

UNIVERSITE DE NANTES
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2019

N° 3561

**GESTION DU RISQUE MERCURIEL
AU CABINET DENTAIRE**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement par

Ugo DESFONTAINES

Né le 3 Avril 1991

Le 22 juillet 2019, devant le jury ci-dessous :

Président : Monsieur le Professeur Assem SOUEIDAN

Assesseur : Madame le Docteur Bénédicte ENKEL

Assesseur : Madame le Professeur Brigitte ALLIOT-LICHT

Invité : Monsieur le Docteur Pierre OUVRARD

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Xavier BOUCHET

UNIVERSITE DE NANTES	
<u>Président</u> Pr LABOUX Olivier	
	
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE	
<u>Doyen</u> Pr GIUMELLI Bernard	
<u>Assesseurs</u> Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre	
	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	
Mme ALLIOT-LICHT Brigitte	M. LESCLOUS Philippe
M. AMOURIQ Yves	Mme PEREZ Fabienne
M. BADRAN Zahi	M. SOUEIDAN Assem
M. GIUMELLI Bernard	M. WEISS Pierre
M. LE GUEHENNEC Laurent	
PROFESSEURS DES UNIVERSITES	
M. BOULER Jean-Michel	
MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES	
Mme VINATIER Claire	
PROFESSEURS EMERITES	
M. BOHNE Wolf	M. JEAN Alain
ENSEIGNANTS ASSOCIES	
M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)	Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)
Mme MERAMETDJIAN Laure (Maître de Conférences Associé)	M. KOUAME Alexandre Koffi (Assistant Associé)
MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.	ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES C.S.E.R.D.
M. AMADOR DEL VALLE Gilles	M. ALLIOT Charles
M. ARMENGOL Valérie	M. AUBEUX Davy
Mme BLERY Pauline	Mme BARON Charlotte
M. BODIC François	Mme BEURAIN-ASQUIER Mathilde
Mme CLOITRE Alexandra	M. BOUCHET Xavier
Mme DAJEAN-TRUTAUD Sylvie	Mme BRAY Estelle
Mme ENKEL Bénédicte	M. GUIAS Charles
M. GAUDIN Alexis	M. HUGUET Grégoire
M. HOORNAERT Alain	M. KERIBIN Pierre
Mme HOUCHMAND-CUNY Madline	Mme LE LAUSQUE Julie
Mme JORDANA Fabienne	Mme LEMOINE Sarah
M. KIMAKHE Saïd	M. NEMIROVSKY Hervé
M. LE BARS Pierre	M. OUVARD Pierre
Mme LOPEZ-CAZAUX Serena	M. RETHORE Gildas
M. NIVET Marc-Henri	M. SARKISSIAN Louis-Emmanuel
Mme RENARD Emmanuelle	Mme WOJTIUK Fabienne
M. RENAUDIN Stéphane	
Mme ROY Elisabeth	
M. STRUILLOU Xavier	
M. VERNER Christian	
PRATICIENS HOSPITALIERS	
Mme DUPAS Cécile (Praticien Hospitalier)	Mme QUINSAT Victoire (Praticien Hospitalier Attaché)
Mme LEROUXEL Emmanuelle (Praticien Hospitalier)	Mme RICHARD Catherine (Praticien Hospitalier Attaché)
	Mme HYON Isabelle (Praticien Hospitalier Contractuel)

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation.

Professeur Assem SOUEIDAN

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche
Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger les Recherches, PEDR

Chef du Département de Parodontologie

Référent de l'Unité d'Investigation Clinique Odontologie.

-Nantes-

*Je vous remercie pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant la
présidence de ce jury de thèse.*

Merci aussi pour vos enseignements pendant mes années d'étude.

Docteur Xavier BOUCHET

Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et
de Recherches Dentaires

Département d'Odontologie Conservatrice et Pédiatrique.

-Nantes-

Merci de m'avoir fait l'honneur et le plaisir de diriger cette thèse.

*Merci pour tes conseils toujours avisés dans tous les domaines et également
dans la vie extra professionnelle.*

Pour ta disponibilité, ta réactivité et ta gentillesse.

Merci pour ta grande amitié.

Docteur Bénédicte ENKEL

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche
Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Ancien Interne des Hôpitaux de Nantes

Département d'Odontologie Conservatrice - Endodontie.

-Nantes-

Je vous remercie d'avoir accepté de prendre part à ce jury.

Merci pour vos enseignements et votre gentillesse.

Professeur Brigitte ALLIOT-LICHT

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche
Dentaires

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger les Recherches.

-Nantes-

Merci de m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Merci pour votre encadrement et vos conseils en clinique.

