejets mercuriels ?.....	43
2.3	Effets des amalgames dentaires chez le patient	45
2.3.1	Les effets dans la cavité buccale	45
2.3.2	Les effets sur l'organisme humain	52
2.3.3	Autres conséquences sur la santé	55
2.3.4	Les personnes à risque.....	56
2.3.5	L'exposition en milieu professionnel	60
2.4	Intérêts de l'amalgame par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire	66
2.4.1	Les alternatives à l'amalgame et leur toxicité	66
2.4.2	Conclusion sur les matériaux alternatifs aux amalgames dentaires.....	70
3	Evolution des obligations réglementaires	72
3.1	Positions et recommandations des différentes instances	72
3.1.1	Internationales	72

3.1.2	En Amérique du nord	75
3.1.3	En Europe	77
3.2	Les recommandations aux patients	81
3.2.1	Les femmes enceintes et allaitantes	81
3.2.2	Les enfants	82
3.3	Les recommandations aux praticiens	84
3.3.1	Le champ opératoire (digue dentaire)	84
3.3.2	L'aspiration.....	85
3.3.3	Le spray d'eau	86
3.3.4	Le type de fraise	86
3.3.5	La protection du personnel soignant.....	86
3.3.6	Les purificateurs d'airs	87
3.3.7	Récapitulatifs des conseils aux praticiens lors de la dépose d'un amalgame	88
Conclusion		89
Bibliographie.....		92
Table des matières		109

Index des figures

Figure 1 : Passage de la forme inorganique à la forme organique.	16
Figure 2 : Concentration en mercure total mesuré dans un environnement propre. Moyennes mondiales (Craig et al., 1986) (32).....	17
Figure 3 : Dosage du mercure avec un Oligoscan® et résultat en direct (141).	35
Figure 4 : Traitement au laser diode d'un tatouage de la gencive, d'après Gojkov- Vukelic (2011).....	46
Figure 5 : Lichen plan bilatéral des muqueuses jugales par B. Delisle, 2014 (36).....	49
Figure 6 : Lésion lichénoïde due à un amalgame par B. Delisle, 2014 (36).	50
Figure 7 : Pose d'un champ opératoire avec coin de bois pour la dépose d'un amalgame (par l'association dentaire australienne).	84
Figure 8 : Masque de protection au charbon actif de la marque 3M®.	87

Index des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de la toxicocinétique des différentes formes de mercure chez l'homme.....	22
Tableau 2 : Composition approximative des alliages pour les amalgames dentaires, d'après Sakagushi en 2012 (95).....	39
Tableau 3 : Différences cliniques, histologiques et traitements des lésions lichénoïdes et du lichen plan buccal, d'après Do Prado et Al., 2009.	51
Tableau 4 : Recommandations concernant les soins prophylactiques chez la femme enceinte d'après Dalstein et al., 2015.....	82

Introduction

L'homme utilise les métaux lourds depuis des centaines d'années en particulier pour la combustion du charbon, du pétrole et des déchets. Ces métaux ne posent pas seulement un problème de pollution de l'air, ils sont aussi biopersistants, perturbent les écosystèmes, détériorent les sols, les eaux de surface, les forêts, les cultures et s'accumulent dans la chaîne alimentaire. Le mercure fait l'objet d'une attention particulière car il est très toxique pour le système nerveux et a une durée de vie très longue. Il est encore utilisé aujourd'hui dans la recherche et l'exploitation artisanale de l'or. Cette technique, connue sous le nom d'orpaillage, est particulièrement dangereuse et à un impact sanitaire sur les populations vivant à proximité des rivières aurifères. Le mercure est aussi émis par de nombreuses usines de production d'électricité qui utilisent la combustion du charbon pour fonctionner. De nombreux produits utilisés au quotidien contiennent du mercure et une exposition accidentelle n'est pas rare. Il arrive que des populations soient exposés à de faibles quantités en manipulant du mercure, en l'utilisant dans le cadre professionnel ou lors de la consommation d'aliments contaminés. C'est une contamination dite chronique car elle s'étale sur le temps et les effets ne sont pas immédiats. En revanche, à la suite d'un accident domestique, d'une catastrophe industrielle ou lorsqu'une population se nourrit exclusivement de poissons contaminés, on parle de contamination aiguë. Les doses qui pénètrent dans l'organisme sont très élevées et les effets délétères sont immédiats. Tous les êtres humains sont donc susceptibles d'être exposés au mercure à des degrés variables.

Le mercure était autrefois utilisé par des appareils de mesure comme les thermomètres et les baromètres. De nos jours, il est utilisé pour la fabrication des produits de beauté, en tant que conservateurs pour les vaccins et dans certains produits pharmaceutiques. Il est largement utilisé par les chirurgiens-dentistes pour la réalisation des amalgames dentaires depuis de nombreuses années. Il est décrié par les pays scandinaves qui ont très vite stoppé son utilisation et ont mis l'accent sur la prévention de la carie. Il est encore extrêmement utilisé dans de nombreux pays en voie de développement. Les praticiens et leurs assistants sont directement exposés au mercure. On constate cependant que la nouvelle génération de chirurgiens-dentistes a moins recours à l'amalgame d'argent que leurs prédécesseurs. Ce n'est plus lors de la pose, mais lors de la dépose des obturations à l'amalgame qu'à lieu

l'exposition au mercure. C'est une pratique courante et le remplacement se fait par des restaurations collées directes ou indirectes en résines composites, en céramique ou par des couronnes.

Aujourd'hui, plusieurs questions restent encore en suspens. Quels sont les conséquences de la contamination au mercure sur la santé ? L'amalgame dentaire est-il vraiment un matériau à bannir en chirurgie-dentaire ? Pour y répondre, nous analyserons dans un premier temps les effets du mercure sur l'environnement et sur la santé. Nous préciserons ensuite les risques de l'exposition au mercure du patient et des professionnels en odontologie. Enfin, nous ferons un point sur les principales réglementations, recommandations et moyens de prévention afin de limiter la pollution mercurielle issue des amalgames dentaires.

1 Effets du mercure sur la santé

1.1 Généralités

1.1.1 Rappels sur le mercure

Le mercure est un métal blanc argenté, brillant, dense et mobile. Il a comme numéro atomique le 80 et symbole Hg. A ce jour, il est le seul métal liquide à température ambiante. En l'agitant, il peut se diviser en petites gouttelettes. Il durcit à $-38,9\text{ °C}$ et sa température d'ébullition est située à 356 °C (135).

C'est un métal « lourd ». Il possède une masse atomique de 200 dans la classification de Mendeleiev. Il a une masse volumique importante. A titre d'exemple 1 litre de mercure pèse 13,6 kg (137). Il n'est pas combustible. Insoluble dans l'eau, il peut former des amalgames avec de nombreux métaux. Le mercure n'a pas de fonction particulière dans l'organisme humain.

C'est un puissant neurotoxique et reprotoxique sous sa forme organométallique (méthylmercure), de sel (cinabre) et sous sa forme liquide. L'intoxication au mercure est appelée hydrargisme. En raison de la disponibilité abondante de divers produits chimiques, le taux d'intoxication a beaucoup augmenté ces dernières années (89).

1.1.2 Les formes de mercure

Les effets de ce métal se différencient en fonction de sa forme. Il existe deux grandes formes : le mercure organique (méthylmercure et diméthylmercure) et le mercure inorganique (ou métallique). Le mercure inorganique est présent sous forme de vapeur, sous forme liquide ou sous forme ionique. Chez l'homme, il est toxique quelle que soit sa forme. Une toxicité qui vient de sa très grande volatilité (il est facilement respirable) et de sa solubilité dans les graisses (il peut circuler aisément dans le corps) (137).

Le mercure possède la capacité de se modifier facilement. Des échanges permanents se produisent entre toutes ses formes. On retrouve deux grandes transformations :

- L'oxydation, qui est le passage du mercure métallique aux ions mercuriques. Après son inhalation sous la forme de vapeurs, le mercure se transforme en ions mercuriques par l'action de la catalase présente dans les globules rouges.

Cette transformation lui permet d'acquies la capacité à circuler librement dans le sang et à rejoindre des parties du corps assez éloigné de sa zone d'entrée.

- La méthylation, qui est le passage des ions mercuriques au mercure organique. Cette transformation se produit surtout dans les intestins en fonction de l'acidité et de la présence de soufre. Le méthylmercure et le diméthylmercure sont les composés de mercure organique les plus représentés.

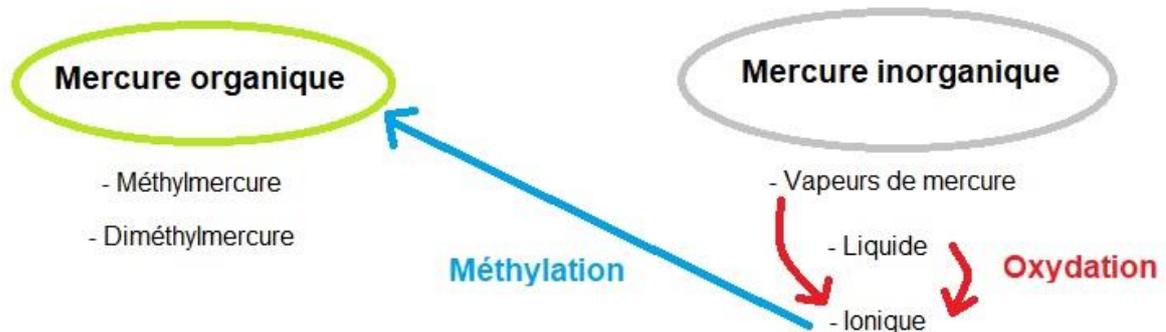


Figure 1 : Passage de la forme inorganique à la forme organique.

1.1.3 Les différentes sources du mercure

Le mercure est un élément chimique qui constitue la croûte terrestre. Il est rare dans le milieu naturel. Il se trouve principalement sous forme de traces dans les roches et les sols. Le mercure est extrait du cinabre sous la forme de sulfure de mercure (137).

Les gisements naturels deviennent accessibles et contaminants à plusieurs occasions :

- L'érosion et l'altération des roches et des sols (sous l'effet de différents facteurs tels que la lumière, la température ou encore les précipitations) favorisent la libération du mercure. Les plantes en rejettent lors de leur décomposition.
- Les prélèvements d'eau : en puisant dans de profondes nappes phréatiques, il est possible de tomber sur une eau contaminée par une roche très chargée en métaux lourds. Par ailleurs, les océans représentent une réserve de mercure et sont responsables d'une émission annuelle d'environ 800 à 1000 tonnes de mercure dans l'atmosphère.

- Les exploitations minières (mercure, or, argent, cuivre) en contiennent des quantités non négligeables.
- Les éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines contribuent aussi aux rejets naturels. On estime que les volcans sont responsables d'une émission annuelle d'environ 1000 tonnes de mercure dans l'atmosphère.

Le mercure est largement utilisé dans des domaines très variés : instruments de mesures tel que les thermomètres, dans l'électronique, les lampes. Il est aussi utilisé en tant que produit de semences, peintures, fongicides, médicaments ou encore produits cosmétiques et enfin en tant qu'amalgame dentaire.

En raison des combustibles utilisés, d'importantes quantités de mercure s'échappent des centrales thermiques alimentées au charbon, des incinérateurs de déchets, des fonderies et des aciéries. Les débroussaillages par le feu et les incendies de forêts en sont aussi une source. Une fois dans l'air, il peut se transporter sur des centaines de kilomètres et se déposer sur les sols, la végétation ou encore dans les lacs. C'est aussi une substance facilement bioaccumulable dans la chair des poissons et mammifères marins. (32)

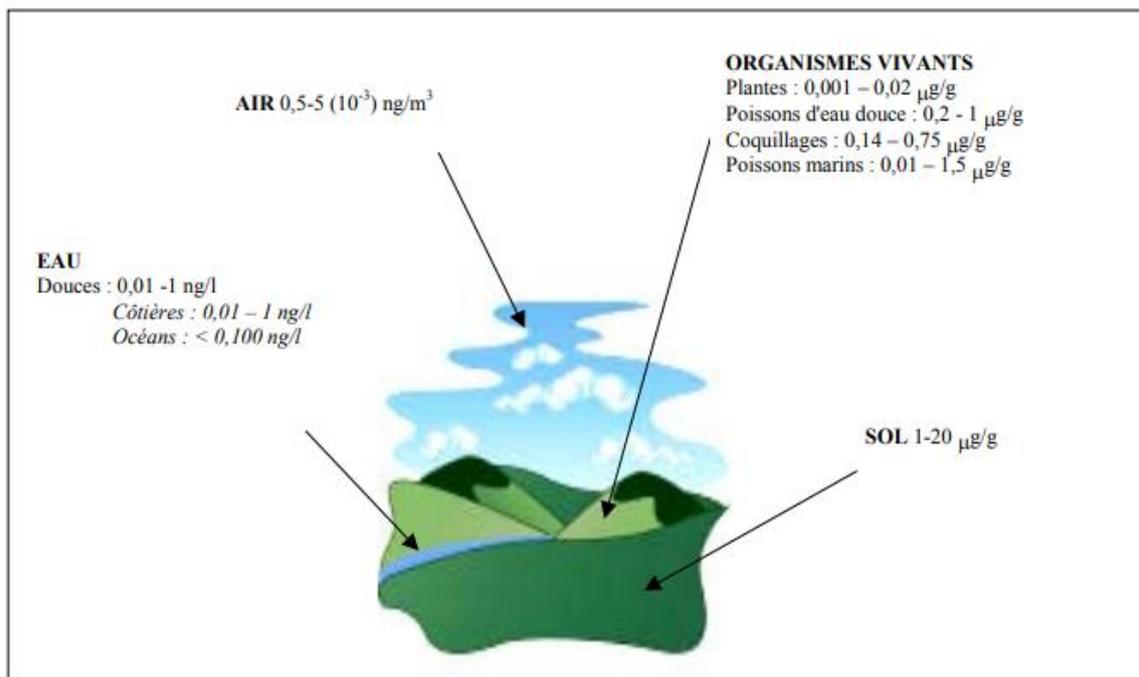


Figure 2 : Concentration en mercure total mesuré dans un environnement propre. Moyennes mondiales (Craig et al., 1986) (32).

1.2 Toxicité du mercure

Le mercure est un polluant qui constitue une menace mondiale. Il a été répertorié comme l'un des « dix principaux produits chimiques préoccupants » selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2017.

La principale source anthropique de mercure dans l'environnement provient de la combustion dans les centrales thermiques. Après s'être échappé sous la forme de vapeurs, il retombe sur les sols où il est absorbé par les racines des plantes. Avec la bioaccumulation dans le système végétal, le mercure entre dans la chaîne alimentaire ce qui entraîne des risques potentiels pour la santé et l'environnement (30).

1.2.1 D'où vient la toxicité du mercure ?

Le mercure est un métal très réactif qui peut se lier dans l'organisme aux molécules constituant la cellule vivante en modifiant leur structure ou en inhibant leurs propriétés biologiques (90).

L'action toxique du mercure modifie et perturbe les fonctions intra et extra-cellulaires de nombreuses protéines et enzymes. Par exemple, l'inhibition de la synthèse de certaines protéines perturbe la réplication de l'ADN. On observe aussi une altération de la formation des microtubules des cellules du système nerveux et un développement des lésions tubulaires rénales avec altération de la membrane cellulaire (90). Utilisé sur les animaux, le mercure conduit à l'apoptose, induit des aberrations chromosomiques ou favorise des cancers.

Les vapeurs de mercure induisent la synthèse de métallothionéine dans les reins, ce qui favorise l'accumulation du mercure sous forme ionisée. Ces protéines jouent un rôle majeur en contrôlant certains effets toxiques des métaux lourds. Ici la métallothionéine joue un rôle protecteur en séquestrant le mercure tout en favorisant sa rétention tissulaire.

Les cellules cibles du méthylmercure sont les neurones et les astrocytes (72). Le méthylmercure augmente la concentration extracellulaire de glutamate en empêchant sa captation et sa dégradation. Cela entraîne une action toxique directe sur les neurones et engendrer une interruption précoce de la gestation ou un retard de croissance fœtal intra-utérin (100).

1.2.2 Une toxicité sous plusieurs formes

La toxicité du mercure est variable selon ses formes chimiques (137).

- Le mercure métallique élémentaire :
 - Sous forme liquide (noté Hg^0)

Cette forme est peu toxique car très peu absorbé par voie orale. Si l'ingestion a lieu, il quitte le corps en quasi-totalité (plus de 99%) par les voies naturelles (selles, urines).

- Le mercure métallique sous forme de vapeurs

En chauffant le mercure se transforme en vapeurs. Il peut être inhalé et se diriger dans les poumons et le sang. Le mercure est alors transporté dans différentes parties du corps, en particulier dans le cerveau. Dans la cavité buccale, les vapeurs sont solubilisées dans la salive et absorbées par l'estomac.

- Le mercure sous forme ionique (Hg^{2+})

C'est ce qu'on appelle les atomes de mercure. Il pénètre par voie orale ou cutanée et se concentre surtout dans le foie et les reins.

- Le mercure organique

Il se décompose en deux groupes : le monométhylmercure (CH_3Hg^+) et le diméthylmercure ($(CH_3)_2Hg$) (8).

Ce contaminant est souvent issu de la pollution atmosphérique. Le mercure élémentaire atmosphérique (Hg^{2+}) se dépose dans l'eau, où il est converti par des micro-organismes en mercure organique, qui est ingéré par des créatures plus petites (plancton) qui sont finalement consommées par des plus gros poissons. Les poissons au sommet de la chaîne alimentaire comme par exemple le thon et le requin, peuvent concentrer une quantité considérable de mercure dans leurs tissus. Cette forme est très toxique.

1.3 Toxicocinétique

Le devenir du mercure chez l'homme diffère en fonction de sa forme : organique ou inorganique (métallique). Le méthylmercure est la forme la plus courante de mercure organique dans l'environnement et l'alimentation.

1.3.1 Mercure organique

1.3.1.1 Absorption

Le mercure organique et ses composés minéraux sont principalement absorbés par les voies pulmonaire, cutanée et digestive (119). En milieu professionnel, l'absorption pulmonaire est la plus courante. Après ingestion, le méthylmercure est absorbé par le tube digestif à 80 ou 90%. Dans la population générale, l'exposition au mercure organique est principalement digestive par l'ingestion d'aliments contaminés comme les poissons (11).

1.3.1.2 Transport et distribution

Dans la circulation sanguine, le mercure organique a une grande affinité pour les globules rouges dans lesquels il s'accumule à une concentration environ 10 fois supérieure à celle du plasma (119). Le méthylmercure passe facilement la barrière hémato-encéphalique. Une fois dans le cerveau, il est beaucoup moins échangeable que dans les autres organes et se retrouve souvent prisonnier. La concentration dans le cerveau serait environ 6 fois plus élevée que dans celle du sang total (119). En cas d'ingestion, il est rapidement transformé en une forme inorganique par la flore bactérienne intestinale.

1.3.1.3 Excrétion

La majeure partie du méthylmercure est éliminée sous forme déméthylée dans les matières fécales. Il est facilement excrété dans les urines. Sa demi-vie biologique est estimée entre 35 et 189 jours, avec de larges variations inter-individuelles. Chez les personnes régulièrement exposées, une stabilisation de la charge corporelle du mercure est obtenue après un an d'exposition constante. Son excrétion dans le lait maternel est plus faible que celle du mercure inorganique.

1.3.2 Mercure métallique et inorganique

1.3.2.1 Absorption

Sous forme de vapeur, le mercure élémentaire est essentiellement absorbé par voie pulmonaire. Il est peu absorbé par voie cutanée car seulement de très petites quantités de vapeurs de mercure inorganique arrivent à traverser la barrière cutanéo-muqueuse. La pénétration sous-cutanée du mercure métallique se fait le plus souvent par voie accidentelle. Elle est généralement décrite par les infirmières suite au bris de thermomètres à mercure. Par ailleurs, lors de l'application cutanée de crème ou de savon éclaircissant contenant des sels de mercure inorganique, plusieurs observations ont montré des intoxications avec syndrome néphrotique par passage transdermique. L'absorption digestive de dérivés inorganiques tels que le chlorure de mercure (encore appelé calomel) peut être à l'origine d'une intoxication aiguë. C'est, par exemple, ce qui aurait accéléré la mort de Napoléon 1^{er} (136).

1.3.2.2 Transport et distribution

Le mercure métallique est distribué rapidement dans tous les organes. Il est ensuite rapidement transformé dans l'organisme en mercure mercurique Hg^{2+} . Cela lui permet de se fixer sur différents types de protéines sanguines et tissulaires. De par son caractère très lipophile et avant sa transformation en Hg^{2+} , Hg^0 peut franchir la barrière hématoencéphalique et le placenta (119).

Le mercure inorganique se distribue de façon similaire dans tous les organes. Il peut s'accumuler dans les cellules, en particulier dans les lysosomes, les mitochondries et les membranes cellulaires.

1.3.2.3 Excrétion

L'élimination du mercure inorganique est principalement rénale et dans une moindre mesure biliaire. Il est excrété sous forme ionisée ou fixé à des protéines. Les vapeurs de mercure peuvent être excrétés dans le lait maternel sous forme inorganique via l'albumine. La plus grande partie est trouvée dans les urines sous forme de mercure mercurique mais une toute petite partie s'élimine dans l'haleine.

	Mercure inorganique			Mercure organique
Forme chimique	Mercure sous forme liquide	Mercure sous forme gazeuse	Atomes de mercure	Méthylmercure
Mode de transmission	Ingestion Contact direct	Inhalation	Ingestion Peau	Ingestion (nourriture)
Organes concernés	Estomac, intestin, peau	Poumons, sang, cerveau, reins	Peau, sang, foie, reins, cerveau	Estomac, Cerveau
Elimination	Selles, urine	Urine	Urine	Selles
Intoxication	Faible	Diarrhée, vomissement, toux	Défaillance rénale	Troubles sensoriels, troubles nerveux

Tableau 1 : Synthèse de la toxicocinétique des différentes formes de mercure chez l'homme.

1.4 Différentes sources d'intoxication

1.4.1 Intoxication accidentelle

L'exposition accidentelle au mercure peut causer des intoxications sévères. Son expression clinique varie suivant la voie d'intoxication, la dose, le délai et la durée d'exposition. Cette forme d'exposition est assez rare en France.

1.4.1.1 Dangers liés aux thermomètres à mercure

En France, un arrêté du 24 décembre 1998 interdit à la vente les thermomètres médicaux à mercure destinés à mesurer la température interne de l'homme (67). Une circulaire ministérielle renforce cette mesure en interdisant ce genre de thermomètres dans les hôpitaux français depuis septembre 1999.

De nombreux foyers en possèdent encore et le bris du thermomètre se fait très facilement. Des bris qui sont liés à la manipulation du thermomètre, lorsqu'on le secoue pour le remettre à zéro ou encore lors de la prise de la température car celle-ci demande plusieurs minutes. Les rejets mercuriels sont courants et susceptibles d'avoir des incidences sur la santé (134).

Erfantalab et ses collaborateurs ont étudié en 2020 les conséquences que peuvent avoir un thermomètre cassé sur un individu. Le patient en question a été hospitalisé après une chute et l'écrasement d'un thermomètre au mercure par son pied. Quelques jours plus tard son état s'est brusquement dégradé. Les symptômes cliniques étaient les suivants : perte d'appétit, faiblesse, suivi d'une altération de l'état général, des frissons associées à des lésions cutanées, une tachycardie sinusale, une hypertension artérielle et une abolition des réflexes ostéotendineux. Une radiographie a mis en évidence la présence de mercure dans les tissus mous du pied du patient. L'évolution s'est montrée favorable en quelques semaines avec un traitement par chélation car le diagnostic a été posé rapidement, évitant des séquelles rénales et neurologiques irréversibles (42).

1.4.1.2 Dangers liés aux médicaments et aux vaccins

Le mercure se retrouve à l'état de traces dans les médicaments et les vaccins pour plusieurs raisons : quand il est utilisé comme agent anti-infectieux, sous la forme de résidu ou comme agent conservateur.

L'utilisation du mercure à des fins thérapeutiques est connue dès l'Antiquité et s'est poursuivie jusqu'à la première moitié du XX^{ème} siècle. Sous forme d'oxyde ou de sels, il est surtout utilisé pour ses propriétés antimicrobiennes, antiseptiques, antibactériologiques. Le mercure a deux modes d'actions : soit en détruisant la cellule, soit en inhibant la multiplication cellulaire. Il a notamment servi pour traiter la syphilis et les furoncles (137).

Le thiomersal (ou mercuriothiolate), qui est un dérivé de l'éthylmercure, est un composé connu pour ses propriétés antiseptiques et antifongiques. Il est utilisé comme agent antibactérien dans les produits pharmaceutiques, y compris pour les vaccins et autres produits biologiques injectables (53).

Depuis 2002, en Europe et aux Etats-Unis, tous les vaccins indiqués chez l'enfant sont dépourvus de thiomersal. Des études ont par la suite montré que le mercure contenu dans les vaccins ne provoque pas de signes ou de symptômes d'intoxication au mercure. De plus, on a constaté que le thiomersal était directement excrété dans les selles et qu'il n'y avait pas d'accumulation durable dans le sang. Moins de 30 jours après la vaccination, un retour des concentrations à des valeurs normales a lieu dans le sang (53).

Néanmoins, des polémiques persistent et régulièrement, l'hypothèse que le mercure contenu dans les vaccins pourrait être la cause de troubles du comportement et d'autisme refait surface. A ce jour, aucune des études épidémiologiques conduites en Europe ne permet de soutenir cette théorie. Le retrait du thiomersal contenu dans les vaccins n'a eu aucun effet sur les taux d'autismes.

Au Danemark, l'arrêt de l'utilisation du thiomersal dans les vaccins administrés aux enfants a eu lieu entre le milieu des années 80 et la fin des années 90. Les enfants étaient exposés jusqu'à 200 µg d'éthylmercure (concentrations similaires aux Etats-Unis). Sur cet intervalle, une augmentation régulière de l'incidence de l'autisme a débuté dans les deux pays et s'est poursuivie jusqu'à la fin de la période d'étude en 2000 et ce, malgré le retrait du thiomersal des vaccins en 1992 (105).

Toujours au Danemark, des chercheurs ont réalisé une étude comparant l'incidence de l'autisme chez les enfants ayant reçu 200 µg (1961-1970), 125 µg (1970-1992) et 0 µg (1992-2000) de thiomersal et n'ont à nouveau pas réussi à démontrer une relation entre l'exposition au thiomersal et l'autisme (74).

Au Québec, des chercheurs ont regroupé des milliers d'enfants dans des écoles différentes et ont estimé l'exposition au thiomersal sur la base du calendrier de vaccination. Après analyse des dossiers scolaires pour déterminer les taux de troubles du comportement, il a été démontré que l'exposition au thiomersal et l'autisme étaient indépendante l'une de l'autre. Les taux les plus élevés de troubles du comportement étaient observés dans les cohortes exposées à des vaccins sans thiomersal (49).

1.4.2 Intoxication alimentaire

Le mercure est présent dans l'alimentation sous forme de méthylmercure et de mercure inorganique. Il est majoritairement présent dans la chair des poissons et dans les fruits de mer. On constate chez les populations qui consomment essentiellement du poisson que l'exposition mercurielle est plus importante que dans l'ensemble de la population. On estime que l'augmentation de la pollution mercurielle entraîne chaque année une augmentation de 4 % du taux de mercure que contiennent les poissons (93).

Pendant des décennies, il y a eu controverse concernant la pertinence clinique de l'exposition au mercure provenant du poisson. Certains types de poissons sont source de sélénium et d'acides gras oméga 3 qui combattent la toxicité du mercure. De plus la forme chimique du mercure dans les poissons a déjà réagi avec des molécules comme la cystéine ou le sélénium. Le mercure y est beaucoup moins toxique qu'une forme de mercure organique qui serait ingéré directement.

L'Organisation Mondiale de la Santé estime que la consommation de produits de la mer (moules, crustacés, poissons) est responsable d'une absorption de 2,3 µg par jour de mercure soit 16,1 µg par semaine (152).

1.4.2.1 Catastrophe de Minamata

L'hydrargyrie (ou hydrargyrisme) est le nom désignant l'intoxication au mercure. C'est une référence à une maladie qui a touché durant des décennies les habitants de la baie de Minamata, on parle de maladie de Minamata pour désigner les symptômes subis par ces malades.

A partir de 1932 et pendant des dizaines d'années, l'usine pétrochimique installée dans la baie de Minamata au Japon a rejeté des résidus de métaux lourds dans la mer dont des composés à base de mercure (48).

Pendant 20 ans, les habitants et les animaux de la baie ont consommés les poissons et ont développés des troubles neurologiques encore jamais observés à cette échelle. Ce sont en particulier chez les pêcheurs que se manifestent les troubles les plus importants. Ces symptômes sont surtout reliés au système nerveux et provoque le plus souvent des pertes de motricité. Des malformations congénitales apparaissent aussi chez les nouveau-nés à cette époque.

En 1959, le docteur Hajime Hosokawa, employé de la compagnie, affirme que ces troubles sont liés à la pollution par le mercure. Les déversements ont continué jusqu'en 1966 où un procédé moins polluant fut mis en place. Il a fallu attendre 1996 pour que l'Etat propose une indemnisation aux victimes. En 2009, plus de 13000 malades ont été reconnus par l'entreprise et par l'État Japonais. Près de 25000 malades sont encore en attente d'une décision, soit de reconnaissance de la maladie, ou d'une indemnisation. Par-delà ce décompte, il est difficile de savoir combien de personnes ont été touchées. C'est seulement en 2012 que le Japon a reconnu publiquement la catastrophe (48).

1.4.2.2 Mercure en Guyane

Les activités d'orpaillage en Guyane sont à l'origine d'une pollution mercurielle liée aux rejets de la forme élémentaire du mercure (Hg^0). En effet, c'est cette forme qui est utilisé par les orpailleurs pour séparer l'or des autres particules.

Cette activité exercée en Guyane depuis plusieurs décennies est responsable d'importants rejets de mercure dans l'environnement. Le mercure déposé sur les roches sédimentaires et dans les fonds marins s'accumule et constitue la source majeure d'exposition chronique des populations (46).

Par les transferts entre les proies et les prédateurs, le mercure accumulé dans les sédiments se retrouvent dans les tissus musculaires des poissons situés au sommet des réseaux trophiques. On retrouve dans ces poissons une accumulation qui est des milliers de fois supérieure à celle qui est mesurée dans les milieux aquatiques (22).

C'est une étude en 1994 de l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM) qui révèle la contamination au mercure. Les résultats de l'enquête n'ont pas montré de niveaux élevés pour l'ensemble de la population à l'exception des

communautés amérindiennes. Des différences ont été observées selon la proximité entre les fleuves et les villages.

Une exposition au mercure très marquée a été mise en évidence dans la population wayana du Haut-Maroni, dans les villages de Twenké et d'Antécume-Pata. Ces populations qui résident en bord des fleuves se nourrissent essentiellement de poissons. Les mesures de mercure capillaire indiquaient une concentration moyenne de 1,7 µg/g dans la population Française et 6,6 µg/g chez les Amérindiens. Dans la communauté Wayana, elles atteignaient 11,7 µg/g chez les adultes et 14 µg/g chez les enfants. La limite de 10 µg/g préconisée par l'OMS était largement dépassée (22).

Les tests effectués sur cette population ont montré des réflexes rotuliens anormaux et une moins bonne coordination des jambes à cause des ingestions de mercure. En vivant autour des fleuves de la région et en se nourrissant exclusivement de poissons, la communauté Wayana ingère entre 200 et 450 µg de mercure par semaine, ce qui est deux fois supérieur à la dose recommandée par l'OMS.

1.5 Symptômes et réactions pathologiques

1.5.1 Atteintes cutanées

Quand il est au contact de la peau, le mercure n'est pas une substance irritante. Il est en revanche un allergène à l'origine de dermatites de contact. La pénétration sous-cutanée entraîne presque systématiquement une réaction inflammatoire locale.

Le granulome cutané au mercure en est un exemple (19). C'est une maladie rare. Après la pénétration de mercure à travers une blessure, un granulome peut se développer. Il entraîne des plaies douloureuses et une toxicité systémique sous forme de douleurs abdominales et de troubles visuels. Sur des coupes de tissus, le mercure apparaît sous la forme de globules foncés et opaques, de forme sphérique et de taille variable. Son évolution courante est la nécrose épidermique et cutanée. Pour traiter et soigner les lésions, il faut effectuer un débridement local de la plaie (94).

Une autre atteinte cutanée est le lichen plan pigmentogène. C'est une variante rare de lichen plan. Notons l'exemple chez un enfant de 10 ans : le lichen plan pigmentogène est apparu deux mois après une restauration dentaire à l'amalgame. L'enfant ne présentait pas d'atteinte de la muqueuse buccale. Une biopsie cutanée a mis en évidence la positivité au mercure. Le retrait de l'amalgame a entraîné une amélioration clinique et la disparition de l'atteinte cutanée (10).

Le mercure est aussi retrouvé régulièrement comme étant l'élément déclencheur d'un eczéma des mains. Une étude espagnole montre que le mercure et le thiomersal sont des allergènes fréquemment retrouvés après un test épicutané (84).

Les encres de tatouage à base de mercure peuvent aussi entraîner des réactions cutanées. Pendant des décennies, les colorants qui étaient utilisés contenaient du cinabre - Ils étaient très régulièrement la cause de réactions photo-allergiques et d'inflammations sévères. Pour cette raison le cinabre a été remplacé par d'autres colorants ne contenant pas de mercure (88). Après excision et élimination des dépôts de mercure sous-cutanés, les symptômes disparaissent rapidement.

1.5.2 Effets toxicologiques systémiques du mercure

L'exposition au mercure est associée à plus de 250 symptômes qui peuvent compliquer un diagnostic précis. Le diagnostic différentiel commence par l'anamnèse

puis se poursuit avec l'examen clinique. Lors d'un prélèvement, les laboratoires procèdent de la façon suivante :

- 1) Analyse du sang
- 2) Analyse d'urine
- 3) Analyse capillaire
- 4) Biopsie tissulaire, si cela est justifié.

Etant donné que le mercure est rapidement éliminé du sang puis redistribué, voir emprisonné dans différents tissus, il ne peut y avoir de corrélation directe entre la concentration sanguine de mercure et la gravité de l'intoxication au mercure.

Peu de temps après son entrée dans le corps, le mercure endommage la barrière hémato-encéphalique. Il facilite ainsi la pénétration des autres métaux et substances toxiques dans le cerveau. Il se lie aussi à la moelle épinière, aux ganglions et aux motoneurones périphériques. Et bien que le système nerveux soit le principal endroit où se dépose le mercure, la distribution systémique du mercure a le potentiel de provoquer des symptômes dans plusieurs organes différents (92).

1.5.3 Effets cardiovasculaires et pulmonaires

L'accumulation de mercure dans le cœur contribue à une cardiomyopathie. Une étude montre que les niveaux de mercure dans les tissus cardiaques des personnes décédées d'une cardiomyopathie dilatée (diminution de la force de contraction du muscle cardiaque) sont en moyenne 22 000 fois plus élevés que chez les individus décédés d'autres formes de maladies cardiaques. L'intoxication au mercure peut également provoquer des douleurs thoraciques ou une angine de poitrine, en particulier chez les personnes de moins de 45 ans (47).

Les vapeurs toxiques formées par la vaporisation du mercure ou la combustion de matériaux contenant du mercure peuvent pénétrer dans le système respiratoire et passer facilement dans la circulation sanguine. L'inhalation chronique de faibles concentrations de mercure peut produire des tremblements, des troubles du sommeil et une altération des capacités cognitives. L'intoxication au mercure est associée à plusieurs affections pulmonaires dont les bronchites (56), la fibrose pulmonaire et le syndrome de Young (qui est une association d'une azoospermie obstructive et d'une infection respiratoire récurrente) (58).

1.5.4 Système immunitaire

Le mercure, par la suppression de la production de corticoïdes, empêche la stimulation normale des polynucléaires neutrophiles et empêche leur fonction en inhibant leur capacité à détruire les substances étrangères (114). Les personnes sensibles au mercure sont plus susceptibles aux allergies, à l'asthme et aux symptômes auto-immunitaires de type rhumatoïdes. Le mercure peut également induire une réponse immunitaire dans le système nerveux central et altérer la production et la fonction des cellules immunitaires (101).

1.5.5 Système nerveux

Le méthylmercure s'accumule dans les tissus nerveux plus que dans le reste du corps (27). Son effet le plus dévastateur est la libération des facteurs mitochondriaux, tels que le cytochrome c et le facteur activateur des protéases apoptotiques (APAF1), ce qui entraîne une apoptose. Il interfère avec la production d'énergie ce qui peut altérer les processus de désintoxication cellulaire.

Dans le système nerveux périphérique, le mercure organique peut être absorbé dans les terminaisons nerveuses. C'est ici qu'il peut altérer la synthèse de la tubuline et de l'actine qui sont des constituants de la structure des cellules neuronales (68).

Dans le système nerveux central, le mercure peut endommager la barrière hémato-encéphalique et faciliter la pénétration de métaux et substances toxiques dans le cerveau. Les effets sur le système nerveux central de l'empoisonnement au mercure sont la dépression, la paranoïa, une irritabilité extrême, des hallucinations, une incapacité à se concentrer, une perte de mémoire, des tremblements, des maux de têtes, une insomnie ou encore une fatigue chronique (92).

1.5.6 Système reproducteur

Le mercure peut engendrer des modifications physiopathologiques le long de l'axe hypothalamique-hypophysaire-adrénalien et aussi sur l'axe gonadique. La fonction de reproduction s'en retrouve affectée car il y a modification des niveaux d'hormone folliculostimulantes (FSH), d'hormone lutéinisante (LH), d'inhibine, d'œstrogène, de progestérone et d'androgènes (88).

Une étude a eu lieu en Californie en 1995 sur des assistantes dentaires enceintes. Les femmes ayant une exposition professionnelle élevée au mercure

étaient moins fertiles que les témoins non exposés. La fécondabilité des femmes qui préparaient 30 amalgames ou plus par semaines sans protection et qui n'avaient pas les bons gestes d'hygiène n'était que de 63% par rapport à celle des femmes non exposées (31).

Chez les hommes, le mercure peut avoir des effets néfastes sur la spermatogenèse, sur le nombre de spermatozoïdes et le poids des testicules (23). Il y a même un lien entre mercure et dysfonctionnement érectile (97). Un dépistage d'hommes travaillant dans des entreprises minières utilisant du mercure a montré une réduction de l'érection, de la qualité des actes sexuels, de l'éjaculation et de la qualité de l'orgasme. L'enquête sur le liquide spermatique chez 30 travailleurs ayant une expérience de plus de 5 ans et n'ayant pas eu d'enfants en mariage depuis plus d'un an a montré que seulement 33,5 % d'entre eux avaient des spermatogrammes normaux. Dans 28,5 % des cas, une azoospermie et une oligozoospermie ont été détectées (14).

Chez les femmes, le mercure inhibe la libération d'hormone folliculostimulante et d'hormone lutéinisante par l'hypophyse antérieure. Cela affecte les taux d'œstrogènes et de progestérone ce qui entraîne un dysfonctionnement ovarien, des menstruations douloureuses ou irrégulières et une ménopause prématurée (34).

1.5.7 Fœtotoxicité

En plus des problèmes de reproduction, le mercure est également associé à la fœtotoxicité qui peut se présenter sous plusieurs formes : fausse couche, avortements spontanés et faible poids à la naissance (97). Chez le nouveau-né, l'exposition au mercure pendant la grossesse est associée à des anomalies du tube neural, des malformations crânio-faciales et un retard de croissance. Le mercure peut facilement passer la barrière du placenta, empêcher le développement cérébral et endommager le cerveau du fœtus, entraînant une paralysie cérébrale et un retard psychomoteur dans les derniers stades du développement (31).

1.5.8 Atteinte rénale

Il existe peu d'informations sur la réponse des reins aux substances toxiques environnementales comme le mercure. En raison de la présence du mercure dans l'environnement, l'exposition humaine est presque inévitable. Les formes inorganiques et organiques du mercure s'accumulent facilement dans les reins, mais sont aussi

facilement éliminées lorsque la fonction rénale est normale. Les personnes âgées avec une fonction rénale altérée peuvent être particulièrement sensibles et il existe une association entre l'exposition au mercure et une augmentation de la gravité de l'insuffisance rénale (24).

1.5.9 Diabète de type 2

Il a été démontré récemment que le méthylmercure avait des effets néfastes sur le développement et la fonction des cellules bêta pancréatiques (98). L'insuline, l'hormone qui sert à réguler la glycémie, peut voir son fonctionnement être perturbé par le mercure. Cela provoque une interférence avec la fonction biologique normale et une dérégulation de la glycémie pouvant conduire à une résistance à l'insuline et une hyperglycémie qui conduisent au développement du diabète (92).

1.5.10 Lien avec certaines maladies

L'association entre les expositions à des composés toxiques et les maladies neurodégénératives est d'une importance considérable pour la santé publique. La démence est en constante augmentation dans la population générale, les conséquences sociales et économiques négatives des incapacités liées à la neurodégénérescence sont dramatiques.

Des études épidémiologiques accompagnées de données expérimentales ont conduit à mettre en évidence le risque potentiel de développer des maladies dégénératives en raison de l'exposition à des polluants environnementaux. Le mercure présente un mécanisme de toxicité basé sur la génération d'un stress oxydatif qui conduit à des caractéristiques communes à la maladie d'Alzheimer et à la maladie de Parkinson (29).

Chez les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, les neurotransmetteurs tels que la sérotonine, l'acétylcholine, la dopamine, la noradrénaline et le glutamate sont dérégulés. Jusqu'à la fin des années 1990, nous ne savions pas à quoi était dû cette dérégulation. Ce n'est que ces dernières années qu'il a été démontré que l'exposition au mercure entraîne une dérégulation de ces neurotransmetteurs (15).

Par ailleurs, le mercure génère un stress oxydatif qui favorise la formation d'agrégats protéiques (qui contiennent la protéine Tau). Les systèmes de dégradation se retrouvent submergés par ces agrégats protéiques et activent les cellules gliales.

Par la suite, les cellules gliales induisent une neuro-inflammation qui augmente la génération d'un stress oxydatif supplémentaire. La boucle est bouclée. C'est un cycle d'autoperpétuation qui conduit à la perte d'une région du cerveau : l'hippocampe et le cortex cérébral dans la maladie d'Alzheimer et la substance noire dans la maladie de Parkinson (29).

Le lien entre l'exposition précoce au mercure et l'origine des maladies neurodégénératives retient l'attention et peut aider à clarifier le rôle de l'environnement dans ces maladies. Des recherches sont en cours pour identifier des biomarqueurs qui permettraient de déterminer l'exposition passée aux polluants et ainsi mieux gérer et prévoir ces maladies.

1.6 Détection et traitements d'une intoxication au mercure

1.6.1 La détection d'une intoxication mercurielle

Le dosage du mercure est utilisé pour détecter la présence d'une quantité excessive de mercure dans le sang ou les urines d'un individu. C'est généralement une demande d'un professionnel de santé pour déterminer si une personne a des concentrations élevées de mercure. Cela peut être utilisé pour surveiller les personnes susceptibles d'avoir été exposées au mercure par accident ou sur un lieu de travail. Le dosage du mercure permet aussi de voir si l'intoxication est aiguë (en présence de fortes concentrations mercurielles après une exposition de courte durée) ou si l'intoxication est chronique (exposition sur la durée).

Les signes et symptômes d'une exposition aiguë sont généralement : une sensation de brûlure dans la bouche et les poumons, une toux, une difficulté à respirer, une difficulté à uriner, des nausées, des vomissements, une diarrhée, un rythme cardiaque accéléré, de la fièvre, des frissons et des maux de tête.

Les personnes exposées de façon prolongée peuvent avoir des symptômes tels que : des problèmes d'audition, de goût, d'odorat, une vision floue, des picotements dans les bras et les jambes, une difficulté à marcher, une irritabilité et des pertes de mémoire.

Le dosage du mercure peut être demandé par un professionnel de santé même si le patient ne présente pas de symptômes, il sert alors à déterminer les risques d'une exposition mercurielle.

- Exemple avec le détecteur Oligoscan®

C'est un spectrophotomètre qui est associé à un logiciel informatique. Il permet la détection et la lecture des retours photoniques des cellules épithéliales de l'épiderme. L'Oligoscan® s'utilise en le posant sur la main et en le laissant fonctionner. A partir du derme palmaire, il effectue un test de résonance dans une zone du corps et nous fournit des données sur les minéraux intracellulaires du patient (141).

Cet appareil essaye de combler les lacunes des analyses traditionnelles effectuées au niveau des cheveux et des urines. Ces mesures traditionnelles sont parfois floues car elles correspondent à des niveaux oligo-minérales sériques au moment où le prélèvement est réalisé. Les mesures au niveau du sang et des urines sont très

fluctuantes, elles varient en permanence et ne permettent pas d'avoir une détection précise à un moment donnée. Les mesures faites dans les cheveux montrent ce qui a été métabolisé dans le passé mais sont aussi très sensible au monde extérieur (pollution, gaz, teinture).

Les cellules épithéliales sont donc un tissu de choix lorsque l'on souhaite déterminer les réserves minérales dans le corps. L'Oligoscan® permet au praticien d'analyser et de détecter avec précision si le patient souffre d'une intoxication au mercure.

Des réserves sont cependant émises concernant l'Oligoscan®. C'est un procédé nouveau qui manque de plausibilité et de validation. Il n'existe pas d'études à ce jour prouvant l'exactitude des mesures réalisées avec cet instrument. Il est qualifié d'appareil pseudo-médical. Son utilisation n'est pas prise en charge par les caisses d'assurances maladie (141).



Figure 3 : Dosage du mercure avec un Oligoscan® et résultat en direct (141).

1.6.2 Traitement d'une intoxication aiguë

1.6.2.1 Intoxication aux vapeurs de mercure

La surveillance des organes vitaux est nécessaire dans la gestion primaire de l'exposition aiguë aux vapeurs de mercure. Une supplémentation en oxygène ou une intubation trachéale avec une ventilation mécanique sont recommandées. Il faut ensuite effectuer une aspiration pulmonaire. Par la suite, des radiographies thoraciques viennent aider à déterminer l'étendue de la dispersion (89).

1.6.2.2 Intoxication au mercure inorganique et organique

Le mercure inorganique produit de graves blessures corrosives. Un examen endoscopique est nécessaire car il y a un risque d'œdème oropharyngé et une obstruction des voies respiratoires supérieures. Une thérapie liquidienne intraveineuse et une intubation trachéale ou même une trachéotomie sont parfois nécessaires (89).

Une décontamination gastro-intestinale doit être mise en œuvre très rapidement en raison des propriétés corrosives du mercure inorganique. Un lavage gastrique avec du polyéthylène glycol est utile pour éliminer le mercure résiduel. Des radiographies abdominales sont nécessaires pour assurer le suivi des patients.

Pour l'élimination du mercure organique, la chélation est le traitement qui propose les résultats les plus rapides. C'est un procédé médical visant à éliminer la présence de métaux nuisibles dans l'organisme à l'aide d'un agent chélateur chimique ou organique. Les agents chélateurs peuvent être naturels (coriandre) ou chimiques tels que l'acide 2,3-dimercapto-1-propanesulfonique (DMPS), l'acide dimercaptosuccinique (DMSA) ou l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA).