Merci aussi pour votre bienveillance et gentillesse.

Docteur Pierre OUVRARD

Assistant Hospitalier Universitaire des Centres de Soins d'Enseignement et
de Recherches Dentaires

Département d'Odontologie Conservatrice - Endodontie.

-Nantes-

*Merci de m'avoir fait l'honneur et le plaisir d'accepter de prendre part à
ce jury.*

Merci pour ton aide dans l'élaboration de cette thèse.

Merci pour ton encadrement en clinique et tes conseils.

Merci pour ton soutien et ta grande amitié.

TABLE DES MATIÈRES

1) INTRODUCTION.....	12
2) LA RISQUE MERCURIEL	13
A) <i>Le mercure</i>	13
1) Les caractéristiques du mercure	13
2) Les formes du mercure	13
3) Les sources et utilisation du mercure.....	14
a. Sources naturelles	
b. Sources anthropiques	
B) <i>Sources d'exposition humaine</i>	16
1) Alimentaire	16
2) Les vaccins	16
3) Amalgame dentaire	17
a. Phase de pose, polissage et dépose de l'amalgame	
b. Libération continue de mercure	
i. Mesures d'émission de vapeurs de mercure	
ii. Mesures de relargage de mercure dans la salive	
iii. Relargage de mercure dans la dentine	
C) <i>Toxicité</i>	19
1) Toxicocinétique	19
a. Voies de pénétration dans l'organisme	
i. Inhalation	
ii. Digestion	
iii. Absorption percutanée	
b. Distribution	
i. Mercure élémentaire	
ii. Mercure mercurique, Hg ²⁺	
iii. Méthylmercure	
c. Elimination	
d. Mécanisme d'action	
2) Toxicité du mercure inorganique	23
a. Aiguë	
i. Atteintes digestives et rénales	
ii. Atteintes pulmonaires	
iii. Atteintes cutanées	
b. Chronique	
i. Atteinte du système nerveux central et périphérique	
ii. Stomatogingivite	
iii. Atteinte oculaire	
iv. Atteinte rénale	
v. Atteinte cutanée	
vi. Signes généraux	
vii. Le cas du personnel des cabinets dentaires	
D) <i>Mesures d'exposition professionnelle</i>	26
1) Analyse des concentrations atmosphériques mercurielles dans les cabinets dentaires	26

2) Analyse des concentrations atmosphériques en mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens-dentistes	27
3) Analyse des quantités de mercure dans l'organisme des praticiens.....	27
E) <i>Problématique environnementale</i>	28
1) Cycle du mercure dans l'environnement	28
2) Les problèmes environnementaux liés à l'activité dentaire	29
3) Une conséquence inquiétante pour la santé publique : l'antibiorésistance	30
3) LE CADRE REGLEMENTAIRE	31
A) <i>Positions et recommandations des différentes instances</i>	31
1) Internationale	31
a. OMS	
b. ONU	
c. Fédération Dentaire Internationale	
2) Europe	34
a. Union Européenne	
b. France	
c. Scandinavie	
3) Amérique du nord	39
a. Etats-Unis	
b. Canada	
B) <i>Respect des normes</i>	39
1) Normes de l'OMS	39
2) Normes américaines	40
3) Normes françaises	40
C) <i>Règles d'hygiène du cabinet dentaire</i>	40
4) PRECAUTIONS ET PROTOCOLES	41
A) <i>Se protéger pour moins s'exposer</i>	41
1) Etudes de références	41
a. Etude <i>in vitro</i> de Brune et coll. en 1980	
b. Etude <i>in vivo</i> de Pohl et Bergman en 1995	
c. Etude <i>in vitro</i> sur les particules inhalées de Nimmo et coll. en 1990	
2) Conclusions	42
B) <i>Matériel</i>	43
1) Travail de l'amalgame.....	43
a. Aspiration	
i. La pompe à salive	
ii. L'aspiration à haut débit	
iii. La canule d'aspiration	
b. La fraise	
c. Le spray d'eau	
d. La digue dentaire	
i. Avantages lors de la dépose	
ii. Inconvénients	
e. Equipements de protection individuelle	
i. Le masque	
ii. La blouse de protection	
iii. Le calot	
iv. Le champ opératoire sur le patient	

2) Traitements des déchets mercuriels	51
a. Le séparateur d'amalgame	
b. La collecte des déchets d'amalgame	
c. Décontamination de l'air	
3) Détoxification endogène	53
C) <i>Protocoles</i>	54
1) Le protocole SMART de l'IAOMT	54
2) Protocole sécurisé de dépose d'amalgame du Dr Colson	56
a. Procédures au fauteuil	
i. Préparation du patient	
ii. Préparation du personnel	
iii. Procédure de dépose	
iv. Une fois que l'amalgame est complètement retiré	
b. Après la dépose	
5) CONCLUSION	58