Le principe est le suivant, l'agent chélateur se lie à des minéraux ou des métaux tels que le plomb, le cuivre ou le mercure puis cette liaison donne un complexe stable, inactif, non toxique et soluble, qui peut ensuite être éliminé par voie urinaire. Le traitement par chélation est surtout utilisé lors d'une ingestion aiguë. Le DMPS est largement utilisé en Allemagne et y est disponible en vente libre. En France, on utilise le DMSA car le DMPS ne dispose pas d'une autorisation de mise sur le marché. Le DMPS est l'agent chélateur le plus efficace à l'heure actuelle (11).

Plusieurs essais cliniques contrôlés soutiennent cette conclusion. L'essai le plus important vient d'une entreprise aux Philippines dans une zone d'extraction d'or (18). Le taux de mercure des travailleurs des mines d'or qui ont subi une exposition continue au mercure et celui des personnes vivant en aval qui mangeait du poisson contenant une quantité considérable de méthylmercure a été comparé au taux des personnes sans exposition significative connue au mercure. L'essai a duré 14 jours une administration de 400 mg de DMPS oral par jour. Des améliorations significatives ont été observées. La plupart des patients ont signalé une amélioration subjective de la mémoire, moins d'insomnie, une diminution de la sensation de goût métallique, moins de fatigue et d'anxiété.

1.6.3 Traitement d'une intoxication chronique

Le processus de chélation est très efficace mais il représente une lourde charge pour les reins qui doivent éliminer les métaux lourds. C'est le traitement à privilégier pour une intoxication aiguë. En revanche, pour une intoxication chronique, il est parfois préférable d'effectuer une élimination progressive et lente sur plusieurs mois afin de protéger ces organes. Les remèdes naturels ont des effets bénéfiques et doivent être considérés.

Les algues, l'azolla et d'autres plantes aquatiques possèdent la capacité d'absorber des agents toxiques de l'environnement (89). La coriandre aurait la capacité de mobiliser les métaux lourds (mercure, plomb, aluminium) et de les déverser dans la circulation sanguine sans toutefois favoriser l'élimination par les reins. Il est donc conseillé de l'associer à la chlorelle qui est une algue d'eau douce qui a la capacité de fixer les métaux lourds et les polluants.

2 L'impact des amalgames

2.1 Rappels sur les caractéristiques

2.1.1 Composition

L'amalgame dentaire est un mélange de métaux en poudre et de mercure liquide très pur. La poudre d'alliage est composée de cuivre, d'argent, d'étain et, dans des proportions plus faibles, des métaux mineurs comme le zinc, le palladium et l'indium (140).

Le mercure compose l'amalgame dentaire à hauteur de 40 à 50 % de son poids. La poudre, quant à elle, permet de moduler les propriétés physiques et les qualités de manipulation de l'amalgame. Les poudres d'alliages se distinguent en deux catégories :

- Les poudres conventionnelles (à faible teneur en cuivre)

Ce type de poudres étaient commercialisées en France jusqu'en 1998. Elles ont progressivement disparues à cause de l'obligation pour les amalgames d'être présentés sous forme de capsules pré-dosées afin de limiter tout risque de contamination (125).

Ces poudres étaient composées d'argent, d'étain et d'une faible teneur en cuivre (inférieure à 6%). Elles demandaient une grande quantité de mercure pour réaliser la réaction d'amalgamation (95).

En ce qui concerne la morphologie, ces poudres étaient polyédriques avec un état de surface irrégulier, une géométrie non contrôlée et une granulométrie variée.

- Les poudres à haute teneur en cuivre

Elles sont beaucoup plus réactives que les précédentes. La quantité de mercure nécessaire à l'amalgamation est moindre. Les propriétés physiques, mécaniques et la longévité sont plus importantes quand l'amalgame est réalisé avec une poudre à haute teneur en cuivre (95).

Les fabricants peuvent ajouter plus ou moins de platine, palladium, zirconium ou de l'indium pour moduler les propriétés physiques des amalgames. L'ajout d'indium, par exemple, augmente la résistance à la corrosion de l'amalgame (79). Leur morphologie est parfaitement contrôlée et leur état de surface est très régulier.

Alliage	Forme des particules	Element (wt%)					
		Ag	Sn	Cu	Zn	In	Pd
Faible teneur en Cu	Irrégulière ou Sphérique	63-70	26-28	2-5	0-2	0	0
Haute teneur en Cu	Irrégulière	52-53	17-18	29-30	0	0	0.3
	Sphérique	52-53	17-18	29-30	0	0	0.3
Composition unique	Sphérique	40-60	22-30	13-30	0	0-5	0-1

Ag, Silver; Cu, copper; In, indium; Pd, palladium; Sn, tin; Zn, zinc.

Tableau 2 : Composition approximative des alliages pour les amalgames dentaires, d'après Sakagushi en 2012 (95).

2.1.2 Indications d'utilisation de l'amalgame

En Odontologie, on utilise un amalgame pour obturer une dent. C'est un acte qui fait généralement suite à une éviction carieuse. L'amalgame dentaire est un matériau de choix pour reconstituer les dents permanentes postérieures (molaires et prémolaires). Il n'est presque jamais utilisé en secteur antérieur (incisives et canines) ni sur des dents temporaires. (146)

En 2002, selon un rapport de Miquel et coll., l'amalgame était présenté comme un matériau de choix dans plusieurs cas :

- Chez les patients ayants de multiples caries associées à un contexte socio-économique difficile. La présence de plusieurs caries est souvent due à un manque d'hygiène dentaire. La résine composite n'offre pas les mêmes garanties d'étanchéité. (140)
- Dans le cas d'un remplacement d'obturations anciennes. La dent ayant déjà été préparée puis repréparée, le risque de défaut d'étanchéité est important, l'amalgame apparait alors comme le matériau le plus approprié. (140)
- Sur des obturations volumineuses.
- Quand il n'est pas possible de poser une résine composite.

L'amalgame est donc un matériau possédant de nombreux avantages mais aussi des inconvénients.

2.1.2.1 Avantages (95)

Depuis le début de son utilisation au XIX^{ème} siècle, l'amalgame a fait ses preuves tant par ses propriétés physiques que mécaniques. Il présente de nombreux points positifs :

- Il est peu couteux donc on considère qu'il a un bon rapport coût/efficacité.
- L'obturation de la dent peut se faire généralement en une séance.
- Il a une dureté importante (110 kg.cm^{-2}) supérieure à la résine composite (30 kg.cm^{-2}). Il est très adapté aux dents postérieures qui doivent résister à d'importantes forces de mastication.
- Il a une meilleure étanchéité et engendre moins de récurrence carieuse par rapport aux résines composites.
- La corrosion libère des ions métalliques qui vont se recombinaison sous forme d'oxydes de cuivre. Ces oxydes ont une action bactéricide et bactériostatique.

2.1.2.2 Inconvénients (95)

C'est surtout le mercure contenu dans les amalgames qui est sujet à polémique. Les obturations à l'amalgame présentent bien entendu plusieurs points négatifs :

- Après obturation, certains patients peuvent dans de rares cas développer une allergie au mercure ou à l'un des autres métaux le composant.
- Une teinte grisâtre peut apparaître sur la dent obturée et ses alentours après la pose de l'amalgame.
- Les ions métalliques libérés par la corrosion peuvent colorer la dentine et provoquer des tatouages gingivaux (144).
- La cavité d'obturation nécessaire à la rétention de l'amalgame préserve peu les tissus dentaires et peu fragilisé l'émail adjacent. Le risque de fracture d'un pan, d'une cuspide ou d'une paroi est réel si l'émail est trop fin.

2.1.3 Réalisation d'un amalgame dentaire

Elle commence par la phase de trituration, c'est la mise en contact de la poudre d'alliages avec le mercure pour qu'elles s'associent. Des transformations physico-chimiques apparaissent et conduisent à l'amalgame dentaire. D'abord relativement mou, il durcit progressivement après sa condensation dans la cavité.

La trituration se déroule en trois étapes :

- Imprégnation : C'est l'initiation de la diffusion du mercure dans les particules de poudre. Ce n'est pas une réaction chimique, le mercure intègre seulement la couche superficielle des particules.
- Amalgamation : C'est le moment de la réaction chimique. Le mercure se diffuse dans les particules d'alliages plus profondément. Il y a formation de composés argent-mercure et étain-mercure. L'amalgame est alors relativement mou et facilement condensable et sculptable.
- Cristallisation : C'est la dernière phase, l'amalgame durcit et ses propriétés mécaniques sont augmentées. C'est une phase d'expansion. (95)

On utilise ensuite un godet pour transporter l'amalgame. Il ne doit pas rentrer en contact avec les doigts, l'humidité, la salive ou le sang au risque de modifier ses propriétés physiques et chimiques.

Avec l'aide d'un porte amalgame, on vient pousser l'amalgame dans la cavité. C'est la condensation. Le temps entre la trituration et la condensation doit être le plus court possible car la prise de l'amalgame débute. On condense de façon manuelle avec un fouloir à main.

Après cette phase, nous avons quelques minutes pour modeler et sculpter l'amalgame. A l'aide d'instruments tranchants, on retire le surplus et on sculpte la restauration pour lui donner la forme voulue.

Enfin, un polissage doit être réalisé 48 heures à 7 jours après la pose de l'amalgame. C'est un moment très important car il sert à affiner la structure pour éviter l'adhérence de la plaque bactérienne, il évite le dégagement de vapeurs de mercure et il permet d'améliorer une esthétique déjà discutable du matériau (95).

2.2 Les rejets mercuriels liés aux amalgames

En 2007 en Europe, les amalgames dentaires constituaient la deuxième plus grande source d'utilisation du mercure (juste derrière la production de chlore-alcali). La commission européenne estime qu'environ 75 tonnes de mercure sont destinées à l'usage dentaire chaque année dans le monde (130).

L'OMS, en 2009, conseille de réduire l'utilisation des amalgames dentaires non seulement pour réduire l'exposition humaine mais aussi pour réduire la quantité considérable de mercure qui est rejetée dans l'environnement. L'utilisation d'amalgames dentaires, la mauvaise gestion des déchets et la crémation contribuent au problème de la pollution mondiale par le mercure (152).

2.2.1 Les rejets mercuriels

2.2.1.1 Les indicateurs

Une fois qu'il est utilisé en tant que matériau de restauration, l'amalgame dégage du mercure. Il peut être sous forme de vapeurs (mercure métallique) ou sous forme d'ions mercuriques. Les indicateurs habituels sont le mercure urinaire, sanguin, celui contenu dans les selles, ainsi que plus rarement, celui présent dans les organes cibles tels que le foie, les reins et le cerveau. L'inconvénient principal de ces marqueurs est qu'ils ne reflètent pas exactement l'apport de l'amalgame. En effet le mercure peut provenir d'autres sources tels que l'air ambiant ou la consommation de poissons.

D'autres indicateurs sont aujourd'hui couramment utilisés pour avoir des mesures plus précises. Il s'agit des vapeurs de mercure mesurées dans la cavité buccale (en $\mu\text{g}/\text{jour}$) et la teneur en mercure de la salive (en $\mu\text{g}/\text{litre}$). Ces deux indicateurs reflètent davantage la quantité de mercure libérée par les amalgames (140).

2.2.1.2 Le moment de la mesure

Les amalgames dégagent en permanence des rejets de mercure. Cependant, à certains moments de la journée, on constate des variations dans le niveau des rejets. La mastication a un rôle prépondérant dans les rejets mercuriels. Elle entraîne une augmentation brutale des vapeurs de mercure. Les vapeurs de mercure augmentent aussi au moment de la pose et de la dépose. Lors de la pose, ces vapeurs peuvent

augmenter jusqu'à 300 µg/m³ ce qui correspond à 30 fois plus que les valeurs moyennes de référence (137). Pendant la dépose, les vapeurs de mercure sont libérées en grande quantité puisqu'il y a manipulation, échauffement et fraisage des particules d'amalgame accrochées à la dent. C'est une opération où le champ opératoire dentaire est primordial pour éviter les inhalations de microparticules et vapeurs de mercure.

2.2.1.3 Les facteurs influençant les rejets

Les émissions de vapeurs et d'ions mercuriques sont aussi dépendantes d'autres facteurs.

- La qualité de l'amalgame : c'est moins courant en France en 2021. Dans d'autres pays comme l'Inde et l'Iran (118), qui utilisent encore des amalgames d'anciennes générations, les amalgames ont moins de cuivre et sont plus sensibles à la corrosion ce qui augmente les rejets mercuriels.
- Le comportement du patient. Le mercure des amalgames se libère continuellement à cause de trois effets : les agressions thermiques (la glace, le thé, le café), les agressions chimiques (avec une alimentation très acide comme des sucreries) et les agressions mécaniques (brossage des dents, grincement des dents, mastication).
- Le geste du praticien : l'absence de polissage provoque des rejets mercuriels de 50 à 150 % plus importants que s'il est réalisé (140).

2.2.2 Que deviennent les rejets mercuriels ?

2.2.2.1 Amalgames dentaires et boues des stations d'épuration

En 2016 dans un document intitulé « Règlement sur les amalgames dentaires et le mercure », l'Union Européenne des associations nationales des distributeurs d'eau (EurEau) a demandé d'interdire l'usage des amalgames dentaires afin de réduire le niveau de mercure dans les boues des stations d'épurations. Cette organisation a relevé que la principale source de mercure dans les eaux usées de la majorité des usines de traitement provenait de l'utilisation des amalgames dentaires (129).

Selon l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (USEPA), les cabinets dentaires fournissent la plus grande source de mercure dans les usines de traitement des eaux usées. Aux États-Unis, les dentistes rejettent environ 5,1 tonnes

de mercure par an dans les eaux usées. La majeure partie de ce mercure se retrouve dans l'environnement (149). Après le passage par les stations d'épuration, les résidus d'amalgames deviennent des boues d'épuration. Ces boues sont ensuite éliminées dans des décharges, incinérées ou vendues comme engrais pour les agriculteurs. Ces voies d'élimination des boues d'épuration libèrent du mercure dans les eaux souterraines et dans l'air.

2.2.2.2 Amalgame dentaire et crémation

Une source importante de pollution au mercure provient de la crémation (142). Les émissions dues à la crémation s'ajoutent à la pollution de l'environnement. Cette pollution est principalement déposée par la pluie et peu parcourir des milliers de kilomètres avant de retomber sur le sol. Le mercure issu de ces émissions peut se transformer en méthylmercure qui est une forme très toxique.

Au cours de la crémation, le mercure provenant de deux sources est libéré : celui qui vient des amalgames dentaires et celui qui est présent en raison de la bioaccumulation du mercure dans le corps (145).

L'Inde et le Japon ont des taux de crémation extrêmement élevés (plus de 95 %). Taiwan, Hong Kong et la Suisse ont des taux de crémation supérieurs à 80 %. C'est une pratique obligatoire dans plusieurs villes à cause de la densité de population et au manque d'espaces funéraires. Aux États-Unis, ce taux est supérieur à 50 % (138). Il atteint environ 40 % en France (132).

En 2010, le Programme de surveillance et d'évaluation de l'Arctique (AMAP) a compilé les données de multiples sources d'émissions anthropiques de mercure par pays. Les dix principaux pays ayant émis du mercure par le biais de la crémation sont : la Chine (794 kg), l'Inde (607,7 kg), les États-Unis (437,8 kg), le Mexique (113,6 kg), le Vietnam (95,7 kg), les Philippines (94,3 kg), le Canada (91 kg), le Royaume-Uni (85,8 kg), l'Australie (82,2 kg) et la Russie (75,8 kg). L'estimation mondiale du rejet du mercure par la crémation était de 3582 kg en 2010. Toutes sources confondues, les rejets de mercure dans le monde en 2010 s'élèvent à 2000000 kg (2000 tonnes) (120).

2.3 Effets des amalgames dentaires chez le patient

2.3.1 Les effets dans la cavité buccale

2.3.1.1 Les tatouages de la gencive

La pose d'une restauration à l'amalgame entraîne parfois des pigmentations localisées au voisinage du soin. Ces pigmentations sont courantes et se présentent cliniquement sous forme de macules isolées, bleues, grises ou noires. Les parties touchées sont le plus souvent les joues et la gencive car elles sont au contact des dents. La langue ou encore le palais sont parfois atteints (111). Ces pigmentations sont considérées comme des lésions bénignes avant tout inesthétiques.

Ces tatouages proviennent de l'absorption des particules métalliques présentes dans l'amalgame dentaire. Les particules mises en cause sont le mercure, l'argent, l'étain, le cuivre et le zinc. Elles atteignent accidentellement la zone de la muqueuse buccale lors de diverses interventions dentaires. En cas de doute sur l'origine de la pigmentation, il convient de réaliser une biopsie pour démontrer la présence de particules d'amalgame dans le tissu conjonctif. (104)

Les particules d'amalgame peuvent pénétrer dans l'épithélium lors de la mise en place d'une obturation. C'est généralement pendant la préparation de la dent qu'il est possible d'endommager et de léser le sulcus gingival permettant ainsi la pénétration des particules métalliques (telles le mercure). Le retrait d'un soin à l'amalgame ou le retrait d'anciennes restaurations prothétiques fixées peuvent aussi endommager la gencive créant alors une zone d'entrée pour les particules métalliques. (51)

L'examen microscopique révèle que l'amalgame est présent dans les tissus sous deux formes : sous forme de fragments irréguliers de métal foncés et solides et aussi sous forme de nombreux granules fins, bruns ou noirs dispersés le long des faisceaux de collagène et autour des petits vaisseaux sanguins et des nerfs. Il se présente sous ses deux formes dans la plupart des lésions. (25)

Plusieurs traitements sont possibles pour faire disparaître ces pigmentations. La muco-abrasion combinée à une greffe de tissu conjonctif libre a de très bons résultats et permet de retrouver un tissu mou d'apparence naturelle. Ce traitement est très efficace sur des zones antérieures où la demande esthétique est importante. (2)

L'élimination du tatouage avec un laser présente aussi des résultats très impressionnants. Sur l'image ci-dessus, la coloration foncée de la gencive est apparue après un soin à l'amalgame. Plus tard, la restauration a été déposée et remplacée par une couronne avec un tenon. Le souhait du patient était d'éliminer la pigmentation de la gencive car visible en souriant. Après anesthésie locale, c'est un laser à diode à faible puissance en lumière pulsée qui a permis d'éliminer la coloration. Le patient a reçu comme recommandations d'utiliser une brosse à dent ultra-souple et d'appliquer un gel gingival contenant de l'acide hyaluronique pendant dix jours. Les deux photographies ont été prises à quatre semaines d'intervalle.

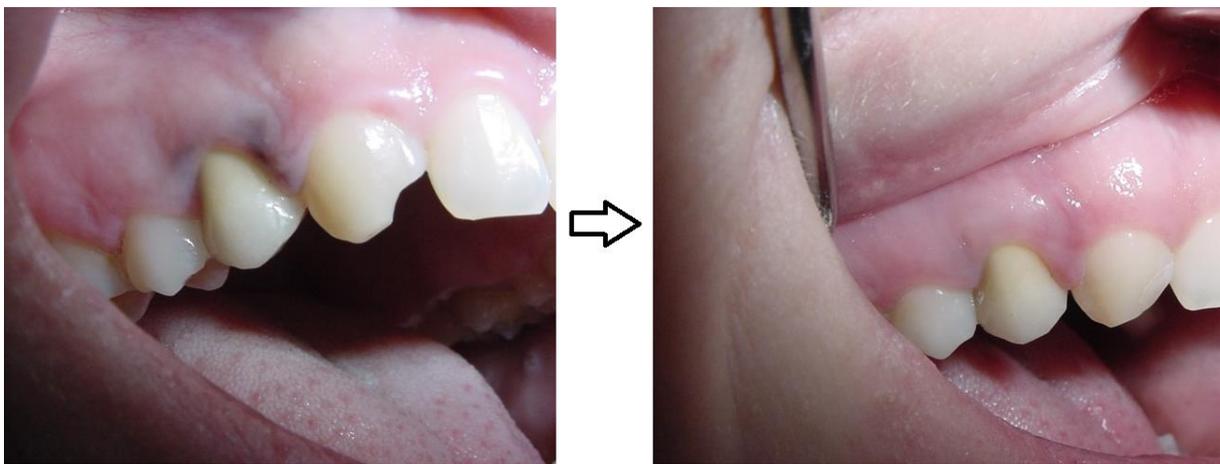


Figure 4 : Traitement au laser diode d'un tatouage de la gencive, d'après Gojkov-Vukelic (2011).

2.3.1.2 Les réactions de la pulpe

La pose d'un amalgame dentaire peut entraîner une inflammation de la pulpe. En effet, un amalgame est au sommet de sa cytotoxicité juste après sa pose. Cette cytotoxicité est décroissante à mesure que le temps passe (140). Quand il est posé très proche de la pulpe, les produits de dégradation des amalgames peuvent migrer en direction de la pulpe dentaire et entraîner une réaction inflammatoire (144).

2.3.1.3 Le galvanisme oral

Lorsque deux ou plusieurs métaux ou alliages sont mis en contact l'un avec l'autre à l'intérieur de la cavité buccale, un courant galvanique peut se produire ce qui peut entraîner une corrosion galvanique.

La salive a aussi un rôle dans le galvanisme. Elle représente un milieu électrolytique oxygéné et chloruré qui permet le transfert d'électrons ce qui conduit à l'oxydation de l'alliage en fonction de son potentiel de surface (144).

Les patients porteurs de restauration à l'amalgame peuvent ressentir plusieurs effets :

- Altération du goût : des modifications peuvent apparaître comme une dysgueusie ou une sensation de goût métallique en bouche.
- Gingivites et altération de la langue : des sensations de brûlures peuvent survenir au niveau des gencives et de la langue.
- Décharge électrique : certains patients ressentent parfois une décharge électrique. C'est une douleur qui diminue avec le temps grâce à la passivation (55). La passivation est la formation d'un film sur l'amalgame. Elle est réalisée par l'oxygène, les phosphates et les liaisons soufrées (76).
- Troubles salivaires : on constate parfois des modifications salivaires, avec dans certains cas une hypersalivation (pour permettre au pH intrabuccal de revenir à une valeur plus équilibrée) mais aussi l'inverse, avec une hyposalivation.

Ces symptômes peuvent être provoqués par la corrosion de l'amalgame et par la dissolution des ions métalliques dans la salive. Cependant, de nombreuses études montrent que les patients qui souffrent de galvanisme oral ne présentent aucune différence au niveau des courants électriques par rapports au groupe de patients témoins [(12) (113)]. La psychologie semble avoir une place importante dans le développement du galvanisme oral.

Il convient néanmoins d'adopter une thérapeutique préventive sur l'ensemble des patients pour se prémunir du galvanisme buccal. L'objectif est d'uniformiser au maximum les matériaux prothétiques dans la cavité buccale. Il faut aussi éviter la mise en place d'amalgames et de restaurations en métaux noble (une couronne en or par exemple) en contact interproximal en raison de la forte corrosion galvanique que cela génère (107).

Enfin, si le diagnostic d'électro-galvanisme oral est établi, les restaurations métalliques doivent être déposées et remplacées par des restaurations provisoires ou par des ciments verres ionomères. Si les symptômes disparaissent, il convient de mettre en place des matériaux inertes électriquement (inlays ou onlays). (55)

2.3.1.4 Les allergies

Les allergies aux amalgames dentaires appartiennent à la catégorie des allergies de contact. Ce sont des manifestations cutanées qui apparaissent souvent en tant qu'irritations de la muqueuse. Elles se manifestent sous forme d'eczéma, de dermite, de gonflement, d'éruption cutanée et de rhinorrhée. Elles apparaissent rapidement, généralement entre 24 et 48 heures après la pose de l'amalgame (140).

L'allergie de contact dans la cavité buccale est une réaction d'hypersensibilité médiée par les lymphocytes T. Les manifestations cliniques varient et sont sous la forme de brûlures, douleurs ou sécheresse des muqueuses (109).

Une étude effectuée par Bains en 2008 nous indique que sur 29 patients atteints de lichen plan oral, 10 patients présentent une réaction allergique au mercure, au cuivre et à l'argent. Lors du remplacement de l'amalgame par un composite ou un ciment verre ionomère, les lésions se sont résolues. Dans cette étude le cuivre et l'argent sont apparus comme étant les agents sensibilisants (6).

Pour mettre en évidence une allergie au mercure, il convient d'effectuer un test épicutané en appliquant un allergène sur la peau. Hensten-Apaetersen et Holland ont élaboré une liste d'allergènes à utiliser dans les tests épicutanés pour mettre en évidence une allergie de contact à l'amalgame (63). Plus récemment, et spécifiquement pour le milieu de la chirurgie-dentaire, le test Trolab® permet de faire une batterie de tests épicutanés et de mettre en évidence une allergie aux matériaux présents en bouche.

Ces allergies dépendent aussi et surtout de la qualité des alliages et amalgames. Le mercure n'est pas le seul responsable de ces allergies. D'autres allergènes sont souvent mis en cause tels que l'or, le nickel, le chrome et le cobalt (109). Les signes cliniques et les symptômes de l'allergie au nickel sont les mêmes que ceux du mercure rendant obligatoire l'utilisation d'un test pour découvrir l'allergène en cause.

Enfin, une autre manifestation de l'allergie au mercure est le syndrome de la bouche brûlante. C'est une sensation de brûlure chronique qui affecte les muqueuses buccales. Une étude de Pigatto en 2004 menée sur un patient atteint du syndrome de la bouche brûlante a montré une récupération complète après élimination de toutes

les restaurations à l'amalgame. Néanmoins, ce patient était très allergique au mercure et à l'amalgame (plusieurs poussées érythémateuses lors du test à l'allergène) (87). Ce n'est pas le cas chez tous les patients atteints et il est parfois compliqué de soigner cette maladie. Des hypothèses et recherches sont en cours, basées sur la psychologie, les traits de personnalité et sur la salive, pour étudier et apporter des réponses au syndrome de la bouche sèche (54).

2.3.1.5 Les réactions lichénoïdes

Ce sont les principales réactions allergiques qui peuvent apparaître après la pose d'une restauration dentaire. Les matériaux responsables de ces lésions sont le mercure, l'or, le chrome, le sulfate de cuivre et les résines méthacrylates (37). L'altération des tissus est ici causée par la fixation d'un antigène sur les kératinocytes qui sont ensuite reconnus et détruits par les cellules du système immunitaire (26).

Ces lésions sont généralement assimilées au lichen plan buccal ce qui peut porter à confusion. Pour faire la distinction entre ces deux lésions, il faut d'abord se baser sur la définition du lichen plan buccal mais aussi inclure l'historique médical du patient, l'examen clinique et histopathologique (65).

Le lichen plan buccal est une dermatose inflammatoire bénigne, mais chronique, le plus souvent papuleuse et prurigineuse. Il possède une limite nette et une absence de polynucléaires éosinophiles et neutrophiles. Son étiologie est incertaine, il atteint de façon prépondérante les femmes d'âge moyen (quatrième et cinquième décennies). La guérison est le plus souvent spontanée (124) ou au moyen d'un traitement par corticothérapie.



Figure 5 : Lichen plan bilatéral des muqueuses jugales par B. Delisle, 2014 (36).

Dans le cas de lésions lichénoïdes, on observe un infiltrat inflammatoire chronique avec une limite mal définie et la présence de cellules inflammatoires tels que des polynucléaires éosinophiles et neutrophiles. La guérison est généralement observée après la dépose de la restauration et instauration d'une hygiène bucco-dentaire parfaite (37).



Figure 6 : Lésion lichénoïde due à un amalgame par B. Delisle, 2014 (36).

La plupart de ces lésions sont limitées à la zone de contact avec l'amalgame dentaire. Selon une étude d'Henricksson en 1995, 92% des lésions disparaissent après la dépose de la restauration (59). La dépose des amalgames entraîne, dans la majorité des cas, une amélioration ou une disparition des signes cliniques. Il est aussi recommandé de supprimer les facteurs locaux irritatifs (tels que la plaque dentaire) et d'éduquer le patient à l'hygiène bucco-dentaire en plus de la dépose (122).

	Lésions lichénoïdes	Lichen plan buccal
Critères cliniques	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions unilatérales ou bilatérales en contact avec des restaurations dentaires. - Présentes tant que la restauration est en place. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lésions unilatérales ou bilatérales sans contact avec des restaurations dentaires. - Période de rémission et période d'exacerbation (liées à l'anxiété).
Critères histologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltrat chronique inflammatoire avec un bord mal défini au niveau de la zone sous épithéliale. - Présence de polynucléaires éosinophiles et neutrophiles. - Présence d'un nombre important de cellules plasmatiques dans l'infiltrat inflammatoire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltrat inflammatoire bien défini composé de lymphocytes. - Désorganisation et destruction de la membrane basale cellulaire. - Absence de polynucléaires éosinophiles et neutrophiles.
Traitement	Dépose de la restauration	Traitement par corticostéroïdes.

Tableau 3 : Différences cliniques, histologiques et traitements des lésions lichénoïdes et du lichen plan buccal, d'après Do Prado et al., 2009 (37).

2.3.2 Les effets sur l'organisme humain

On sait maintenant que le mercure est un métal que l'on retrouve dans l'environnement à partir de sources naturelles et anthropiques. Il est hautement toxique pour les écosystèmes et les êtres vivants. De grandes populations y sont exposées ce qui en fait un problème très important au niveau de la santé publique. Des effets néfastes sur la santé sont fréquemment observés dans le système nerveux, mais chaque organe est aussi une cible potentielle. Quels sont les effets des amalgames sur l'organisme humain en dehors du milieu buccal ?

2.3.2.1 Les effets rénaux

Il est établi que 60 à 90 % de la charge en mercure de l'organisme transite par le rein. Ce mercure peut se combiner à des métallothionéines avant d'être éliminé dans les urines (24).

En 1998, Ekstrand publie une revue dont le but est d'étudier les taux de mercure dans la salive, les matières fécales, le sang, le plasma et l'urine avant et jusqu'à 60 jours après le retrait des obturations à l'amalgame. Leur conclusion, en se basant sur des marqueurs de la fonction rénale, est qu'il y a une absence d'effets indésirables rénaux chez les sujets porteurs d'obturations à l'amalgame (40).

En 2004, Bates effectue une étude épidémiologique à grande échelle chez des patients porteurs d'amalgames. Il se base sur 20 000 personnes (dont 84 % d'hommes), qui ont été suivies entre 1977 et 1997 et qui ont mis en lumière les résultats suivants : il n'y a pas d'association entre la présence d'amalgame et les néphrites, les insuffisances rénales aiguës et chroniques. Il conclut à l'absence d'association entre les amalgames présents en bouche et les insuffisances rénales (8).

Dans une étude d'Al-Saleh en 2012, une corrélation entre le mercure urinaire et le nombre d'amalgames présent en bouche est retrouvée. Cette étude en arrive à la conclusion qu'une exposition au mercure provenant des amalgames dentaires exerce un effet sur les fonctions tubulaires rénales (3). Toutefois, il ajoute que les amalgames dentaires n'augmentent pas les dommages sur les reins mais réduisent leurs capacités d'excrétions urinaires.

Les conclusions de ces rares études ne sont pas en faveur d'une association entre toxicité rénale et amalgame dentaire. La quantité de mercure libéré par les amalgames dentaires est insuffisante à elle seule pour développer un syndrome rénal. En revanche, la présence d'amalgame peut aggraver les symptômes des patients qui ont des antécédents d'atteinte de leur fonction rénale. C'est pour cela qu'ils sont, par précaution, contre-indiqués chez ces patients (122).

2.3.2.2 Les effets neurotoxiques

Les amalgames dentaires libèrent constamment des vapeurs de mercure. Ces vapeurs sont absorbées dans le sang par les voies respiratoires pulmonaires et en plus petite quantité directement dans les tissus environnants comme la gencive. Elles ont aussi la capacité de passer à travers la barrière hémato-encéphalique et de pénétrer dans les neurones et les mitochondries, causant ainsi potentiellement des troubles neurologiques.

Le mercure contenu dans les amalgames peut facilement atteindre le cerveau et s'y accumuler. Il est suspecté d'être un facteur aggravant des maladies neuro-dégénératives tels que la maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson. Les individus génétiquement sensibles, en particulier, peuvent développer ces maladies même si le niveau de mercure est faible.

En 2014, Ertaş a publié une étude provenant d'autopsies de 32 personnes, dont 10 portaient des amalgames dentaires, et a mis en évidence la présence de dépôt de mercure dans le lobe pariétal du cerveau. Il a constaté que 60 % des sujets avec des obturations à l'amalgame avait des niveaux de mercure plus élevé par rapport au groupe sans amalgames. Le niveau de mercure dans le cerveau des sujets avec des soins dentaires était compris entre 0,83 et 0,97 µg/g. Celui de ceux sans soins dentaires était compris entre 0,57 et 1,06 µg/g. Aucune corrélation n'a été établit entre les niveaux de mercure dans le cerveau des sujets et l'impact des amalgames dentaires (44).

Pendant de nombreuses années, le manque d'enquêtes épidémiologiques démontrant des liens possibles entre les amalgames dentaires et les troubles neurologiques ont été de solides arguments utilisés par les pays scandinaves pour interdire l'usage des amalgames dentaires.

L'ANSM, dans son dernier rapport en 2015, indique qu'il n'y a pas de liens entre la présence en bouche d'amalgames et le diagnostic de pathologies neurologiques, psychologiques et néphrologiques (122).

Aucune étude épidémiologique ne permet de définir un groupe à risque pour l'effet neurotoxique du mercure des amalgames. On pourrait penser que les enfants constituent un groupe à risque en étant plus sensibles que les adultes. L'ANSM se veut rassurante en ce qui concerne la sécurité d'utilisation des amalgames dentaires. Elle indique aussi que l'exposition aux amalgames dentaires chez les enfants n'est pas associée à des atteintes de la fonction neurologique, qu'elle n'a pas d'impact sur le développement mental et psychomoteur et qu'elle n'entraîne pas de prématurité ou des neuropathies (122).

2.3.2.3 Les effets neuromusculaires

Les métaux toxiques, et le mercure en particulier, ont longtemps été soupçonnés de jouer un rôle dans la pathogenèse de la sclérose latérale amyotrophique (SLA) aussi connue sous le nom de maladie de Charcot. C'est une maladie qui provient de la mort progressive des motoneurones, les cellules nerveuses qui dirigent et contrôlent les muscles volontaires.

Les personnes atteintes de SLA s'inquiètent de savoir si elles devraient faire retirer leurs amalgames dentaires. Un rapport de Mangelsdorf et al. en 2017 suggère que la suppression des obturations dentaires combinés avec un traitement par chélation (au DMPS) et un régime nutritionnel strict peut entraîner une stabilisation ou une guérison de certaines formes de SLA (75).

Cependant, une étude en 2018 de Parkin-Kullmann ne réussit pas à prouver que l'exposition au mercure provenant spécifiquement des obturations dentaires est plus fréquente dans le groupe des personnes atteintes de SLA que dans le groupe témoin (86).

Si le mercure joue un rôle dans la pathogenèse de la SLA, il semble probable que d'autres facteurs tels que les susceptibilités génétiques ou épigénétiques à la toxicité du mercure, de multiples interactions métalliques toxiques ou une carence en sélénium doivent être présents pour déclencher la maladie.

Cela rejoint de nombreuses conclusions sur le mercure des amalgames dentaires. Il ne déclenche pas les maladies citées précédemment, il peut en revanche les aggraver chez les personnes sensibles au mercure.

2.3.3 Autres conséquences sur la santé

2.3.3.1 Lien entre la concentration en mercure et dommages sur la cavité buccale

De nombreuses études épidémiologiques ont évalué l'impact de l'exposition au mercure provenant des amalgames dentaires.

Dans une étude récente (57), les hommes avec des niveaux élevés de mercure dans les cheveux (supérieur à 1 partie par million (ppm)) avait une probabilité 50 % plus élevée d'avoir une parodontite que ceux avec des niveaux de mercure normaux (inférieur à 1 ppm). Le mercure semble donc avoir un rôle dans le développement et l'accentuation des parodontites.

En étudiant les fibroblastes du ligament parodontal, on constate qu'elles sont responsables de différentes fonctions pour maintenir l'homéostasie parodontale : elles produisent et sécrètent les composants de la matrice extracellulaire, jouent un rôle dans le remodelage de l'os alvéolaire et elles participent aux événements immunitaires et inflammatoires des maladies parodontales en produisant des cytokines et des chimiokines. Ces cellules peuvent modifier leur métabolisme en fonction de l'exposition à des agents physiques ou chimiques. L'exposition au mercure des amalgames impacte négativement leur fonction dans la cavité buccale (110).

En 2019, Nogueira et al. nous en apprennent davantage sur les effets du mercure sur les tissus de soutien de la dent. Les fibroblastes du ligament parodontal (cellules hPLF) sont des cellules responsables de la production de la matrice extracellulaire et du collagène, en plus du renouvellement, de la réparation et de la régénération tissulaire. Quand le mercure s'accumule au niveau des cellules hPLF, il est capable de produire des espèces réactives de l'oxygène qui réagissent directement avec l'ADN ou induisent des changements dans les enzymes de réparation de l'ADN et les protéines des microtubules. Selon cette étude :

- Une concentration de 60 µg par jour de mercure ou moins n'exerce pas d'effets négatifs sur les fibroblastes du ligament parodontal,

- Les dégâts sur l'ADN des cellules hPLF sont significatifs à partir de 600 µg de mercure. Leur viabilité diminue, elles ont des difficultés à régénérer le parodonte et on constate l'apparition d'une parodontite.
- Après une exposition à 1400 µg de mercure, 100 % des cellules hPLF ne sont plus viables. A ce stade, le ligament parodontal est totalement détruit (82).

En France, l'OMS recommande de ne pas absorber plus de 200 µg de mercure par semaine (28,5 µg par jour). La dose moyenne d'ingestion du mercure par personne est supérieure à cette recommandation. Elle est en effet de 267 µg par semaine (38 µg par jour). Ces résultats sont à mettre en comparaison avec les valeurs des vapeurs de mercure qui sont libérées par les amalgames dentaires. Ainsi, en moyenne, les amalgames libèrent quotidiennement entre 3 et 17 µg de mercure (78).

A la lecture de ces valeurs on peut en déduire que ce n'est pas l'amalgame qui déclenche les troubles parodontaux, ni qui est responsable de l'intoxication au mercure. Néanmoins, il est intéressant d'utiliser d'autres matériaux d'obturation que l'amalgame sur un patient consommant régulièrement du poisson dans le but d'éviter d'augmenter la toxicité à long terme.

L'étude de Varkey et al. en 2014 nous permet de conclure de la façon suivante : « L'affirmation qui indique que le mercure libéré par les restaurations à l'amalgame dentaire est une source d'exposition doit être écartée, car les facteurs environnementaux dépassent largement les niveaux d'expositions des restaurations dentaires » (78).

2.3.4 Les personnes à risque

L'idée qu'il existe des personnes à risque est régulièrement évoquée et il convient d'éviter la pose d'amalgame chez ces patients. Les avis sont généralement partagés mais il ressort quatre grands groupes d'individus.

2.3.4.1 Les femmes enceintes

De nombreuses recherches mettent en évidence la transmission de mercure entre la femme enceinte et son enfant. Le mercure s'accumule chez la mère et se transmet par le placenta chez l'enfant. Cela peut avoir des conséquences dramatiques car le placenta possède une capacité à concentrer le mercure, et ce jusqu'à dix fois plus par rapport à la capacité du sang.

Le drame de Minamata a mis en évidence de nombreux effets graves chez les nourrissons tels que des lésions cérébrales irréversibles, une atrophie du cerveau, des troubles neurologiques graves, des léthargies, des convulsions et une baisse du quotient intellectuel, alors même que les mères ne présentaient pas toujours de signes cliniques d'intoxication. Ce drame illustre la grande vulnérabilité des jeunes enfants au mercure et nous a permis d'en apprendre plus sur son exposition à des doses importantes.

La transmission de mercure par l'amalgame n'a cependant rien à voir avec cette catastrophe, les doses étant largement moins importantes. Les vapeurs de mercure libérées par les amalgames dans le sang des femmes enceintes passent rapidement le placenta et sont récupérées dans le sang fœtal, l'hypophyse, le foie ainsi que le liquide amniotique. Néanmoins, il reste compliqué de prouver une corrélation entre le niveau de mercure chez les nourrissons et le nombre d'amalgames chez la mère (14).

En 2018, Lygre et al. ont essayé de trouver une association entre l'exposition prénatale à l'amalgame dentaire et le risque de troubles de l'attention et d'hyperactivité. Ses données étaient basées sur 42 163 enfants de 3 ans et 23 392 enfants de 5 ans. Sa conclusion a été qu'il n'y avait aucune association significative entre le nombre de dents avec obturations à l'amalgame, les obturations placées ou retirées pendant la grossesse et les symptômes liés au trouble de l'attention et l'hyperactivité (73).

Une étude de Emeny et al. en 2019 nous permet d'éclaircir plusieurs points concernant la transmission du mercure chez la femme enceinte et ses effets. Parmi les nourrissons dont les mères ne consomment pas de poisson ou de fruits de mer, mais porteuses d'amalgames, il n'a pas été montré de risque accru d'infections des voies respiratoires supérieures et inférieures ni d'allergies par rapport au groupe des mères sans amalgames (41).

2.3.4.2 Les enfants

Les enfants ont des capacités de défense et de résistance amoindries par rapports aux adultes, ils sont considérés comme des personnes vulnérables. On pourrait penser qu'ils sont susceptibles de développer des maladies en lien avec l'utilisation des amalgames.

Il y a bien un risque en cas de présence d'amalgames dentaires et d'utilisation de gomme à mâcher. Cette mastication augmente transitoirement la libération de mercure par les amalgames. Leur consommation doit être évitée par les enfants porteurs de restaurations à l'amalgame (61).

Son innocuité en tant que matériau de restauration dentaire est démontrée par plusieurs études mais on constate depuis de nombreuses années que son utilisation est en chute libre.

En 2019, Padmakumar et al. étudient les différences de concentrations de mercure dans les cheveux des enfants consommateurs de poisson qui ont ou non des amalgames dentaires. Il constate que les valeurs moyennes de concentration en mercure dans les cheveux augmentent avec la consommation de poisson passant de 1,13 µg/l à 2,4 µg/l au bout de 3 mois. Mais il remarque aussi que les augmentations des valeurs sont du même ordre dans les groupes avec et sans amalgames. Il ne parvient pas à mettre en lumière d'effets délétères dues à l'utilisation des amalgames et conclut en encourageant son utilisation (85).

Une étude de Barry et al. en 2020 a essayé de mettre en association le niveau de mercure dans la salive et les troubles de l'attention et l'hyperactivité. Son étude portait sur trois groupes d'enfants de 6 ans, 12 ans et 16 ans qui avaient des amalgames en bouche tout en comparant avec un groupe témoin. Il n'a pas constaté suffisamment de preuves pour établir une association entre les troubles de l'attention et la présence de mercure en bouche (7).

2.3.4.3 Les adultes vulnérables

Le mercure est largement reconnu comme un métal neurotoxique, il peut également agir comme agent pro-inflammatoire et immunostimulant en fonction de l'exposition et de la sensibilité individuelle. Il convient de limiter l'usage des amalgames dentaires chez les individus allergiques au mercure mais aussi chez ceux souffrant d'insuffisance rénale.

Chez les individus sensibles, une faible exposition chronique au mercure peut déclencher une inflammation locale et systémique, voir exacerber la réponse auto-immune déjà existante (16).

De nombreuses études confirment l'effet des allergies aux métaux sur les lésions lichénoïdes buccales, en particulier lors de l'usage d'amalgames dentaires et de dispositifs orthodontiques.

Une étude de Laine et al. en 1997 a établi une liste des allergènes. Le mercure est responsable de 66,1 % des cas d'allergies. Pour ces patients, les effets sont le plus souvent des réactions de contact et des irritations. L'élimination de l'amalgame permet d'apporter rapidement une amélioration chez 97,1 % de ces patients (71).

Enfin, chez les individus ayant des problèmes rénaux, il est d'usage de ne pas utiliser d'obturation à l'amalgame pour ne pas aggraver une maladie déjà existante. Les capacités de filtration et d'évacuation des reins sont limités chez ces patients. En 2015, l'ANSM déconseille le mercure pour les soins chez les patients souffrant d'insuffisance rénale (122).

2.3.4.4 Les individus à risque carieux individuel élevé

C'est un groupe particulier qui est dans une situation embarrassante et ce pour plusieurs raisons. Il est admis, et c'est le rôle du dentiste, que la carie doit être traitée car elle est considérée comme une maladie infectieuse. Pour la grande majorité des praticiens, le soin à la résine composite ne semble pas indiqué sur les individus à risque carieux individuels élevé car il n'offre pas suffisamment de garanties d'étanchéités. L'amalgame apparaît alors comme un matériau de choix. Il faut alors faire attention au nombre d'amalgame présents en bouche.

Le rapport de Richardson en 1995 détermine une dose journalière admissible de 0,014 µg de mercure par kg de poids corporel. Cette dose est fondée sur l'observation des patients qui ne présentent aucun symptôme clair et n'exigent aucune intervention. Cela lui permet de déterminer le nombre maximal de dents obturées à l'amalgame pour ne pas dépasser cette valeur : 1 amalgame chez les enfants de moins de 11 ans, 3 amalgames chez les adolescents de moins de 19 ans, 4 amalgames chez les adultes (143).

En 1998, une étude d'Echeverria et al. détermine la teneur admissible en mercure dans l'urine : 0,7 µg de mercure par litre. Cette teneur en mercure de l'urine correspond à environ 5 obturations à l'amalgame (39).

Une étude récente de Dutton et al. en 2013 identifie la limite haute à 7 amalgames en bouche. Au-delà, l'exposition aux vapeurs de mercure devient problématique et le niveau de mercure urinaire est 50% plus élevé que chez une personne sans amalgames (38).

A cela il est important d'ajouter que l'exposition du mercure des amalgames ne dépend pas uniquement du nombre de dents obturées. La taille et l'emplacement des amalgames rentrent aussi en ligne de compte. Principalement à cause de l'importance de la mastication et de l'abrasion, les surfaces occlusales obturées peuvent conduire à une exposition plus grande que les surfaces proximales ou vestibulaire obturées. Quant à elles, les obturations plus petites exposent moins au mercure que les grandes obturations.

Il serait donc très intéressant de développer des outils de mesure du relargage du mercure par les amalgames et de déterminer précisément les valeurs à ne pas dépasser. Ainsi en l'utilisant chez des patients ayant de multiples restaurations à l'amalgame, cela nous permettrait d'avoir une limite à ne pas dépasser pour ne pas intoxiquer le patient.

C'est finalement une fausse bonne idée de n'utiliser que des amalgames chez des individus à risque carieux élevé. Le risque étant de voir apparaître des complications liées au mercure tels que des tatouages gingivaux, des problèmes parodontaux ou pire, l'apparition de problèmes rénaux ou neuromusculaires. L'enseignement à l'hygiène répété à chaque rendez-vous apparaît alors comme étant la seule vraie solution face à ces patients.

2.3.5 L'exposition en milieu professionnel

Les chirurgiens-dentistes et leurs assistantes font parties des professionnels les plus exposés au mercure des amalgames dentaires. Cette exposition a lieu à différents moments : lors de la préparation, de l'utilisation, de la dépose ou encore lors du polissage. Le risque pour la santé est important du fait des nombreuses occasions de contact ou d'inhalation de vapeurs de mercure.

Les assistantes dentaires semblent particulièrement exposées au risque de maladies professionnelles liées à l'exposition mercurielle. Cette exposition peut

entraîner des perturbations cognitives, des symptômes neurologiques et une fatigue inexplicable (62).