1) INTRODUCTION

La présence de mercure dans les cabinets dentaires est étroitement liée au travail de l'amalgame dentaire par les chirurgiens-dentistes. Au fil des années, l'amalgame a perdu son statut de matériau de choix pour la reconstruction coronaire au profit des matériaux esthétiques en accord avec les principes de conservation tissulaire. Dans la nature, le mercure s'inscrit dans un cycle biogéochimique dans lequel il agit comme un polluant environnemental majeur. Il est d'ailleurs bioaccumulé dans les poissons. Depuis le début de son utilisation, il a toujours fait l'objet de polémiques car il contient environ 50% de mercure, substance très controversée du fait de son implication dans de graves catastrophes environnementales. La plus importante de l'histoire est celle de la baie de Minamata au Japon qui dura de 1932 à 1966. L'usine pétrochimique à l'origine de ce désastre a rejeté pendant toutes ces années des métaux lourds, plus particulièrement du mercure, dans l'environnement, polluant ainsi tout l'écosystème. La population locale en a fait les frais puisque les habitants ont développé de nombreux symptômes neurologiques, sensoriels et moteurs (1). Le nom de Minamata a récemment été repris pour une convention internationale développée sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement ayant pour objectif la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les effets néfastes du mercure. La Convention de Minamata a été adoptée le 10 octobre 2013 afin de réduire l'utilisation du mercure.

En ce qui concerne les amalgames dentaires, ils ont été largement utilisés par tous les chirurgiens-dentistes du monde pendant de nombreuses décennies (ils le sont d'ailleurs principalement à ce jour dans les pays en voie de développement), et malgré les fortes suspicions qui règnent sur sa possible toxicité, aucune autorité ne l'a interdit et aucun consensus scientifique n'a vu le jour à cause de l'absence de preuve irréfutable sur sa toxicité. Toutefois des personnes se disant victimes d'un empoisonnement aux amalgames dentaires et des associations créées par des scientifiques, comme par exemple « Non au Mercure Dentaire », veulent jouer le rôle de lanceur d'alerte et crient au scandale sanitaire. Dans une autre mesure, la société actuelle évolue avec l'essor du « bio », de plus en plus soucieuse de consommer sainement et de moins s'exposer aux produits potentiellement toxiques, il en est de même pour le domaine de la santé.

Le personnel des cabinets dentaires est en première ligne de mire de cette exposition mercurielle à cause du dégagement de mercure qui a lieu pendant la pose, le polissage ou la dépose de l'amalgame. De nos jours, la nouvelle génération de dentiste n'utilise quasiment plus l'amalgame comme matériau d'obturation mais tout dentiste est amené à en déposer. Face à

l'absence de preuves scientifiques sur l'innocuité du mercure, il sera donc intéressant pour le dentiste d'utiliser des moyens pour minimiser les concentrations atmosphériques en mercure pendant les différents travaux sur les amalgames, et de protéger ainsi les personnes présentes le plus efficacement possible. Pour aider à cette fin, des scientifiques ont mis au point un ensemble de consignes et recommandations. La problématique du mercure est double, à la fois médicale pour les personnes exposées et environnementale vis à vis du devenir du mercure éliminé.

Dans un premier temps, nous traiterons la problématique du risque mercuriel. Nous verrons ensuite le cadre réglementaire et la législation concernant le mercure et l'usage de l'amalgame. Puis nous exposerons les précautions et protocoles à mettre en œuvre pour gérer le risque mercuriel au cabinet dentaire.

2) LE RISQUE MERCURIEL

A) LE MERCURE

1) Les caractéristiques du mercure (1)

Le mercure, élément chimique de numéro atomique 80, est le seul métal liquide à température ambiante. Il est dit « lourd » et se caractérise par son extrême volatilité qui le rend toxique car il peut être respiré. Le mercure se combine facilement avec d'autres molécules telles que des métaux (amalgames), des molécules organiques (carbone) ou inorganiques (sels). Son symbole Hg vient du mot grec latinisé « *hydrargyrum* » (argent liquide). Ce sont les alchimistes qui ont introduit le mot actuel au VI^{ème} siècle car ils le représentaient par le symbole de la planète Mercure. Au Moyen-Age, il était désigné par l'ancien nom français vif-argent.