D'après plusieurs études [(4), (35), (66)], les dentistes ont des niveaux plus élevés de mercure dans le sang, les urines, les selles, les ongles, les cheveux et les organes par rapport à la population générale. Le taux de mercure dans l'organisme augmente sensiblement avec les années d'exercice et même les années d'études. Les dentistes ont également une prévalence plus élevée des problèmes de santé associés au mercure tels que des problèmes neurologiques ou des problèmes de reproduction (39).

On constate cependant que les taux moyens de mercure chez les dentistes et les assistantes dentaires sont en constante diminution au fil des années. Ainsi, entre 1986 et 2012, sur 13 906 dentistes américains, les valeurs de mercure sanguin sont passés de 14 µg/l à 5 µg/l (4). L'exposition professionnelle au mercure chez les dentistes américains a diminué au fil du temps et se rapproche maintenant de la population générale.

L'exposition au mercure peut être évalué de différentes manières : en évaluant les quantités de mercure présents chez les praticiens et les assistantes et en mesurant les concentrations atmosphériques en mercure dans les cabinets dentaires (sols, murs, aérations).

2.3.5.1 Au moment de la préparation et de la dépose

Lors de la préparation, l'utilisation de capsules pré-dosées diminue le risque de contamination des personnels et de l'environnement de travail. Le mélange s'effectue dans la capsule, ce qui empêche le dégagement de vapeurs de mercure. Un léger dégagement de vapeurs est néanmoins possible lors de l'ouverture de cette dernière car le mélange de la poudre d'alliage et du mercure produit de la chaleur sous l'effet de l'amalgamateur.

Les praticiens qui s'exposaient le plus étaient ceux qui utilisaient du mercure en « vrac » pour la préparation des amalgames dentaires. Les accidents de manipulation (renversement du mercure dans le local de travail) avaient une forte importance dans l'exposition des praticiens et des assistantes. La manipulation à mains nues s'accompagnait d'une hausse de la contamination au mercure (21).

Le nombre d'obturations à l'amalgame dentaire par semaine effectués par le personnel dentaire montre aussi une tendance à la hausse de la concentration de mercure dans les échantillons sanguins. Une étude de Jamil et al. en 2016 enregistre les concentrations moyennes de mercure suivantes :

- 36,51 µg/l chez les dentistes qui effectuent plus de 10 restaurations à l'amalgame par semaine.
- 32,156 µg/l chez les dentistes qui réalisent entre 5 et 10 restaurations à l'amalgame par semaine.
- 16,781 µg/l chez ceux qui font moins de 5 restaurations à l'amalgame par semaine.

Enfin, le moment de la dépose d'un amalgame semble être un des moments où le praticien est le plus exposé au mercure. La taille d'un amalgame génère des particules de mercure très volatil et en quantités importantes qui perdurent pendant plus d'une heure après le geste. Ces particules peuvent être absorbées par inhalation ou à travers la peau. Les particules peuvent pénétrer par l'épiderme des bras, du torse, du cou, c'est une protection intégrale qui est recommandée pour se protéger. Une étude de Warwick et al. a démontré qu'avec suffisamment de précautions et l'usage de protections adaptées, les praticiens n'inhalent plus de vapeurs de mercure (115).

Bien que les particules de mercure soient la source d'exposition, c'est surtout la vapeur qui se dégage de ces particules qui est dangereuse car c'est sous cette forme qu'elles sont facilement absorbées dans l'organisme par les poumons et la peau. L'augmentation de la température lors du retrait augmente la pression des vapeurs de mercure. Une turbine dentaire peut tourner jusqu'à des vitesses de 350 000 tours/min (121) et, par conséquent, générer des frottements et augmenter la chaleur au sein de l'amalgame.

D'autres facteurs interviennent aussi dans la libération du mercure comme le type de fraises (diamant ou carbure de tungstène), la pression de l'opérateur, la température de l'eau, le type d'amalgame ou encore l'âge de la restauration (115).

2.3.5.2 Nettoyage et stérilisation des instruments

Lors des phases de décontamination et de lavage des instruments, certains produits peuvent entraîner la libération de vapeur de mercure. Les recherches

montrent que le mercure est libéré dans l'atmosphère lorsqu'il est dissout dans des solutions acides ou oxydantes. Les désinfectants chlorés libèrent plus d'ions mercure que les désinfectants à base d'ammoniums quaternaires (93). Il est judicieux d'utiliser des produits au pH neutre qui contiennent un désinfectant à base d'ammoniums quaternaires car ils associent à leur action désinfectante une action détergente et évitent la libération des vapeurs de mercure (45).

On sait maintenant que la chaleur augmente l'aspect volatile des vapeurs de mercure. Un stérilisateur peut devenir un instrument de contamination très important du fait de sa petite taille et des hautes températures qu'il atteint. Il est nécessaire de bien nettoyer les instruments et d'enlever tous les résidus d'amalgames avant de les déposer dans le stérilisateur afin d'éviter une zone de contamination supplémentaire. Le fait de mettre les instruments dans des sachets soudés permet aussi de limiter cette libération de vapeurs de mercure (45).

2.3.5.3 L'environnement de travail

Le mercure peut se répandre dans une grande partie du cabinet que ce soit par ses vapeurs, par dissémination aérienne, par contact ou par le passage dans le circuit d'aspiration. Toutes les surfaces sont susceptibles d'être contaminées par le mercure.

Il n'y a pas d'obligation en ce qui concerne le choix du revêtement des sols, murs, plafonds, rideaux et plans de travail dans les cabinets dentaires. En l'absence de textes réglementaires, ce sont surtout des obligations de sécurité qui prédominent, avec l'hygiène au cœur de ces préoccupations, pour le choix des matériaux (126).

- L'hygiène du cabinet

Ce n'est pas une règle spécifique au mercure. Elle est appliquée à l'ensemble du cabinet. Le nettoyage doit être fait quotidiennement. Il concerne l'ensemble des surfaces et il se fait à l'eau avec des détergents. Le local doit être aéré au moins 5 minutes par heure (122).

- Nature des revêtements des sols et des murs

Il existe une relation entre la nature du revêtement des sols et des plans de travail et la pollution du cabinet. Les moquettes, le plancher et les joints de carrelage trop grands sont des facteurs aggravants car ils augmentent la rétention des poussières et des micro-organismes. Les gouttelettes de mercure peuvent s'y accumuler en

échappant au nettoyage et à la désinfection. Les parquets de bois sont déconseillés en raison des interstices qu'ils créent.

Kessel et coll., en 1980, ont comparé des locaux de plusieurs cabinets dentaires. Les taux de mercure dans les urines et le sang des praticiens ont été analysés. Il en ressort que les praticiens travaillant avec des revêtements en plastique sont moins exposés que ceux travaillant avec de la moquette (96).

Les revêtements vinyliques traités avec une couche protectrice et ceux en résine sont ceux qui répondent le mieux aux recommandations émises : ils sont étanches, résistants à l'usure, permettent un entretien aisé et sont non bruyants (126). Les rideaux, les moquettes et les tapis sont de véritables pièges à mercure, ils sont très difficiles à nettoyer et relarguent de façon progressive des vapeurs de mercure (5).

Les revêtements des murs doivent être lessivables et doivent pouvoir supporter l'essuyage humide ainsi que l'application de détergents et désinfectants. Les moquettes et tissus sont proscrits. L'utilisation de peintures facilement lavables, de papiers peints en vinyles lessivables ou encore de résines est conseillé.

Les plans de travail doivent être facile à entretenir (nettoyage et désinfection) et doivent résister aux liquides utilisés en cabinet (eugénol, monomères) (77).

- La ventilation

C'est l'élément fondamental pour éviter la contamination par les vapeurs de mercure. En 1971, Stewart et Stradling ont fait des mesures en neutralisant les systèmes de ventilation et d'aération d'un cabinet dentaire. Les concentrations atmosphériques en mercure sont passés de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 30 minutes, puis à 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ après la préparation d'un amalgame. Ils ont aussi déterminé que 5 minutes de ventilation étaient suffisantes pour faire redescendre cette concentration à 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (106).

La ventilation en circuit fermé, la climatisation et les ventilateurs favorisent le confinement et augmentent l'exposition au mercure (5). La stérilisation est génératrice de vapeurs de mercure à cause de la forte chaleur qu'elle requiert pour fonctionner (45).

L'environnement de travail joue un rôle crucial dans l'exposition au mercure du personnel dentaire. Svendsen et al. (108) ont montré qu'une diminution de l'exposition au mercure au fil des ans était due :

- A l'amélioration des pratiques d'hygiènes.
- A une meilleure méthode de préparation (conditionnement en capsule) et au développement d'alliages d'amalgames améliorés.
- A l'amélioration de l'équipement utilisé pour les revêtements et la ventilation dans les cabinets dentaires.

2.4 Intérêts de l'amalgame par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire

Ces dernières décennies, la toxicité connue du mercure, l'interdiction de l'utilisation des amalgames dans les pays nordiques mais aussi la demande croissante en restaurations esthétiques ont conduit au développement de nouveaux matériaux de restauration dentaire. On a vu précédemment que l'amalgame dentaire avait de nombreuses qualités, en particulier sa dureté, son étanchéité et son coût. Mais c'est aussi un matériau qui est sur la pente descendante au niveau de son nombre d'utilisateurs (91).

2.4.1 Les alternatives à l'amalgame et leur toxicité

Les matériaux qui vont suivre peuvent constituer une alternative aux amalgames pour les mêmes indications cliniques (traitement de la carie au niveau des dents postérieures) et la même technique d'utilisation c'est-à-dire la technique directe. Ces matériaux ne contiennent pas de mercure (122).

2.4.1.1 Les résines composites

Les composites sont des matériaux composés d'une matrice organique résineuse (Bis-GMA ou uréthanes), de charges (silice, verres) et d'un agent de couplage (silane). La matrice organique assure la cohésion du matériau (122). Les monomères les plus souvent utilisés sont le bisphénol A glycidylméthacrylate (Bis-GMA), 2-Hydroxyethyl méthacrylate (HEMA) et tri-éthylène-glycol-diméthacrylate (TEGDMA).

Pour atteindre sa rigidité finale, le matériau nécessite une phase de polymérisation qui se fait principalement par le biais d'une lampe à photopolymériser. La résine composite n'adhère pas naturellement à la surface dentaire et l'utilisation d'un système adhésif est nécessaire.

Le principal avantage des résines composites sur les amalgames se situe au niveau de l'esthétique. De nombreuses couleurs sont disponibles pour se rapprocher au plus près de la couleur de la dent du patient. En ce qui concerne les inconvénients des composites, leur étanchéité est moindre que celle des amalgames, les récives carieuses sont plus fréquentes, la phase de collage est sensible à l'humidité, le coût est plus élevé que celui d'un amalgame.

Les résines composites peuvent avoir des effets indésirables locaux et systémiques. Ces effets sont le plus souvent causés par la libération de substances après la polymérisation de la résine (20). Plusieurs études confirment la libération des monomères HEMA ou TEGDMA après une polymérisation incomplète ou par dégradation du matériau [(50) (52) (112)]. Ces monomères peuvent diminuer la viabilité cellulaire en endommageant les cellules fibroblastiques (20).

La toxicité des composites dépend aussi de plusieurs facteurs : type de charges, taille et structure chimique de la résine utilisée. La teinte de la résine peut avoir une influence sur la toxicité des monomères. Parmi trois composites étudiés (Filtek Z250®, Solitaire 2® et Grandio®), ce sont les composites aux teintes les plus sombres (C2 dans cette étude) qui ont les niveaux de cytotoxicité les plus élevés (en comparaison avec une teinte A2) (103).

En 2014, Chandwani et al. ont étudié une centaine de prémolaires saines qui devaient être extraites à la demande d'orthodontistes. Elles ont été utilisées pour comparer les effets des composites et des amalgames sur la pulpe dentaire. Les résultats sont les suivants :

- Après 24 heures, entre 68 et 72 % des dents avec des obturations au composite et à l'amalgame présentent une réponse inflammatoire de la pulpe modérée à sévère. L'auteur en conclut que c'est principalement dû à la préparation de la cavité.
- Après 7 jours, on constate une réduction significative de la sévérité de la réponse inflammatoire de la pulpe dans le groupe des amalgames par rapport au composite.
- 32 % des dents restaurées à l'amalgame présentent une fibrose. L'amalgame, par sa meilleure étanchéité, augmente le potentiel de cicatrisation de la pulpe.
- Au contraire dans le groupe des composites, 32 % des dents présentent des nécroses ou des abcès ce qui est un signe d'aggravation de la réponse inflammatoire. Cela peut être attribué à la pénétration bactérienne sous la restauration au composite, à la méthode de polymérisation, à la technique du praticien ou encore à la mort cellulaire par infiltration de monomère non durci dans la pulpe. (28)

Une étude d'Ergun et al. en 2011 nous apprend que pour diminuer la cytotoxicité des composites, la distance entre l'unité de photopolymérisation et la résine composite doit être la plus courte possible pour obtenir une biocompatibilité maximale. Il y a une différence de polymérisation et un nombre supérieur de cellules vivantes quand la distance est de 2 mm par rapport à une distance de 9 mm (43).

En 2004, Khalichi et al. constatent que les résines composites ne sont pas cariostatiques. En étudiant les monomères libres des résines (à savoir Bis-GMA, TEGDMA, UDMA), ils ont montré que le TEGDMA favorisait la prolifération de *S. sobrinus*, *S. mutans*, *S. salivarius* et *L. acidophilus*. Ces micro-organismes sont à l'origine du développement de la lésion carieuse. L'obturation au composite dans une cavité non complètement préparée où il y a encore des traces de tissus carieux peut favoriser la récurrence carieuse (69).

Enfin, les résines composites contiennent principalement des monomères acrylates qui se transforment en résines acryliques après la polymérisation. Les patients et les chirurgiens-dentistes sont d'abord exposés aux monomères pendant le traitement de la lésion carieuse, mais aussi exposés aux polymères après la restauration ce qui peut provoquer une irritation locale des muqueuses ou une réaction allergique (99).

2.4.1.2 Les ciments verres ionomères

Les ciments verres ionomères traditionnels, ou CVI, sont constitués d'une poudre (alumine, silice et fluorure de calcium) et d'un liquide (acides polyacrylique, itaconique et tartrique) à mélanger (81). Initialement utilisés comme ciment pour le collage des pièces prothétiques ou en obturation temporaire, ces matériaux ne nécessitent pas de phase de collage pour adhérer à la dent.

La présence de fluorures dans sa composition en fait un matériau approprié pour la prévention des caries. Les CVI libèrent des ions fluorures dans la dent et la salive pendant et après la prise du matériau. Ils possèdent cependant des limites au niveau de leurs propriétés mécaniques et s'érodent plus rapidement que les composites et les amalgames (122).

Pour pallier aux limites des CVI traditionnels, les ciments verres ionomères modifiés par addition de résine (CVIMAR) ont été développés. L'ajout de petites

quantités de résine permet d'améliorer les propriétés mécaniques sans altérer les propriétés d'adhérence au tissu dentaire des CVI traditionnels ou le relargage d'ions fluorures. Les résines ajoutées sont le plus souvent du Bis-GMA, du HEMA ou du TEGDMA (81). L'adhérence des CVIMAR aux tissus dentaires est environ le double de celle des CVI traditionnels soit 8 à 12 MPa (123).

Par rapport à l'amalgame, les CVI ont l'avantage de libérer du fluor, d'avoir une très bonne tolérance pulpaire et une technique de pose facile et rapide. Ils ont en revanche des propriétés mécaniques faibles sauf pour le CVIMAR qui vient combler les lacunes d'un CVI traditionnel. On les utilise en obturation provisoire et en technique « sandwich », en tant que reconstitutions pré-endodontiques pour la mise en place du champ opératoire dentaire et en odontologie pédiatrique.

Les CVI ont une place de plus en plus importante dans l'arsenal thérapeutique du chirurgien-dentiste. Ils ont une place de choix parmi les substituts à l'amalgame du fait de leur libération de fluorures (123).

Les CVI ont une très bonne tolérance pulpaire. Ils sont très étanches au niveau de la périphérie cavitaire. Les sensibilités post-opératoires sont rares. Cette bonne tolérance est dépendante de la bonne mise en œuvre du matériau en respectant scrupuleusement les recommandations d'usage.

Les CVI sont très bien tolérés par les tissus parodontaux. Ces matériaux auraient la capacité de réduire le biofilm sub-gingival et de participer ainsi à la diminution de l'irritation gingivale. Cette propriété est dépendante de l'état de surface du CVI (60).

2.4.1.3 Les alcasites

Les ciments verres ionomères sont utilisés depuis de nombreuses années comme matériaux d'obturation et rencontrent un grand succès. Ils ont néanmoins de mauvaises propriétés mécaniques et sont contre-indiqués en cas de sollicitation occlusale. Il existe une demande importante pour une alternative qui offre à la fois une libération de fluor et une résistance à la compression et à la flexion accrue.

Les matériaux alcasites sont conçus pour libérer des ions hydroxydes neutralisant les acides et régulant le pH. Cela dans le but de prévenir la déminéralisation des dents mais aussi de participer à la reminéralisation de l'émail

avec la libération d'ions fluorures et calcium. La société Ivoclar Vivadent® a mis au point un alcasite nommé Cention Forte® qui semble être prometteur en ce qui concerne la résistance à la flexion et à la compression. Ce produit sera commercialisé à partir de juillet 2021.

En comparaison avec l'amalgame, les alcasites ont comme les CVI l'avantage de libérer du fluor. On constate aussi une libération des ions calcium et hydroxydes, ils régulent le pH et participent à la reminéralisation de l'émail et la dentine.

En ce qui concerne les inconvénients, les alcasites peuvent provoquer des sensibilités et une irritation pulpaire s'il n'y a pas une barrière dentinaire suffisante entre le matériau et la pulpe. Ils sont sensibles aux colorants. Le café, le thé, la chlorhexidine et les révélateurs de plaque peuvent colorer le biomatériau.

Il n'y a pas encore d'informations disponibles relatives à une présumée toxicité de ce matériau.

2.4.2 Conclusion sur les matériaux alternatifs aux amalgames dentaires

Il n'existe pas à ce jour un biomatériau qui réunit les avantages des amalgames en ayant une très bonne esthétique et une mise en œuvre rapide. Ces dernières années, l'ensemble des biomatériaux dentaires ont fait des progrès indéniables. Les résines composites micro-hybrides ont permis d'augmenter la résistance en flexion et en compression des restaurations mais leur intolérance à l'humidité persiste. Les CVIMAR se sont développés avec l'apparition de l'Equia Forte de GC® qui malheureusement ne tient pas ses promesses de résistance à la compression (133). Les alcasites viennent d'arriver sur le marché et il est encore tôt pour tirer des conclusions à propos de ce matériau.

Il est triste de constater qu'année après année les inconvénients des résines composites ne changent pas. Le taux de caries secondaires sous ces obturations est toujours jusqu'à deux fois supérieur à celui des amalgames (137).

Quand l'amalgame dentaire est posé correctement et que le praticien prend toutes les dispositions pour protéger le patient et l'équipe dentaire de la contamination mercurielle, il est le matériau le moins toxique et possède la meilleure tenue dans le temps. Il reste un matériau d'obturation parfaitement sûr quand on le compare à ses alternatives. Les dernières réglementations et législations, guidées par des craintes

de pollution environnementale, viennent cependant lui réduire son espérance de vie en Europe.

3 Evolution des obligations réglementaires

3.1 Positions et recommandations des différentes instances

3.1.1 Internationales

3.1.1.1 Organisation des Nations Unies

En 2009, l'Organisation des Nations Unies (ONU) s'inquiète des rejets mercuriels et décide de réfléchir à une convention visant à réguler et limiter la pollution mercurielle. Quatre ans plus tard, en 2013, la convention de Minamata voit le jour. Son objectif est de contrôler les émissions et rejets anthropiques du mercure tout au long de son cycle de vie. Cette convention est signée le 10 octobre 2013 par 140 états à Minamata au Japon. Elle est entrée en vigueur le 16 août 2017 (147).

De nombreuses mesures ont été adoptées pour éliminer progressivement l'utilisation du mercure dans la santé. En ce qui concerne les amalgames dentaires, ce sont 9 mesures qui ont été prises :

- « 1) Définir des objectifs nationaux de prévention des caries et de promotion de l'hygiène dentaire pour réduire autant que possible le besoin de restauration dentaire.
- 2) Définir des objectifs nationaux visant à réduire autant que possible leur utilisation.
- 3) Promouvoir l'utilisation de matériaux de restauration dentaire économiques et cliniquement efficaces qui ne contiennent pas de mercure.
- 4) Promouvoir les activités de recherche-développement axées sur des matériaux de restauration dentaire de qualité qui ne contiennent pas de mercure.
- 5) Encourager les organisations professionnelles représentatives et les écoles de médecine dentaire à éduquer et former les professionnels du secteur dentaire et les étudiants à l'utilisation de matériaux de restauration dentaire sans mercure et à la promotion des meilleures pratiques de gestion.
- 6) Décourager les polices d'assurances et programmes qui privilégient les amalgames plutôt que les matériaux de restauration dentaire sans mercure.

7) Encourager les polices d'assurances et programmes qui favorisent l'utilisation de matériaux de restauration dentaire de qualité sans mercure.

8) Restreindre l'utilisation d'amalgames dentaires à leur forme encapsulée.

9) Promouvoir l'utilisation des meilleures pratiques environnementales dans les établissements de soins dentaires afin de réduire les rejets de mercure et de composés du mercure dans l'eau et le sol. »

- Conséquences de la convention de Minamata

Après son vote en 2013 et son application en 2017, quel a été l'impact de la réduction progressive des amalgames dans le monde de la santé bucco-dentaire ?

En 2019, une étude de Aggarwal et al. nous apporte des éléments de réponse sur la situation au Royaume-Uni :

- La réduction progressive et l'élimination de l'amalgame en tant que matériau de restauration aura des implications financières. De nombreux dentistes du Yorkshire se sont dits préoccupés par l'accroissement des inégalités pour les personnes aux faibles revenus et dont la santé bucco-dentaire est la plus affectée (1).
- Un autre impact mis en évidence dans cette étude est l'augmentation du temps qu'il faut pour placer des alternatives à l'amalgame. Avec des objectifs décrits comme « physiquement impossibles » à respecter, le temps nécessaire pour placer la restauration, la sculpter, la polir, sous un champ opératoire n'est pas compatible avec les tarifs proposés au Royaume-Uni (1).

D'autres problèmes indirects apparaissent suite à la convention de Minamata. Il existe de nombreuses inquiétudes par rapport à la réduction de l'utilisation des amalgames. Cette convention peut conduire à une aggravation des inégalités, dans certaines zones défavorisées cela pourrait conduire à une augmentation des avulsions dentaires. Le temps supplémentaire nécessaire pour placer les restaurations alternatives à l'amalgame peut aussi impacter l'accès aux soins. Dans des zones aux besoins dentaires élevés, le fait de placer des résines composites implique de soigner moins de patients.

Ces conclusions sur l'impact de la convention de Minamata sont en accord avec l'évaluation Norvégienne de l'élimination des amalgames qui a montré que les

obturations plus volumineuses utilisant des alternatives prenaient plus de temps, étaient moins durables et provoquaient des réactions allergiques dans la bouche des patients et sur les mains du personnel du cabinet (70).

3.1.1.2 Organisation Mondiale de la Santé

Suite à l'adoption de la Convention de Minamata sur le mercure, l'OMS publie un programme de réduction progressive de l'usage des amalgames dans les pays développés. Elle prévoit de « mettre un terme à l'utilisation des amalgames dentaires et d'arrêter la fabrication, l'importation et l'exportation de dispositifs de mesure contenant du mercure [...] à l'horizon 2025. » (139)

Dans son dernier rapport sur le mercure et la santé publié en 2017, l'OMS (140) affirme que : « L'exposition au mercure, même à de petites quantités, peut causer de graves problèmes de santé et constitue une menace pour le développement de l'enfant [...] et peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire ainsi que sur les poumons, les reins, la peau et les yeux. »

L'OMS considère le mercure comme l'un des dix produits chimiques extrêmement préoccupants pour la santé publique. Elle propose « d'éliminer progressivement l'utilisation des produits non essentiels renfermant du mercure et elle conseille de mettre en œuvre des pratiques sans risque pour la manipulation, l'utilisation et l'élimination des produits contenant du mercure » (140).

Plus particulièrement pour les amalgames dentaires, elle conclut « qu'une interdiction mondiale à court terme des amalgames poserait un problème pour la santé publique et le secteur dentaire, mais qu'une élimination progressive devait être visée à travers la promotion de mesures préventives et de solutions de remplacement de l'amalgame, la recherche et le développement d'alternatives peu onéreuses, l'éducation des professionnels de la dentisterie et la sensibilisation du public ».

3.1.1.3 Fédération dentaire internationale

Depuis l'adoption de la convention de Minamata en 2013, la fédération dentaire internationale (FDI) a soutenu et encouragé sa mise en œuvre dans le monde. Dans son dernier document mis à jour en juillet 2020, et en relation avec l'OMS, elle lance un véritable appel à l'action (151). Elle propose 5 mesures pour la réduction progressive des amalgames dentaires :

- 1. Investir dans la prévention des maladies carieuses et promouvoir la santé publique.
- 2. Développer des stratégies durables pour gérer la réduction progressive des amalgames dentaires.
- 3. Accroître la recherche d'alternatives pleinement efficaces aux amalgames dentaires et formuler des recommandations fondées sur des données conformes aux dernières données scientifiques.
- 4. Garantir l'accès à des matériaux de restauration alternatifs sûrs, efficaces et abordables.
- 5. Mettre en œuvre les stratégies de réduction progressive des amalgames tout en tenant compte du contexte national.

La FDI souhaite « renforcer la détection précoce des caries pour éliminer progressivement les amalgames dentaires. Elle souhaite davantage de mesures de santé publique pour réduire le travail de restauration, et donc réduire la demande en amalgame dentaire. Elle souhaite aussi que les pays qui adhèrent à la convention de Minamata mettent en place des discussions, des planifications stratégiques et exécutent ces mesures pour réduire progressivement l'utilisation des amalgames dentaires ». Enfin, elle souligne qu'avant de vouloir diminuer l'usage des amalgames, les pays et les dentistes « doivent avoir accès à des matériaux de restauration alternatifs sûrs, efficaces et abordables ainsi qu'à une formation appropriée pour leur utilisation » (151).

La FDI prépare activement la quatrième réunion de la Conférence des Parties à la Convention de Minamata sur le mercure (COP4) qui se déroulera à Nusa Dua, à Bali en Indonésie du 1^{er} au 5 novembre 2021. Cette réunion se veut décisive et souhaite renforcer les mesures pour lutter contre les émissions et rejets de mercure, pour diminuer les déchets de mercure et pour trouver d'avantages d'alternatives aux amalgames dentaires (128).

3.1.2 En Amérique du nord

3.1.2.1 Aux Etats-Unis

En 2020, la Food and Drug Administration (FDA) des Etats-Unis a publié une mise à jour concernant ses recommandations pour les soins dentaires à l'amalgame :

- Chez les personnes qui peuvent être à risque, ou chez qui le mercure est contre-indiqué, elle conseille l'utilisation de résines composites ou de ciments verres ionomères.
- Elle considère qu'il y a des incertitudes concernant l'exposition aux vapeurs de mercure et son accumulation dans le corps humain.
- Elle estime que les effets négatifs sur la santé de la population générale ne sont pas assez connus et qu'il faut continuer à utiliser les amalgames dentaires.

La FDA ne change pas son point de vue concernant les amalgames dentaires. À noter néanmoins que depuis juin 2017, elle oblige les cabinets dentaires à utiliser des séparateurs d'amalgames pour récupérer et recycler le mercure. Elle estime que le respect de cette mesure permettrait de réduire de 5,1 tonnes les rejets de mercure dans l'environnement (150). A titre de comparaison, c'est en mars 1998 que la France a imposé l'utilisation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires.

3.1.2.2 Au Canada

Dans son dernier rapport en 2020 sur les alternatives aux amalgames dentaires, l'Association Dentaire Canadienne (ADC) réitère sa position et indique que « les données scientifiques actuelles sur l'amalgame dentaire indiquent qu'il n'y a pas de risques pour la santé et que les risques environnementaux peuvent être gérés en utilisant de meilleures pratiques et technologies » (127).

L'ADC indique que les matériaux de restauration sans mercure sont utilisés dans la grande majorité des cas. Elle remarque que les importations d'amalgames ont grandement diminué au cours des 12 dernières années. Elle insiste sur l'accès financier aux soins et admet que les restaurations sans mercure sont plus chères que les amalgames dentaires.

L'ADC admet aussi que les risques environnementaux des alternatives sans mercure aux amalgames dentaires ne sont pas bien étudiés. Enfin, elle indique qu'une enquête Canadienne sur les mesures de la santé verra le jour en 2022-2023. Cette enquête recueillera des informations pour mieux comprendre l'impact des matériaux alternatifs à l'amalgame mais aussi pour déterminer si les restaurations sans amalgame représentent des risques pour la santé (127).

3.1.3 En Europe

3.1.3.1 Au sein de l'Union Européenne

La Commission européenne recommande l'élimination progressive mais complète du mercure dans les amalgames dentaires. En mars 2017, dans le règlement de l'Union Européenne 2017/852, la commission émet plusieurs mesures environnementales concernant le mercure (140) :

- Interdire l'exportation de mercure et de composés au mercure.
- Interdire la fabrication, l'exportation et l'importation d'une large gamme de produits contenant du mercure ajouté.
- Réduire l'utilisation des amalgames dentaires et leur pollution.
- Fermer la porte aux utilisations futures du mercure dans l'industrie et les produits.
- Veiller à ce que tous les déchets de mercure soient retirés du monde économique en toute sécurité, stabilisés sous une forme moins toxique et stockés en permanence dans des conditions de protection de l'environnement.

Plus particulièrement pour les amalgames dentaires, les mesures prises au niveau de l'Union Européenne sont les suivantes (131) :

- Le mercure doit être sous forme pré-dosée et encapsulée. Depuis le 1^{er} janvier 2019, l'utilisation de mercure en vrac est interdite.
- Depuis le 1^{er} juillet 2018, les amalgames dentaires ne sont plus utilisés chez les enfants de moins de 15 ans et chez les femmes enceintes ou allaitantes, sauf si le praticien juge que cela est strictement nécessaire en raison des besoins médicaux spécifiques du patient.
- 23 Etats membres de l'Union Européenne ont mis en place leurs plans nationaux pour la réduction progressive de l'utilisation d'amalgame dentaire.
- Depuis le 1^{er} janvier 2019, les cabinets dentaires dans lesquels des amalgames sont utilisés pour les obturations dentaires ou déposés doivent être équipés de séparateurs d'amalgames assurant la rétention et la collecte des particules d'amalgames. Les séparateurs d'amalgames devront maintenir un niveau minimum de rétention de 95%.

- Les praticiens doivent veiller à ce que leurs déchets contenant des amalgames soient manipulés et collectés par des établissements ou des entreprises de gestion des déchets agréés.

Ces mesures sont la traduction de la convention de Minamata relative à l'élimination ou la réduction des usages de mercure dans le monde. La Commission programme la disparition du mercure dans les amalgames dentaires entre 2023 et 2030. Courant 2022, elle présentera une proposition législative visant l'abandon, étalé sur plusieurs années, de l'utilisation des amalgames dentaires (83).

3.1.3.2 En France

Depuis la fin des années 1990, la réglementation concernant les amalgames dentaires a évolué en France. Plusieurs arrêtés et recommandations ont été émis :

- L'arrêté du 30 mars 1998 donne obligation d'équiper les cabinets dentaires d'un séparateur d'amalgame. Ce dispositif empêche que les déchets mercuriels ne soient rejetés directement dans les évacuations des eaux usées.
- Tous les amalgames commercialisés en France doivent être conditionnés en capsules pré-dosées pour éviter l'excès de mercure. Cette mesure vise aussi à réduire la diffusion de vapeurs de mercure dans l'atmosphère (140).
- Les amalgames disponibles sur le marché sont du type « non gamma 2 ». Ils présentent une longévité supérieure à celle des amalgames d'ancienne génération, sont plus résistants à la corrosion et libèrent peu de mercure.
- Le praticien, responsable de l'élimination de ses déchets, doit avoir recours à une plate-forme de collecte. Il doit s'assurer que le prestataire suit bien la réglementation en vigueur. La collecte et le transport d'amalgame sont réglementés classe 8, cela veut dire qu'ils sont corrosifs et représente un danger pour le transport. Les déchets d'amalgame sont des déchets à risque chimico-toxique. Le risque toxique mercuriel prévalant sur le risque infectieux, les dents extraites porteuses d'amalgames doivent être éliminées dans la filière des déchets d'amalgame.

L'ANSM a actualisé son rapport de 2005 sur la sécurité d'utilisation des amalgames dentaires et a publié fin 2014 des recommandations à l'attention des professionnels de santé (122). Elle évoque la « nécessité de limiter l'utilisation des amalgames dentaires » et émet les recommandations suivantes :

- L'amalgame dentaire est un matériau adapté pour la restauration des dents permanentes postérieures (prémolaires et molaires) en cas de prévalence carieuse élevée et de lésions multiples et étendues.
- L'amalgame dentaire peut également être utilisé en cas d'impossibilité de mise en place d'un champ opératoire étanche pour réaliser un soin par technique adhésive en méthode directe.
- Les amalgames dentaires ne doivent pas être utilisés chez des patients ayant des antécédents d'allergies au mercure avérés et identifiés par des tests épicutanés.
- Les amalgames dentaires sont contre-indiqués chez les patients ayant des atteintes ou des antécédents d'atteinte de leur fonction rénale.
- Le fraisage et le polissage d'un amalgame doivent toujours être réalisés sous irrigation abondante, aspiration et autant que possible avec un champ opératoire.

L'ANSM recommande d'avoir recours à la traçabilité des amalgames dentaires pour mise à disposition des patients en cas de besoin. Elle rappelle aux chirurgiens-dentistes qu'ils ont l'obligation légale de signaler à l'agence toute survenue d'un incident ou risque d'incident grave lors de l'utilisation d'un dispositif contenant du mercure (122).

3.1.3.3 Dans les pays nordiques (148)

Ces pays appliquent depuis longtemps le « modèle des soins primaires ». C'est un modèle qui privilégie les actions préventives aux actions curatives. Le taux de prévalence de la carie des enfants est très faible dans ces pays ce qui entraîne peu d'obturations à réaliser.

- Au Danemark

La vente de produits contenant du mercure est interdite au Danemark depuis 1994, mais une exception existe pour les amalgames dentaires. A partir de 1999, une recommandation ultérieure de l'autorité sanitaire Danoise indique que les obturations en amalgame ne doivent pas être placées sur les dents antérieures ni sur les dents temporaires. L'autorité sanitaire Danoise recommande d'utiliser les alternatives sans mercure en tant que matériau de premier choix. En 2013, l'amalgame dentaire n'était utilisé que dans 5 % des restaurations réalisées.

- En Finlande

En 1993, la Finlande a émis la recommandation suivante : l'utilisation de l'amalgame doit être réduit pour des raisons environnementales et l'amalgame ne doit être utilisé qu'en dernier recours quand il n'est pas possible d'utiliser les matériaux alternatifs. L'utilisation de l'amalgame dentaire en Finlande a considérablement diminué, en 2006, il ne représente pas plus de 3 % des obturations dentaires.

- En Norvège

La Norvège a interdit en 2008 tous les produits contenant du mercure. Il y avait cependant une exception pour l'utilisation des amalgames dentaires dans un cas particulier : si le patient était allergique à un composant des résines composites. Depuis 2011, les dentistes norvégiens ont totalement arrêté l'utilisation des amalgames dentaires.

- En Suède

En 1999, lors du vote du budget du système de santé, le parlement Suédois a décidé que les amalgames dentaires ne devraient plus être remboursés aux patients. En 2009, une mesure a été adoptée visant l'interdiction générale de l'utilisation du mercure (incluant les amalgames dentaires) en Suède (148). Les soins dentaires sont gratuits pour les moins de 20 ans afin de minimiser les actes importants et onéreux à l'âge adulte. En 2006, l'indice CAO (nombre de dents adultes cariées, absentes ou obturées) de la Suède est de 0,7 chez un enfant de 12 ans, tandis qu'en France cet indice est de 1,2 (153). 6 % de la population de plus de 65 ans est édenté contre 16 % en France. Le nombre de dents cariées en Suède est en revanche plus important qu'en France. Cela s'explique par des contrôles plus réguliers et par une prise en charge axée sur la prévention et l'éducation thérapeutique (9).

3.2 Les recommandations aux patients

3.2.1 Les femmes enceintes et allaitantes

Il est important de noter qu'il n'existe pas de preuves que les vapeurs de mercure causent des effets néfastes sur le fœtus (17). En 2014, une étude de Naimi-Akbar et al. nous indique deux choses :

- Qu'il existait un risque accru de mortalité néonatale chez les enfants des assistantes dentaires au cours des années 1960.
- Que ce risque de mortalité néonatale a grandement diminué dans les décennies qui ont suivies, parallèlement à la diminution de l'usage des amalgames dentaires et surtout à l'amélioration des pratiques professionnelles (80).

En 2005, une étude cas-témoins portant sur 1117 nourrissons ayant un poids faible ne trouve aucune association entre leur faible poids et la mise en place d'un amalgame dentaire pendant la grossesse de la mère (64).

Depuis 1980, l'OMS recommande de limiter l'exposition au mercure des femmes en âge de procréer. L'article 10 du règlement 2017/852 du parlement Européen vient éclaircir ce point en conseillant de ne plus utiliser les amalgames chez les femmes enceintes et allaitantes.

En Suède, la pose d'amalgames chez les femmes enceintes est interdite par les pouvoirs publics depuis 2009 (148). En France, l'ANSM préconise que « la dépose des amalgames dentaires doit être évitée chez la femme enceinte et chez la femme allaitante. Le praticien évaluera en fonction de chaque situation clinique la nécessité de la pose d'un amalgame plutôt que celle d'un matériau adhésif ».

L'ANSM ajoute que « la présence d'amalgame dentaire en bouche chez la mère n'est pas une contre-indication à l'allaitement » (122).

Une récente fiche parue dans la revue « L'information Dentaire » conseille de différer la pose et la dépose des amalgames chez les femmes enceintes après l'accouchement. En cas d'urgence, elle préconise l'utilisation d'un champ opératoire avec aspiration à haute vitesse (33).

Tableau 2 - Recommandations de réalisation de soins prophylactiques et conservateurs chez la femme enceinte (traitement d'urgence et traitement spécifique à différer)	
Traitement d'urgence (réalisable à tout stade de la grossesse) [11, 52, 53, 58]	Traitement spécifique (à différer idéalement après l'accouchement)
Applications topiques de vernis fluorés prophylactiques	Dépose de restaurations cavitaires à l'amalgame* (mise en place d'un champ opératoire obligatoire et sous aspiration à haute vélocité) [61]
Etanchéification des restaurations préexistantes	
Obturation cavitaire par collage (résines composites, ciments verre-ionomères et ceux modifiés par adjonction de résine)	
Pose de restaurations cavitaires à l'amalgame* (mise en place d'un champ opératoire obligatoire et sous aspiration à haute vélocité) [61, 62]	
Coiffage pulpaire	

* L'ANSM stipule, dans ses recommandations de décembre 2014 [61], que le praticien évaluera en fonction de chaque situation clinique la nécessité de la pose d'un amalgame plutôt que celle d'un matériau adhésif.

Tableau 4 : Recommandations concernant les soins prophylactiques chez la femme enceinte d'après Dalstein et Al., 2015.

Enfin, il existe une recommandation concernant le peroxyde d'hydrogène. C'est un agent utilisé en tant qu'éclaircissant dentaire. Il peut augmenter la libération du mercure quand il est utilisé à proximité de dents ayant des obturations à l'amalgame, il est préférable d'en éviter son utilisation pendant la grossesse (117).

3.2.2 Les enfants

Le règlement du parlement Européen sorti en 2017 conseille de ne plus utiliser d'amalgame dentaire chez les enfants de moins de 15 ans, sauf dans le cas où le praticien juge cela nécessaire. C'est une mesure qui va dans le sens de la convention de Minamata dont l'objectif est de limiter au maximum l'usage du mercure et ses rejets.

Il faut cependant rappeler que de nombreuses études montrent l'innocuité des amalgames dans le développement de l'enfant. Une étude de Watson et al. en 2013 montre qu'il n'y a pas d'association indésirable entre les amalgames et les troubles neurodéveloppementaux chez des enfants âgés de 5 ans (116). Un essai clinique randomisé de Shenker et al. en 2008 nous apprend que l'exposition au mercure des amalgames ne provoque pas de déficit sur la fonction immunitaire des enfants de 6 à 10 ans (102).

C'est finalement le praticien qui prend la décision de poser ou non un amalgame dentaire chez un enfant. Pour tous les patients, et en particulier les enfants, il convient de respecter de bonnes pratiques médicales. L'usage du champ opératoire pour la

pose ou la dépose d'un amalgame apparaît comme une nécessité pour éviter tout risque de contamination mercurielle.

3.3 Les recommandations aux praticiens

On a vu précédemment que l'utilisation du spray d'eau était indispensable lors de la dépose d'un amalgame pour diminuer les vapeurs de mercure. La ventilation joue aussi un rôle important puisqu'une ventilation efficace permet de diminuer les concentrations de mercure dans l'air.

3.3.1 Le champ opératoire (digue dentaire)

Le champ opératoire dentaire permet d'isoler une ou plusieurs dents de la cavité buccale pour travailler à l'abri de la salive. Il permet de protéger le patient et limite l'exposition aux particules de mercure libérées pendant la dépose. Le champ opératoire permet aussi de pousser les tissus mous tels que la gencive ou la joue pour avoir une meilleure visibilité et un meilleur accès à la dent (115). Il peut être utilisé avec ou sans latex en cas d'allergie.

L'étude de Berglund et Molin en 1997 nous montre sur 18 patients (10 ayant un champ opératoire et 8 ne l'ayant pas) que les niveaux de mercure sont 52 % plus bas dans le plasma et 76 % plus faibles dans l'urine dans le groupe de ceux ayant été soignés avec une digue en caoutchouc. Son utilisation empêche l'apparition d'un pic de mercure plasmatique et d'un pic de mercure dans les urines après la dépose (13).



Figure 7: Pose d'un champ opératoire avec coin de bois pour la dépose d'un amalgame (par l'association dentaire australienne).

3.3.2 L'aspiration

Lors de la dépose d'un amalgame, le besoin en eau est très important et la pompe à salive seule ne suffit pas pour éliminer complètement l'eau, les aérosols et les particules de mercure. Les vapeurs de mercure générées par l'instrumentation peuvent être projetées hors de la cavité buccale du patient et peuvent être inhalées par le praticien ou l'assistante qui se trouvent à proximité (115). Les niveaux de vapeur de mercure peuvent être considérablement réduits en utilisant une aspiration à haut débit.

L'aspiration à haut débit peut évacuer de 300 à 400 litres d'air à la minute. Elle doit être placée à faible distance du patient, ses tuyaux doivent être d'un diamètre suffisant pour avoir une bonne puissance d'aspiration mais ne doivent pas être trop gros car la vitesse d'aspiration chute en fonction du diamètre (115).

La canule d'aspiration joue aussi un rôle très important. Elle doit être placée à quelques centimètres de l'endroit où il y a formation des aérosols. Elle aspire les vapeurs et particules de mercure. Il est important d'inspecter les canules stérilisables après la dépose d'une obturation Il ne doit pas y avoir de débris d'amalgames sur la face interne de la canule. En effet, cela peut constituer une réserve qui libère une importante quantité de vapeurs de mercure lors de la stérilisation des instruments (115).

- La canule Clean Up®

C'est une canule qui est spécialement conçue pour l'élimination de l'amalgame à travers une fenêtre qui réduit l'exposition aux particules de mercure émises lors de la dépose d'un amalgame dentaire. Elle est composée d'un embout amovible à usage unique qui est placé sur la dent concernée et d'une canule réutilisable qui se connecte au tuyau d'aspiration.

Elle permet de protéger les tissus mous aux alentours et n'a pas besoin d'être maintenue car elle se clipse sur la dent. Il faut cependant noter que c'est un système encombrant qui ne permet qu'un accès occlusal à la dent. Elle est aussi compliquée à nettoyer de par sa section rectangulaire et ses nombreuses jonctions.

3.3.3 Le spray d'eau

Le spray d'eau agit en diminuant l'échauffement consécutif au fraisage. Il permet de limiter la libération de vapeurs de mercure. Il lutte aussi contre une possible irritation de la pulpe à cause de l'élévation de température. L'utilisation conjointe d'une forte aspiration, d'un spray d'eau et d'un champ opératoire limite grandement le nombre de particules d'amalgame inhalées par le patient (115).

En revanche, l'utilisation d'un spray d'eau au niveau maximal est générateur d'aérosol contenant des vapeurs de mercure. L'équipe médicale du cabinet dentaire est directement exposée. Le port d'un masque de protection s'impose pour le praticien et son personnel et toute personne à proximité du champ opératoire (115).

3.3.4 Le type de fraise

Les fraises habituellement utilisées pour la dépose d'un amalgame dentaire sont en carbure de tungstène. Elles possèdent des lames qui leur permettent de couper directement l'amalgame. Ce sont des fraises qui s'échauffent beaucoup, l'irrigation généreuse permet de pallier cette problématique.

Il est conseillé d'éviter de tailler la totalité de l'amalgame. Il faut privilégier la taille aux extrémités pour pouvoir l'expulser de la cavité en un bloc le plus gros possible. Cela permet d'éviter la formation de particules et limite la génération de vapeurs. L'utilisation d'une fraise fine doit être privilégiée (115).

3.3.5 La protection du personnel soignant

Les particules émises lors de la dépose d'un amalgame dentaire peuvent se propager et arriver sur les mains, les bras, le visage, la poitrine et d'autres parties du corps du praticien et de son assistante (115).

- Les masques

Les masques chirurgicaux ne filtrent pas le mercure. Il existe des masques conçus spécialement pour la filtration des vapeurs de mercure. Ce sont des masques FFP2 avec du charbon actif imprégné dans le tissu.



Figure 8 : Masque de protection au charbon actif de la marque 3M®.

Idéalement, un masque nasal est utilisé pour délivrer de l'air au patient, lui facilitant la respiration sous digue tout en l'empêchant d'être atteint par les vapeurs de mercure.

- Les blouses de protection

L'équipe dentaire doit utiliser des surblouses pour se protéger des particules émises lors de la dépose d'un amalgame. Ces surblouses doivent recouvrir les bras, le torse et le plus possible les vêtements. Elles doivent être à usage unique pour permettre de se débarrasser des particules de mercure.

3.3.6 Les purificateurs d'airs

Les concentrations atmosphériques en mercure subissent un pic après la pose, le polissage ou la dépose d'un amalgame dentaire. Pour faire redescendre ces concentrations, les praticiens se contentent souvent d'ouvrir les fenêtres. L'ajout d'un purificateur d'air à gros volume est parfaitement adapté et permet de diminuer les vapeurs de mercure émises lors d'une dépose d'un amalgame.