2) Les formes du mercure (1)

Le mercure est un métal très volatil qui passe facilement de l'état liquide à l'état gazeux à température ambiante. Il a la faculté de s'oxyder en présence d'oxygène, passant ainsi de l'état métallique (Hg^0), gazeux ou liquide, à l'état ionisé (Hg^{2+}). Par ailleurs, il peut former beaucoup de dérivés mercuriels en s'associant à des molécules organiques.

Le mercure existe sous différentes formes chimiques aux propriétés toxico-cinétiques et aux effets toxiques différents. On le classe en deux familles distinctes :

- Le **mercure inorganique ou métallique** qui prend lui-même trois formes différentes (gazeuse, liquide, ionique)
- Le **mercure organique ou organomercureiel** qui se combine à d'autres molécules contenant du carbone, à la base de tout élément vivant. C'est le plus toxique pour l'organisme et il a la faculté d'être liposoluble.

Le mercure possède une grande capacité à se modifier. Des échanges permanents se produisent entre ses différentes formes, plus particulièrement en présence de milieu acide ou de molécules permettant ces combinaisons comme le chlore et le soufre. On retrouve deux types de transformations :

- **L'oxydation** : passage du mercure métallique aux ions mercuriques. Le mercure sous forme de vapeurs est inhalé. Grâce à la catalase contenue dans les hématies, le mercure métallique se transforme en ions mercuriques, qui ont la capacité de circuler dans le sang.
- **La méthylation** : passage des ions mercuriques au mercure organique. Elle se produit essentiellement dans les intestins ou en milieu aqueux, en fonction de l'acidité et de la présence de soufre. Le méthylmercure et le diméthylmercure sont les composés de mercure organique les plus répandus.

3) Les sources et utilisation du mercure

La croûte terrestre contient naturellement du mercure qui peut aussi diffuser dans l'atmosphère et l'eau, mais les activités humaines en ajoutent une quantité non négligeable. On distinguera donc les sources naturelles des sources anthropiques.

a) Sources naturelles (2)

Le mercure est contenu dans les roches et sols en quantité variable. L'érosion ainsi que leur altération (sous l'effet des précipitations, de la lumière et de la température) précipitent la libération du mercure (600 tonnes/an). Les océans représenteraient une réserve de 300 milliards de tonnes de mercure et seraient responsables de l'émission annuelle de 800 à 1 000 tonnes dans l'atmosphère. Les plantes rejettent lors de leur décomposition le mercure qu'elles ont

absorbé. Les éruptions volcaniques contribueraient à 40 % des rejets naturels (1 000 tonnes/an). Tous ces phénomènes sont toutefois très mal quantifiés, les évaluations variant entre 2 700 et 150 000 tonnes/an.

b) Sources anthropiques (2)

Les champs d'utilisation du mercure étant nombreux, on peut le retrouver dans de nombreux domaines :

- **exploitations minières** : elles conduisent au dégazage des roches mises à découvert ; il s'agit en premier lieu des exploitations de mercure mais également les exploitations minières d'or, d'argent, de plomb, de cuivre, de zinc qui contiennent également des teneurs en mercure non négligeables ;
- **industrie** : le mercure est utilisé dans l'industrie électrique (néon, lampes au mercure, tubes fluorescents, batteries), participe à la production de chlore et de soude caustique, et entre dans la fabrication d'instruments de mesure (thermomètres, baromètres, manomètres...), peintures, vernis et même produits cosmétiques ;
- **santé** : anciennement utilisé pour guérir la syphilis, on le retrouve aujourd'hui dans la composition de certains vaccins, de certains médicaments comme le Mercurochrome®, mais également en ophtalmologie ou en odontologie conservatrice dans les amalgames dentaires.

Le mercure est encore utilisé dans de nombreux domaines même si depuis quelques années des produits de substitution sont recherchés.

Plus généralement, il existe deux types de sources anthropiques : les sources ponctuelles liées à la fabrication industrielle (la combustion du charbon, pétrole, gaz ou bois entraîne la libération sous forme gazeuse de mercure) et les sources diffuses (rupture des thermomètres au mercure, rejets des hôpitaux, des cabinets dentaires, des centres de crémation...).

On estime à environ 20000 tonnes/an la part de mercure émise par les sources anthropiques, dont 3 % seraient d'origine dentaire.

B) SOURCES D'EXPOSITION HUMAINE

Tout le monde est exposé au mercure en plus ou moins grande quantité. La majorité des êtres humains sont sujets à une exposition chronique qui les met en contact à de faibles quantités de mercure. Cependant, certaines personnes sont exposées à des niveaux élevés, y compris lors d'expositions aiguës, par exemple à la suite d'un accident industriel. Seulement les principales sources d'exposition humaine seront traitées dans cette partie.