3.3.7 Récapitulatifs des conseils aux praticiens lors de la dépose d'un amalgame

- 1) Utiliser de grandes quantités d'eau.
- 2) Eviter de tailler la totalité de l'amalgame, il faut privilégier les tailles aux extrémités pour l'enlever d'un bloc.
- 3) Utiliser une aspiration à haut volume avec un embout d'isolation.
- 4) Avoir une évacuation d'air secondaire.
- 5) Utiliser un champ opératoire dentaire sur le patient.
- 6) Donner une protection faciale et corporelle complète au patient.
- 7) Aspirer la salive du patient derrière la digue en caoutchouc.
- 8) Permettre une alimentation en air alternative au patient.
- 9) Utiliser un écran facial, une blouse, une protection de la tête homologuée contre le mercure et une protection respiratoire pour le dentiste et l'assistante (115).

Conclusion

Le mercure demeure un élément très toxique. Il agit sur de nombreux organes du corps humain en perturbant les fonctions intra et extra-cellulaires de nombreuses protéines et enzymes. Il est aussi responsable d'atteintes cutanées, de troubles neurologiques et de malformations congénitales. Son impact en tant que polluant de l'environnement n'est plus à démontrer. En raison des combustibles utilisés, d'importantes quantités de mercure continuent de s'échapper des centrales thermiques alimentées au charbon, des incinérateurs de déchets, des fonderies et des aciéries. Les rejets avaient pourtant chuté au XX^{ème} siècle pour se stabiliser entre 600 et 700 tonnes par an. On assiste depuis les années 2000 à une nouvelle augmentation des émissions qui atteignent 2000 tonnes par an. C'est une augmentation qui s'explique avant tout par l'utilisation massive du charbon comme source d'énergie par la Chine et l'Inde. Ces pays émettent désormais plus de mercure que les pays occidentaux.

Il nous semble important de rappeler les différences entre le mercure organique (méthylmercure) et inorganique. Parmi les différents types de mercure, le mercure organique est celui qui est le plus polluant. C'est lui qui est responsable de la catastrophe de Minamata avec les rejets industriels de métaux lourds. C'est aussi lui qui est utilisé par les orpailleurs à proximité des fleuves aurifères et qui contamine de nombreuses populations qui ont besoin de la pêche pour survivre. La consommation d'aliments marins pollués expose ces populations à des concentrations allant jusqu'à 400 µg de mercure par semaine. Le mercure inorganique, aussi appelé mercure métallique, est seulement responsable d'une infime partie de la pollution mercurielle du corps. Il est le plus souvent absorbé par voie respiratoire. Son inhalation a lieu quand il est extrait du sol ou par accident lorsqu'il est chauffé. De nombreuses études ont quantifié l'exposition au mercure inorganique (sous forme de vapeurs) provenant des amalgames dentaires. Un individu qui possède un amalgame en bouche s'expose à une ingestion de 1,75 µg de mercure par semaine. La consommation de poissons et produits de la mer nous expose en moyenne à 16,7 µg de mercure par semaine (méthylmercure accumulé dans la chair des poissons). On se pollue plus en mangeant des produits de la mer pollués (moules, crustacés, poissons) qu'en ayant des amalgames en bouche.

L'utilisation de l'amalgame dentaire est un sujet épineux et plusieurs pays ont des visions très différentes à propos de ce matériau. Les pays nordiques ont progressivement suspendu son utilisation depuis le début des années 2000. Dans ces pays la prévalence de la carie est très faible au jeune âge et devient plus important par la suite. La prévention a un rôle majeur, les besoins en soins ne sont pas les mêmes. Quand l'amalgame n'est pas interdit, il n'est pas remboursé pour obliger l'utilisation d'autres matériaux. Aux Etats-Unis, son utilisation est toujours très importante et le sera pendant de nombreuses années. Le séparateur d'amalgame vient tout juste d'y être rendu obligatoire. En Inde et dans certains pays du Moyen-Orient, il est toujours utilisé sous sa forme en vrac et il n'y a pas de mesures de protections à son sujet. En France, on observe une baisse de l'utilisation des amalgames dentaires dans les cabinets depuis de nombreuses années. Principalement à cause de son esthétique discutable mais aussi par les inquiétudes qu'il suscite en tant que polluant. Notre collecte bibliographique nous permet de répondre à la principale question de notre mémoire : aujourd'hui l'impact de l'amalgame dentaire sur la santé est extrêmement faible. Les chirurgiens-dentistes sont de plus en plus nombreux à protéger les patients, le personnel du cabinet et eux-mêmes en utilisant des protections adaptées et en respectant les données acquises de la science. Les obligations d'utiliser un séparateur d'amalgame et des capsules pré-dosées ont permises de très nettement réduire les contaminations mercurielles provenant des cabinets dentaires. Le développement des outils de protections permet maintenant d'éviter complètement une contamination mercurielle, en particulier lors de la dépose d'un amalgame qui est un moment où le praticien doit être très vigilant. Sa bonne mise en œuvre avec toutes les protections et un polissage lors d'une deuxième séance en fait un des matériaux les plus sûrs en chirurgie-dentaire. Seules de très rares réactions allergiques peuvent se produire. De plus, l'utilisation des amalgames dentaires a aujourd'hui très peu de répercussions sur la pollution environnementale. Les rejets lors de sa fabrication, de son utilisation et de son élimination représentent seulement 0,5 % des rejets mondiaux de mercure.

Les dernières réglementations et législations, guidées par des craintes de pollution environnementale, viennent encore de réduire son espérance de vie en Europe. En France, les mesures annoncées par l'OMS conjointement à celles adoptées lors de la convention de Minamata en 2017 sont rigoureuses et ont pour but d'arrêter l'utilisation

des amalgames dentaires d'ici 2030. Nous allons donc perdre l'usage d'un matériau très pratique qui facilitait de nombreuses situations et rendait service au patient comme au praticien. Il est important de rappeler qu'il n'existe toujours pas de biomatériau qui réunit les avantages des amalgames sans avoir d'inconvénients majeurs. Des matériaux nouveaux sortent tous les ans et nous n'avons pas encore le recul nécessaire pour affirmer qu'une alternative est meilleure.

De nombreuses recherches sont en cours pour avoir une plus large compréhension des maladies induites par le mercure. Par ailleurs, les techniques de dosage ne cessent d'évoluer. Elles permettent maintenant d'avoir une idée très précise du niveau d'intoxication au mercure d'un individu et sont de véritables outils pour aider le chirurgien-dentiste dans son diagnostic.

Bibliographie

Références papiers

1. Aggarwal VR, Pavitt S, Wu J, Nattress B, Franklin P, Owen J, et coll. Assessing the perceived impact of post Minamata amalgam phase down on oral health inequalities: a mixed-methods investigation. *BMC Health Serv Res.* 2019; 19(1): 985.
2. Aguirre-Zorzano LA, García-De-La-Fuente AM, Estefanía-Fresco R. Treatment of Amalgam Tattoo With a New Technique: Mucoabrasion and Free Connective Tissue Graft. *Clin Adv Periodontics.* 2019; 9(3): 120-4.
3. Al-Saleh I, Al-Sedairi AA, Elkhatib R. Effect of mercury (Hg) dental amalgam fillings on renal and oxidative stress biomarkers in children. *Sci Total Environ.* 2012; 431: 188-96.
4. Anglen J, Gruninger SE, Chou HN, Weuve J, Turyk ME, Freels S, et coll. Occupational mercury exposure in association with prevalence of multiple sclerosis and tremor among US dentists. *J Am Dent Assoc* 1939. 2015; 146(9): 659-668.
5. Attiya N, Fattahi R, El-Haidani A, Lahrach N, Amarouch MY, Filali-Zegzouti Y. Exposition au mercure et état de santé des médecins dentistes de deux régions du centre du Maroc : enquête transversale descriptive. *Pan Afr Med J.* 2020 ; 36 : 110.
6. Bains VK, Loomba K, Loomba A, Bains R. Mercury sensitisation: review, relevance and a clinical report. *Br Dent J.* 2008; 205(7): 373-8.
7. Barry MJ, Almotawah F, Pani SC, Ingle NA. A Comparison of Salivary Mercury Levels in Children with Attention Deficit/Hyperactivity Disorder When Compared to Age-matched Controls: A Case-control Observational Study. *J Contemp Dent Pract.* 2020; 21(2): 129-32.
8. Bates MN, Fawcett J, Garrett N, Cutress T, Kjellstrom T. Health effects of dental amalgam exposure: a retrospective cohort study. *Int J Epidemiol.* 2004; 33(4): 894-902.

9. Bazerque C. Système de soin et état de santé bucco-dentaire des personnes âgées en France et en Suède, Volume 2 : Analyse au sein du service gériatrique de Capio Saint-Göran (Suède) et comparaison avec l'hôpital Corentin Celton (France) [Thèse d'exercice]. [Paris] : Université Paris Descartes. Faculté de Chirurgie Dentaire ; 2019. 62 p.
10. Belhareth K, Korbi M, Belhadjali H, Soua Y, Moussa A, Youssef M, et coll. Pediatric lichen planus pigmentosus possibly triggered by mercury dental amalgams. *Pediatr Dermatol*. 2020; 37(2): 375-6.
11. Bernhoft RA. Mercury toxicity and treatment: a review of the literature. *J Environ Public Health*. 2012; 2012; 460508.
12. Bergdahl J. Psychologic aspects of patients with symptoms presumed to be caused by electricity or visual display units. *Acta Odontol Scand*. 1995; 53(5): 304-10.
13. Berglund A, Molin M. Mercury levels in plasma and urine after removal of all amalgam restorations: the effect of using rubber dams. *Dent Mater*. 1997; 13(5): 297-304.
14. Bjørklund G, Chirumbolo S, Dadar M, Pivina L, Lindh U, Butnariu M, et coll. Mercury exposure and its effects on fertility and pregnancy outcome. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. 2019; 125(4): 317-27.
15. Bjørklund G, Tinkov AA, Dadar M, Rahman MM, Chirumbolo S, Skalny AV, et coll. Insights into the Potential Role of Mercury in Alzheimer's Disease. *J Mol Neurosci MN*. 2019; 67(4): 511-33.
16. Bjørklund G, Peana M, Dadar M, Chirumbolo S, Aaseth J, Martins N. Mercury-induced autoimmunity: Drifting from micro to macro concerns on autoimmune disorders. *Clin Immunol Orlando Fla*. 2020; 213: 108352.
17. Björkman L, Lygre GB, Haug K, Skjærven R. Perinatal death and exposure to dental amalgam fillings during pregnancy in the population-based MoBa cohort. *PLoS ONE*. 2018; 13(12): e0208803.

18. Böse-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Maydl S, Vosko MR, Roider G, et coll. The Mt. Diwata study on the Philippines 2000-treatment of mercury intoxicated inhabitants of a gold mining area with DMPS (2,3-dimercapto-1-propane-sulfonic acid, Dimaval). *Sci Total Environ.* 2003; 307(1-3): 71-82.
19. Bothale KA, Mahore SD, Pande S, Dongre T. Cutaneous mercury granuloma. *Indian J Occup Environ Med.* 2013; 17(1): 22-4.
20. Botsali MS, Kuşgöz A, Altintaş SH, Ülker HE, Tanriver M, Kiliç S, et coll. Residual HEMA and TEGDMA Release and Cytotoxicity Evaluation of Resin-Modified Glass Ionomer Cement and Compomers Cured with Different Light Sources. *Sci World J.* 2014; 2014: 218295.
21. Bouard B, Sawicki B, Choucroun P, Durand G, Baron R, Dewitte JD. Exposition professionnelle au mercure des assistantes dentaires. *Doc pour Méd Trav.* 2003 ; (93) : 25-31.
22. Boudou A, Dominique Y, Cordier S, Fréry N. Les chercheurs d'or et la pollution par le mercure en Guyane française : conséquences environnementales et sanitaires. *Environ Risques Santé.* 2006 ; 5(3) : 167-79.
23. Boujbiha MA, Hamden K, Guermazi F, Bouslama A, Omezzine A, Kammoun A, et coll. Testicular toxicity in mercuric chloride treated rats: association with oxidative stress. *Reprod Toxicol Elmsford N.* 2009; 28(1): 81-9.
24. Bridges CC, Zalups RK. The aging kidney and the nephrotoxic effects of mercury. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2017; 20(2): 55-80.
25. Buchner A. Amalgam tattoo (amalgam pigmentation) of the oral mucosa: clinical manifestations, diagnosis and treatment. *Refuat Ha-Peh Veba-Shinayim* 1993. 2004; 21(3): 25-8, 92.
26. Canjuga I, Mravak-Stipetić M, Lončar B, Kern J. The Prevalence of Systemic Diseases and Medications in Patients with Oral Lichen Planus. *Acta Stomatol Croat.* 2010; 44(2): 96-100.

27. Ceccatelli S, Daré E, Moors M. Methylmercury-induced neurotoxicity and apoptosis. *Chem Biol Interact.* 2010; 188(2): 301-8.
28. Chandwani ND, Pawar MG, Tupkari JV, Yuwanati M. Histological Evaluation to Study the Effects of Dental Amalgam and Composite Restoration on Human Dental Pulp: An in vivo Study. *Med Princ Pract.* 2013; 23(1): 40-4.
29. Chin-Chan M, Navarro-Yepes J, Quintanilla-Vega B. Environmental pollutants as risk factors for neurodegenerative disorders: Alzheimer and Parkinson diseases. *Front Cell Neurosci.* 2015; 9: 124.
30. Cinnirella S, Pirrone N. Spatial and temporal distributions of mercury emissions from forest fires in Mediterranean region and Russian federation. *Atmos Environ.* 2006; 40(38): 7346-61.
31. Colquitt PJ. The effect of occupational exposure to mercury vapour on the fertility of female dental assistants. *Occup Environ Med.* 1995; 52(3): 214.
32. Craig PJ. *Organometallic Compounds in the Environment.* 2e édition. Chichester: John Wiley & Sons; 2003. 436 p.
33. Dalstein A, Camelot F, Laczny E, Clément C, Yasukawa K. Prise en charge des urgences chez la femme enceinte. *Inf Dent.* 2015 ; (17) : 13.
34. Davis BJ, Price HC, O'Connor RW, Fernando R, Rowland AS, Morgan DL. Mercury vapor and female reproductive toxicity. *Toxicol Sci.* 2001; 59(2): 291-6.
35. de Oliveira MT, Pereira JR, Ghizoni JS, Bittencourt ST, Molina GO. Effects from exposure to dental amalgam on systemic mercury levels in patients and dental school students. *Photomed Laser Surg.* 2010; 28 Suppl 2: S111-114.
36. Delisle B. Le lichen plan des muqueuses. *Le médecin du Québec.* 2014 ; 49(4) : 41-43.
37. Do Prado RF, Marocchio LS, Felipini RC. Oral lichen planus versus oral lichenoid reaction: difficulties in the diagnosis. *Indian J Dent Res.* 2009; 20(3): 361-4.

38. Dutton DJ, Fyie K, Faris P, Brunel L, Emery JH. The association between amalgam dental surfaces and urinary mercury levels in a sample of Albertans, a prevalence study. *J Occup Med Toxicol Lond Engl*. 2013; 8: 22.
39. Echeverria D, Heyer NJ, Martin MD, Naleway CA, Woods JS, Bittner AC. Behavioral effects of low-level exposure to elemental Hg among dentists. *Neurotoxicol Teratol*. 1995; 17(2): 161-8.
40. Ekstrand J, Björkman L, Edlund C, Sandborgh-Englund G. Toxicological aspects on the release and systemic uptake of mercury from dental amalgam. *Eur J Oral Sci*. 1998; 106(2 Pt 2): 678-86.
41. Emeny RT, Korrick SA, Li Z, Nadeau K, Madan J, Jackson B, et coll. Prenatal exposure to mercury in relation to infant infections and respiratory symptoms in the New Hampshire Birth Cohort Study. *Environ Res*. 2019; 171: 523-9.
42. Erfantalab P, Zamani N, Hassanian-Moghaddam H. Broken thermometer in foot: a source of mercury poisoning. *Trop Doct*. 2020; 50(1): 83-4.
43. Ergun G, Egilmez F, Cekic-Nagas I. The cytotoxicity of resin composites cured with three light curing units at different curing distances. *Med Oral Patol Oral Cirurgia Bucal*. 2011; 16(2): e252-259.
44. Ertaş E, Aksoy A, Turla A, Karaarslan ES, Karaarslan B, Aydın A, et coll. Human brain mercury levels related to exposure to amalgam fillings. *Hum Exp Toxicol*. 2014; 33(8): 873-7.
45. Ferrec G. Stérilisation du matériel de chirurgie au cabinet. *Actual Odonto-Stomatol*. 2007 ; (237) : 61-81.
46. Fréry N, Maillot E, Deheeger M. Exposition au mercure de la population amérindienne Wayana de Guyane : enquête alimentaire. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire : 1999 ; 84 p.
47. Frustaci A, Magnavita N, Chimenti C, Caldarulo M, Sabbioni E, Pietra R, et coll. Marked elevation of myocardial trace elements in idiopathic dilated

- cardiomyopathy compared with secondary cardiac dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 1999; 33(6): 1578-83.
48. Fujiki M, Tajima S. The Pollution of Minamata Bay by Mercury. *Water Sci Technol.* 1992; 25(11): 133-40.
 49. Gerber JS, Offit PA. Vaccines and autism: a tale of shifting hypotheses. *Clin Infect Dis.* 2009; 48(4): 456-61.
 50. Geurtsen W, Spahl W, Leyhausen G. Residual monomer/additive release and variability in cytotoxicity of light-curing glass-ionomer cements and compomers. *J Dent Res.* 1998; 77(12): 2012-9.
 51. Gojkov-Vukelic M, Hadzic S, Pasic E. Laser Treatment of Oral Mucosa Tattoo. *Acta Inform Medica.* 2011; 19(4): 244-246.
 52. Goldberg M. In vitro and in vivo studies on the toxicity of dental resin components: a review. *Clin Oral Investig.* 2008; 12(1): 1-8.
 53. Gołoś A, Lutyńska A. Thiomersal-containing vaccines: a review of the current state of knowledge. *Przegl Epidemiol.* 2015; 69(1): 59-64, 157-61.
 54. Granot M, Nagler RM. Association between regional idiopathic neuropathy and salivary involvement as the possible mechanism for oral sensory complaints. *J Pain.* 2005; 6(9): 581-7.
 55. Guyonnet JJ. Électro galvanisme buccal. *EMC - Odontologie.* 2008 : 1-10. [Article 23-063-D-10]
 56. Haddad JK, Stenberg E. Bronchitis due to acute mercury inhalation. Report of two cases. *Am Rev Respir Dis.* 1963; 88(4): 543-5.
 57. Han DH, Lim SY, Sun BC, Janket SJ, Kim JB, Paik DI, et coll. Mercury exposure and periodontitis among a Korean population: the Shiwaha-Banwol environmental health study. *J Periodontol.* 2009; 80(12): 1928-36.
 58. Hendry WF, A'Hern RP, Cole PJ. Was Young's syndrome caused by exposure to mercury in childhood? *BMJ.* 1993; 307(6919): 1579-82.

59. Henriksson E, Mattsson U, Håkansson J. Healing of lichenoid reactions following removal of amalgam: A clinical follow-up. *J Clin Periodontol.* 1995; 22(4): 287-94.
60. Henry M. Procédure de finition et de polissage des ciments verres ionomères : revue systématique de la littérature [Thèse d'exercice]. [Bordeaux] : Université de Bordeaux. U.F.R. d'Odontologie ; 2019. 66 p.
61. Hertz-Picciotto I, Green PG, Delwiche L, Hansen R, Walker C, Pessah IN. Blood Mercury Concentrations in CHARGE Study Children with and without Autism. *Environ Health Perspect.* 2010; 118(1): 161-6.
62. Heyer NJ, Echeverria D, Bittner AC, Farin FM, Garabedian CC, Woods JS. Chronic low-level mercury exposure, BDNF polymorphism, and associations with self-reported symptoms and mood. *Toxicol Sci.* 2004; 81(2): 354-63.
63. Holmstrup P. Oral mucosa and skin reactions related to amalgam. *Adv Dent Res.* 1992; 6: 120-4.
64. Hujoel PP, Lydon-Rochelle M, Bollen AM, Woods JS, Geurtsen W, del Aguila MA. Mercury exposure from dental filling placement during pregnancy and low birth weight risk. *Am J Epidemiol.* 2005; 161(8): 734-40
65. Jahanshahi G, Aminzadeh A. A histochemical and immunohistochemical study of mast cells in differentiating oral lichen planus from oral lichenoid reactions. *Quintessence Int Berl Ger 1985.* 2010; 41(3): 221-7.
66. Jamil N, Baqar M, Ilyas S, Qadir A, Arslan M, Salman M, et coll. Use of Mercury in Dental Silver Amalgam: An Occupational and Environmental Assessment. *BioMed Res Int.* 2016; 2016: 6126385.
67. Journal Officiel de la République française. Arrêté du 24 décembre 1998 relatif à l'interdiction de mettre sur le marché des thermomètres médicaux à mercure destinés à mesurer la température interne de l'homme. NOR : MESH9824147A.
68. Kazantzis G. Mercury exposure and early effects: an overview. *Med Lav.* 2002; 93(3): 139-47.

69. Khalichi P, Cvitkovitch DG, Santerre JP. Effect of composite resin biodegradation products on oral streptococcal growth. *Biomaterials*. 2004; 25(24): 5467-72.
70. Kopperud SE, Staxrud F, Espelid I, Tveit AB. The Post-Amalgam Era: Norwegian Dentists' Experiences with Composite Resins and Repair of Defective Amalgam Restorations. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13(4): 441.
71. Laine J, Kalimo K, Happonen RP. Contact allergy to dental restorative materials in patients with oral lichenoid lesions. *Contact Dermatitis*. 1997; 36(3): 141-6.
72. Lauwerys R, Haufroid V, Hoet P, Lison D. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Issy-les-Moulineaux : Elsevier Masson ; 2007. 1280 p.
73. Lygre GB, Aase H, Haug K, Lie SA, Björkman L. Prenatal exposure to dental amalgam and risk of symptoms of attention-deficit and hyperactivity disorder (ADHD). *Community Dent Oral Epidemiol*. 2018; 46(5): 472-81.
74. Madsen KM, Lauritsen MB, Pedersen CB, Thorsen P, Plesner AM, Andersen PH, et coll. Thimerosal and the occurrence of autism: negative ecological evidence from Danish population-based data. *Pediatrics*. 2003; 112(3 Pt 1): 604-6.
75. Mangelsdorf I, Walach H, Mutter J. [Healing of Amyotrophic Lateral Sclerosis: A Case Report]. *Complement Med Res*. 2017; 24(3): 175-81.
76. Metzler H, Metzler C. L'amalgame : Une question de conviction. *Rev Mens Suisse Odontostomatol*. 1998 ; 108 : 763-769.
77. Michel Leost C. Guide d'installation des cabinets dentaires : Mise à jour du Dossier de l'ADF [Thèse d'exercice]. [Lille] : Université de Lille 2. Faculté de Chirurgie Dentaire ; 2017. 126 p.
78. Miriam Varkey I, Shetty R, Hegde A. Mercury Exposure Levels in Children with Dental Amalgam Fillings. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014; 7(3): 180-5.
79. Montagne P. Matériaux d'obturation et préparations cavitaires : évolution à travers le temps [Thèse d'exercice]. [Nancy] : Université Henri Poincaré. Faculté d'odontologie de Nancy ; 2007. 168 p.

80. Naimi-Akbar A, Sandborgh-Englund G, Ekblom A, Ekstrand J, Näsman P, Montgomery S. Mortality among sons of female dental personnel: a national cohort study. *J Perinat Med.* 2014; 42(5): 655-61.
81. Ngokwey IL. Libération des monomères par les résines composites en odontologie conservatrice : données actuelles [Thèse d'exercice]. [Paris] : Université Paris Diderot – Paris 7. Faculté de Chirurgie Dentaire ; 2017. 87 p.
82. Nogueira LS, Vasconcelos CP, Mitre GP, da Silva Kataoka MS, Lima MO, de Oliveira EHC, et coll. Oxidative Damage in Human Periodontal Ligament Fibroblast (hPLF) after Methylmercury Exposure. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; 2019: 8470857.
83. Ordre National Des Chirurgiens-Dentistes. L'élimination complète du mercure entre 2023 et 2030 ? La lettre. 2021 ; 187/21 : 32.
84. Ortiz-Salvador JM, Subiabre-Ferrer D, García Rabasco A, Esteve-Martínez A, Zaragoza-Ninet V, Alegre de Miquel V. Hand eczema in children. Clinical and epidemiological study of the population referred to a tertiary hospital. *An Pediatr Barc Spain* 2003. 2018; 88(6): 309-14.
85. Padmakumar V, Premkala Raveendran K, Abdulla AM, Ganapathy S, Sainudeen S, Nasim VS, et coll. Levels of Mercury in Fish-Eating Children, With and Without Amalgam Restoration. *J Pharm Bioallied Sci.* 2019; 11(Suppl 2): S397-401.
86. Parkin Kullmann JA, Pamphlett R. A Comparison of Mercury Exposure from Seafood Consumption and Dental Amalgam Fillings in People with and without Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS): An International Online Case-Control Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2018; 15(12): 2874.
87. Pigatto PD, Guzzi G, Persichini P, Barbadillo S. Recovery from mercury-induced burning mouth syndrome due to mercury allergy. *Dermat Contact Atopic Occup Drug.* 2004; 15(2): 75-7.
88. Prantsidis A, Raikos N, Pantelakis I, Spagou K, Tsoukali E. Unusual mercury poisoning from tattoo dye. *Hippokratia.* 2017; 21(4): 197-200.

89. Rafati-Rahimzadeh M, Rafati-Rahimzadeh M, Kazemi S, Moghadamnia AA. Current approaches of the management of mercury poisoning: need of the hour. *Daru*. 2014; 22(1): 46.
90. Raj D, Maiti SK. Sources, toxicity, and remediation of mercury: an essence review. *Environ Monit Assess*. 2019; 191(9): 566.
91. Reher V, Reher P, Peres KG, Peres MA. Fall of amalgam restoration: a 10-year analysis of an Australian university dental clinic. *Aust Dent J*. 2021; 66(1): 61-6.
92. Rice KM, Walker EM, Wu M, Gillette C, Blough ER. Environmental mercury and its toxic effects. *J Prev Med Public Health Yebang Uihakhoe Chi*. 2014; 47(2): 74-83.
93. Roberts HW, Marek M, Kuehne JC, Ragain JC. Disinfectants' effect on mercury release from amalgam. *J Am Dent Assoc* 1939. 2005; 136(7): 915-9.
93. Rooney JPK. The retention time of inorganic mercury in the brain: a systematic review of the evidence. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2014; 274(3): 425-35.
94. Ruha AM, Tanen DA, Suchard JR, Curry SC. Combined ingestion and subcutaneous injection of elemental mercury. *J Emerg Med*. 2001; 20(1): 39-42.
95. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials*. St. Louis, Mo. : Elsevier ; 2012. 352 p.
96. Schach V, Jahanbakht S, Livardjani F, Flesch F, Jaeger A, Haïkel Y. Le risque mercuriel dans les cabinets dentaires : histoire ancienne ou futur proche ? *Doc pour Méd Trav [Internet]*. 2003 ; (93) : 7-23.
97. Schrag SD, Dixon RL. Occupational exposures associated with male reproductive dysfunction. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 1985; 25: 567-92.
98. Schumacher L, Abbott LC. Effects of methyl mercury exposure on pancreatic beta cell development and function. *J Appl Toxicol JAT*. 2017; 37(1): 4-12.

99. Shahi S, Özcan M, Maleki Dizaj S, Sharifi S, Al-Haj Husain N, Eftekhari A, et coll. A review on potential toxicity of dental material and screening their biocompatibility. *Toxicol Mech Methods*. 2019; 29(5): 368-77.
100. Shanker G, Aschner JL, Syversen T, Aschner M. Free radical formation in cerebral cortical astrocytes in culture induced by methylmercury. *Brain Res Mol Brain Res*. 2004; 128(1): 48-57.
101. Shenker BJ, Rooney C, Vitale L, Shapiro IM. Immunotoxic effects of mercuric compounds on human lymphocytes and monocytes, I: Suppression of T-cell activation. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 1992; 14(3): 539-53.
102. Shenker BJ, Maserejian NN, Zhang A, McKinlay S. Immune Function Effects of Dental Amalgam in Children: A Randomized Clinical Trial. *J Am Dent Assoc* 1939. 2008; 139(11): 1496-505.
103. Sigusch BW, Pflaum T, Völpel A, Gretsche K, Hoy S, Watts DC, et coll. Resin-composite cytotoxicity varies with shade and irradiance. *Dent Mater*. 2012; 28(3): 312-9.
104. Sreeja C, Ramakrishnan K, Vijayalakshmi D, Devi M, Aesha I, Vijayabanu B. Oral pigmentation: A review. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015; 7(6): 403-408.
105. Stehr-Green P, Tull P, Stellfeld M, Mortenson PB, Simpson D. Autism and thimerosal-containing vaccines: lack of consistent evidence for an association. *Am J Prev Med*. 2003; 25(2): 101-6.
106. Stewart FH, Stradling GN. Monitoring techniques for mercury and mercury vapour in dental surgeries: A preliminary report. *Br Dent J*. 1971; 131(7): 299-308.
107. Sutow EJ, Taylor JC, Maillet WA, Hall GC, Millar M. Existence of an electrically insulating layer in amalgam-containing galvanic couples. *Dent Mater*. 2008; 24(7): 874-9.
108. Svendsen K, Syversen T, Melø I, Hilt B. Historical exposure to mercury among Norwegian dental personnel. *Scand J Work Environ Health*. 2010; 36(3): 231-41.

109. Syed M, Chopra R, Sachdev V. Allergic Reactions to Dental Materials-A Systematic Review. *J Clin Diagn Res JCDR*. 2015; 9(10): ZE04-9.
110. Takashiba S, Naruishi K, Murayama Y. Perspective of cytokine regulation for periodontal treatment: fibroblast biology. *J Periodontol*. 2003; 74(1): 103-10.
111. Tran HT, Anandasabapathy N, Soldano AC. Amalgam tattoo. *Dermatol Online J*. 2008; 14(5): 19.
112. Van Landuyt KL, Nawrot T, Geebelen B, De Munck J, Snauwaert J, Yoshihara K, et al. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. *Dent Mater*. 2011; 27(8): 723-47.
113. Van Vuuren LJ, Odendaal JSJ, Pistorius PC. Galvanic corrosion of dental cobalt-chromium alloys and dental amalgam in artificial saliva. *SADJ J South Afr Dent Assoc*. 2008; 63(1): 034-8.
114. Wada H, Cristol DA, McNabb FMA, Hopkins WA. Suppressed adrenocortical responses and thyroid hormone levels in birds near a mercury-contaminated river. *Environ Sci Technol*. 2009; 43(15): 6031-8.
115. Warwick D, Young M, Palmer J, Ermel RW. Mercury vapor volatilization from particulate generated from dental amalgam removal with a high-speed dental drill: a significant source of exposure. *J Occup Med Toxicol*. 2019; 14(1): 22.
116. Watson GE, van Wijngaarden E, Love TMT, McSorley EM, Bonham MP, Mulhern MS, et coll. Neurodevelopmental Outcomes at 5 Years in Children Exposed Prenatally to Maternal Dental Amalgam: The Seychelles Child Development Nutrition Study. *Neurotoxicol Teratol*. 2013; 39: 57-62.
117. Wrzosek T, Einarson A. Dental care during pregnancy. *Can Fam Physician*. 2009; 55(6): 598-9.
118. Yousefi H. Replacing dental amalgam by mercury-free restorative materials; it's time to take action. *Daru*. 2018; 26(1): 1-3.

Références électroniques

119. Allain P. Mercure, Hg [Internet]. 2017 [Consulté le 5 mars 2021]. Disponible sur : <https://www.pharmacorama.com/pharmacologie/medicaments-elements/metaux-toxicologie/mercure-hg/>
120. AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Technical Background Report for the Global Mercury Assessment [Internet]. 2013 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.amap.no/documents/download/1265/inline>
121. American Dental Accessories. Practice Tips #22: Highspeed Handpiece Design [Internet]. 2010 [Consulté le 30 mars 2021]. Disponible sur : <https://www.amerdental.com/blog/tech-tips-22/>
122. ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé). Le mercure des amalgames dentaires [Internet]. 2014 [Consulté le 20 mai 2020]. Disponible sur : http://dev4-afssaps-marche2017.integra.fr/var/ansm_site/storage/original/application/7cacb0593aa9f8ebd9b176c65ff98890.pdf
123. Attal JP. Les ciments verres ionomères (CVI) [Internet]. 2009 [Consulté le 3 janvier 2021]. Disponible sur : <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap11/site/html/cours.pdf>
124. Bouzoubaa S, Benyahya I. Le lichen plan buccal : mise au point. Le courrier du dentiste [Internet]. 2013 [Consulté le 15 mars 2021]. Disponible sur : <https://www.lecourrierdudentiste.com/dossiers-du-mois/le-lichen-plan-buccal-mise-au-point.html>
125. Bulletin Officiel. Avis du 19 mai 1998 du conseil supérieur d'hygiène publique de France relatif à l'amalgame dentaire (section des milieux de vie). [Internet]. 1998 [Consulté le 8 mars 2021]. NOR : MESP9830199V. Disponible sur : <https://solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/1998/98-23/a0231468.htm>
126. Cahiers du CSTB. Revêtement de sol : Notice sur le classement UPEC et classement UPEC des locaux [Internet]. 2004 [Consulté le 4 avr 2021].

Disponible sur : <http://www.cstb.fr/assets/documents/cstb-notice-classement-upec-locaux.pdf>

127. Canadian Dental Association. Information on non-mercury alternatives to dental amalgam in Canada [Internet]. 2020 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur :
http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/Canada_DentalAmalgam.pdf
128. Conference of Parties. Travaux intersessions et contributions à la COP4 [Internet]. 2020 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur :
<http://www.mercuryconvention.org/R%C3%A9unions/Travauxintersessions/tabid/8280/language/fr-CH/Default.aspx>
129. EurEau. Dental amalgam and the Mercury Regulation [Internet]. 2016 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur :
<https://www.eureau.org/resources/position-papers/120-dental-amalgam-june-2016/file>
130. European Commission. Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries: Final report [Internet]. 2012 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur:
https://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/final_report_110712.pdf
131. European Commission. EU submission to the Minamata Secretariat on dental amalgam pursuant to paragraph 4 of COP-3 Decision [Internet]. 2020 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur :
http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/EU_DentalAmalgam.pdf
132. Fédération française de Crémation. Histoire de la crémation [Internet]. 2017 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : <https://cremation-ffc.fr/histoire-de-la-cremation/>
133. Gouedard C, Pino L, Pietri E, Nguyen T, Calloch S, Arbab-Chirani R, et coll. Comparaison de la résistance mécanique en flexion 3 points et en compression

- de 3 biomatériaux dentaires CVI de haute viscosité [Internet]. 2019 [Consulté le 22 février 2021]. Disponible sur :
<https://cfm2019.sciencesconf.org/254487/document>
134. Grasmick C, Durand B. Les risques liés à l'utilisation des thermomètres médicaux à mercure. Bull Epidemiol Hebd [Internet]. 1995 [Consulté le 5 mars 2021]; (47): 207. Disponible sur : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/les-risques-lies-a-l-utilisation-des-thermometres-medicaux-a-mercure>
135. L'Agora. Mercure [Internet]. 2020 [Consulté le 1 mai 2020]. Disponible sur : <https://agora.qc.ca/dossiers/mercure>
136. Macé J. L'empoisonnement de Napoléon [Internet]. 1999 [Consulté le 5 mars 2021]. Disponible sur : <https://www.napoleon.org/histoire-des-2-empires/articles/lempoisonnement-de-napoleon/>
137. Miquel G. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé [Internet]. 2001 [Consulté le 5 mars 2021]. Disponible sur : http://www.senat.fr/rap/l00-261/l00-261_mono.html
138. NFDA (National Funeral Directors Association). Cremation and Burial Report: Research, Statistics and Projections [Internet]. 2015 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : <https://iogr.memberclicks.net/assets/docs/2015%20nfda%20cremation%20and%20burial%20report.pdf>
139. Organisation mondiale de la Santé. Planification stratégique pour la mise en œuvre des articles liés à la sante de la Convention de Minamata sur le mercure [Internet]. 2019 [Consulté le 15 avril 2021]. Disponible sur : <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329878/9789242516845-fre.pdf?ua=1>
140. Organisation mondiale de la Santé. Mercure et santé [Internet]. 2017 [Consulté le 15 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

141. Psiram. Oligoscan [Internet]. 2015 [cité 1 mai 2021]. Disponible sur : <https://www.psiram.com/fr/index.php/OLIGOSCAN>
142. Reindl J. Summary of References on Mercury Emissions from Crematoria. [Internet]. 2012 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.ejnet.org/crematoria/reindl.pdf>
143. Richardson M. Evaluation de l'exposition au mercure et des risques dus aux amalgames dentaires [Internet]. 1995 [Consulté le 2 février 2021]. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/266864025_EVALUATION_DE_L'EXPOSITION_AU_MERCURE_ET_DES_RISQUES_DUS_AUX_AMALGAMES_DENTAIRES
144. Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. Les amalgames [Internet]. 2009 [Consulté le 7 avril 2021]. Disponible sur : <http://campus.cerimes.fr/odontologie/enseignement/chap9/site/html/cours.pdf>
145. Toxics Link. Mercury in Our Mouth [Internet]. 2012 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : http://toxicslink.org/docs/Mercury_in_Our_Mouth.pdf
146. UFSBD (Union Française pour la Santé Bucco-Dentaire). Amalgame dentaire : Fiche conseil [Internet]. [Consulté le 9 mars 2021]. Disponible sur : http://www.ufsbd.fr/wp-content/uploads/2019/03/Fiche-Amalgame_081118.pdf
147. United Nations. Convention de Minamata sur le Mercure [Internet]. 2013 [Consulté le 15 avr 2021]. Disponible sur : <https://treaties.un.org/doc/Treaties/2013/10/20131010%2011-16%20AM/CTC-XXVII-17.pdf>
148. UNEP (United Nations Environment Program). Lessons from Countries: Phasing Down Dental Amalgam Use [Internet]. 2016 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur : http://archive.zoinet.org/web/sites/default/files/publications/Dental_Amalgam_s_preads.pdf

149. US EPA (United States Environmental Protection Agency). Dental Effluent Guidelines [Internet]. 2015 [Consulté le 4 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.epa.gov/eg/dental-effluent-guidelines>
150. United States Environmental Protection Agency. Information on Dental Amalgam [Internet]. 2021 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur : http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP4/submissions/US_dental_measures.pdf
151. World Dental Federation. Phase down of dental amalgam is the only equitable and feasible approach globally [Internet]. 2020 [Consulté le 19 avril 2021]. Disponible sur : <https://www.fdiworlddental.org/phase-down-dental-amalgam-only-equitable-and-feasible-approach-globally>
152. World Health Organization. Future use of materials for dental restoration [Internet]. 2009 [Consulté le 4 avr 2021]. Disponible sur : https://www.who.int/oral_health/publications/dental_material_2011.pdf
153. Zambrowski JJ, ASD (Agir pour la Santé Dentaire). La santé bucco-dentaire, un enjeu de santé publique [Internet]. 2018 [Consulté le 29 avril 2021]. Disponible sur : <https://agirsd.fr/wp-content/uploads/2018/04/180402-La-sant%C3%A9-bucco-dentaire-un-enjeu-de-sant%C3%A9-publique.pdf>

Table des matières

Index des figures	11
Index des tableaux	12
Introduction	13
1 Effets du mercure sur la santé	15
1.1 Généralités	15
1.1.1 Rappels sur le mercure.....	15
1.1.2 Les formes de mercure	15
1.1.3 Les différentes sources du mercure.....	16
1.2 Toxicité du mercure	18
1.2.1 D'où vient la toxicité du mercure ?.....	18
1.2.2 Une toxicité sous plusieurs formes	19
1.3 Toxicocinétique	20
1.3.1 Mercure organique.....	20
1.3.1.1 Absorption	20
1.3.1.2 Transport et distribution	20
1.3.1.3 Excrétion.....	20
1.3.2 Mercure métallique et inorganique.....	21
1.3.2.1 Absorption	21
1.3.2.2 Transport et distribution	21
1.3.2.3 Excrétion.....	21
1.4 Différentes sources d'intoxication	23
1.4.1 Intoxication accidentelle.....	23
1.4.1.1 Dangers liés aux thermomètres à mercure.....	23
1.4.1.2 Dangers liés aux médicaments et aux vaccins	23
1.4.2 Intoxication alimentaire	25
1.4.2.1 Catastrophe de Minamata	25

1.4.2.2	Mercure en Guyane	26
1.5	Symptômes et réactions pathologiques.....	28
1.5.1	Atteintes cutanées	28
1.5.2	Effets toxicologiques systémiques du mercure	28
1.5.3	Effets cardiovasculaires et pulmonaires.....	29
1.5.4	Système immunitaire	30
1.5.5	Système nerveux	30
1.5.6	Système reproducteur.....	30
1.5.7	Fœtotoxicité	31
1.5.8	Atteinte rénale.....	31
1.5.9	Diabète de type 2.....	32
1.5.10	Lien avec certaines maladies.....	32
1.6	Détection et traitements d'une intoxication au mercure	34
1.6.1	La détection d'une intoxication mercurielle	34
1.6.2	Traitement d'une intoxication aiguë	35
1.6.2.1	Intoxication aux vapeurs de mercure	35
1.6.2.2	Intoxication au mercure inorganique et organique.....	36
1.6.3	Traitement d'une intoxication chronique	37
2	L'impact des amalgames.....	38
2.1	Rappels sur les caractéristiques.....	38
2.1.1	Composition	38
2.1.2	Indications d'utilisation de l'amalgame.....	39
2.1.2.1	Avantages (48)	40
2.1.2.2	Inconvénients (48)	40
2.1.3	Réalisation d'un amalgame dentaire.....	40
2.2	Les rejets mercuriels liés aux amalgames.....	42
2.2.1	Les rejets mercuriels.....	42

2.2.1.1	Les indicateurs	42
2.2.1.2	Le moment de la mesure	42
2.2.1.3	Les facteurs influençant les rejets	43
2.2.2	Que deviennent les rejets mercuriels ?	43
2.2.2.1	Amalgames dentaires et boues des stations d'épuration.....	43
2.2.2.2	Amalgame dentaire et crémation.....	44
2.3	Effets des amalgames dentaires chez le patient	45
2.3.1	Les effets dans la cavité buccale	45
2.3.1.1	Les tatouages de la gencive	45
2.3.1.2	Les réactions de la pulpe.....	46
2.3.1.3	Le galvanisme oral.....	46
2.3.1.4	Les allergies	48
2.3.1.5	Les réactions lichénoïdes	49
2.3.2	Les effets sur l'organisme humain	52
2.3.2.1	Les effets rénaux	52
2.3.2.2	Les effets neurotoxiques.....	53
2.3.2.3	Les effets neuromusculaires.....	54
2.3.3	Autres conséquences sur la santé	55
2.3.3.1	Lien entre la concentration en mercure et dommages sur la cavité buccale	55
2.3.4	Les personnes à risque.....	56
2.3.4.1	Les femmes enceintes.....	56
2.3.4.2	Les enfants	57
2.3.4.3	Les adultes vulnérables	58
2.3.4.4	Les individus à risque carieux individuels élevé	59
2.3.5	L'exposition en milieu professionnel	60
2.3.5.1	Au moment de la préparation et de la dépose	61

2.3.5.2	Nettoyage et stérilisation des instruments	62
2.3.5.3	L'environnement de travail.....	63
2.4	Intérêts de l'amalgame par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire	66
2.4.1	Les alternatives à l'amalgame et leur toxicité	66
2.4.1.1	Les résines composites	66
2.4.1.2	Les ciments verres ionomères	68
2.4.1.3	Les alcasites	69
2.4.2	Conclusion sur les matériaux alternatifs aux amalgames dentaires.....	70
3	Evolution des obligations réglementaires	72
3.1	Positions et recommandations des différentes instances	72
3.1.1	Internationales	72
3.1.1.1	Organisation des Nations Unies	72
3.1.1.2	Organisation Mondiale de la Santé.....	74
3.1.1.3	Fédération dentaire internationale	74
3.1.2	En Amérique du nord	75
3.1.2.1	Aux Etats-Unis.....	75
3.1.2.2	Au Canada.....	76
3.1.3	En Europe	77
3.1.3.1	Au sein de l'Union Européenne	77
3.1.3.2	En France	78
3.1.3.3	Dans les pays nordiques	79
3.2	Les recommandations aux patients	81
3.2.1	Les femmes enceintes et allaitantes	81
3.2.2	Les enfants	82
3.3	Les recommandations aux praticiens	84
3.3.1	Le champ opératoire (digue dentaire)	84

3.3.2	L'aspiration.....	85
3.3.3	Le spray d'eau	86
3.3.4	Le type de fraise	86
3.3.5	La protection du personnel soignant.....	86
3.3.6	Les purificateurs d'airs	87
3.3.7	Récapitulatifs des conseils aux praticiens lors de la dépose d'un amalgame	88
	Conclusion.....	89
	Références bibliographiques	93
	Table des matières	109

Vu la demande du doyen de la faculté d'odontologie de Lorraine sur le rapport du jury :

Président : M. ENGELS-DEUTSCH – Professeur des universités (Directeur de thèse)
Membre du jury : C. AMORY – Maître de conférences des universités
Membre du jury : K. YASUKAWA – Maître de conférences des universités
Membre du jury : T. VEYNACHTER – Assistant hospitalier universitaire

le président de l'université de Lorraine autorise

Monsieur Boris JEANNERET

né à THIONVILLE (Moselle) le 2 février 1991,

à soutenir et imprimer sa thèse en vue d'obtenir le diplôme d'État de docteur en chirurgie dentaire intitulée :

« MERCURE ET SANTÉ, QUEL EST AUJOURD'HUI L'IMPACT DES AMALGAMES DENTAIRE ? »

Nancy, le 20 mai 2021

N° autorisation : 11719 C

Le président de l'université de Lorraine



P. MUTZENHARDT

JEANNERET Boris – Mercure et santé, quel est aujourd’hui l’impact des amalgames dentaires ?

Nancy 2021 : 115 pages, 8 figures, 4 tableaux

Th. : Chir.-Dent. : Nancy 2021

Mots-clefs :

- Toxicité
- Mercure
- Pollution
- Amalgame dentaire

Résumé :

Le mercure est un métal lourd toxique dont l’impact sur l’environnement est encore aujourd’hui très important. Ses effets sur la santé dépendent de la forme sous laquelle il se trouve, inorganique dans les vapeurs, organique lorsqu’il est méthylé dans l’alimentation.

Le mercure se trouve dans les amalgames dentaires de restauration coronaire directe. Ce travail dresse un bilan actualisé de l’exposition au mercure de la population, des patients, et des professionnels de l’art dentaire avec des résultats surprenants. Par ailleurs, ce travail décrit les efforts qui ont été réalisés par la profession pour limiter la pollution mercurielle. Enfin, un état des lieux est réalisé sur les réglementations qui tendent à vouloir supprimer l’usage de l’amalgame alors que des situations cliniques et les conditions sanitaires de certains pays ne lui ont pas encore trouvé d’alternatives.

Jury :

Président :	Pr Marc ENGELS-DEUTSCH
Membres :	Dr Christophe AMORY
	Dr Kazutoyo YASUKAWA
	Dr Thomas VEYNACHTER
Directeur de thèse :	Pr Marc ENGELS-DEUTSCH

Adresse de l’auteur :

Boris JEANNERET
42, Rue Laydecker
57100 - THIONVILLE