1) Alimentaire (3)

Dans les denrées alimentaires, le mercure est présent sous deux formes différentes : le méthylmercure et le mercure inorganique. Majoritairement présente dans le poisson et d'autres produits de la mer, la forme prédominante est le méthylmercure. C'est la chair des poissons prédateurs – notamment de thon, d'espadon, de cabillaud, de merlan et de brochet – qui a été identifiée comme principal facteur contribuant à l'exposition au méthylmercure en Europe. Chez les gros consommateurs de poisson, l'exposition alimentaire est généralement deux fois plus grande que celle de l'ensemble de la population.

2) Les vaccins (4)

En 1999, les Américains se sont inquiétés d'une exposition au mercure après l'administration de vaccins contenant du thiomersal, car ils ont calculé que la quantité cumulée de mercure que supposaient les calendriers de vaccination initiale des nourrissons pouvait dépasser le seuil recommandé, fixé par l'Agence de Protection de l'Environnement concernant le méthylmercure. Il a donc été décidé, par précaution, que les États-Unis n'utiliseraient que des vaccins ne contenant pas de thiomersal, en partant de l'hypothèse que la pharmacocinétique de l'éthylmercure et celle du méthylmercure étaient identiques.

Or, le thiomersal contient une forme de mercure différente de l'éthylmercure qui ne s'accumule pas et qui est métabolisé puis évacué de l'organisme beaucoup plus rapidement que le méthylmercure. Dans les vaccins employés en préparations multidoses, le thiomersal offre une protection supérieure contre la contamination que les autres conservateurs tel le 2-phénoxy-éthanol.

Entre 2002 et 2008, le Comité consultatif mondial de la sécurité vaccinale (GACVS) a examiné plusieurs études pharmacocinétiques et épidémiologiques portant sur le thiomersal. Les données sur la pharmacocinétique chez le nourrisson, y compris prématuré et de petit poids

à la naissance, montraient que la demi-vie de l'éthylmercure était de 3 à 7 jours, qu'il était efficacement excrété dans les selles et qu'il ne s'accumulait pas durablement dans le sang puisque les concentrations revenaient aux niveaux de référence moins de 30 jours après la vaccination. Le GACVS a donc conclu qu'on ne bénéficie pas de preuve suffisante de toxicité due au mercure chez le nourrisson, l'enfant ou l'adulte exposé au thiomersal contenu dans les injections vaccinales. Il a aussi convenu qu'il n'y a pas de justification amenant à changer, pour des principes de sûreté, les procédures courantes de vaccination de l'OMS grâce aux vaccins contenant du thiomersal. D'autre part, sur la base des données actuelles, le GACVS considère qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer des études supplémentaires sur l'innocuité du thiomersal dans les vaccins et que les données disponibles montrent de manière convaincante que son utilisation comme conservateur dans les vaccins inactivés est sans danger.

Par ailleurs, certaines autorités nationales de santé publique essaient de modifier les injections vaccinales contenant le thiomersal par mesure de sûreté. En revanche, la capacité de fabrication actuelle de ces vaccins est restreinte et insuffisante pour répondre aux demandes mondiales.

Tout de même, en 2003, des études expérimentales *in vitro* réalisées sur des neurones humains en culture ont permis de montrer qu'il y a des changements de la perméabilité membranaire, des cassures d'ADN et de l'apoptose qui se produisent à de faibles concentrations en thiomersal (5).

3) Amalgame dentaire

C'est la principale source de mercure dans les tissus corporels humains. Des études ont permis de montrer que chez les porteurs d'amalgames, une quantité de mercure 2 à 5 fois supérieure à la norme a été mesurée dans le sang et les urines chez les personnes vivantes, alors que ces taux étaient 2 à 12 fois plus élevés lors des autopsies (6-9).

a) Phase de pose, polissage et dépose de l'amalgame

Ce sont les trois phases qui engendrent la plus importante libération de mercure par l'amalgame.

En 1980, à Munich, les concentrations en mercure à 15 cm de la bouche du patient ont été mesurées par Kessel et son équipe. Ils ont enregistré $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avant la pose, $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant la pose et $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lorsque l'assistante remplit le porte-amalgame (10).

En 1992, Engle a mené une étude, *in vitro*, sur la quantification du mercure dégagé

pendant le travail des amalgames. Sous les meilleures conditions (aspiration + spray d'eau), ils mesuraient lors de la pose 6 à 8 µg, 2 à 4 µg pendant le polissage, 1 à 2 µg lors de la trituration et 15 à 20 µg à la dépose (11).

En 1997, Schlegel et son équipe ont simulé une bouche et mesuré les quantités de mercure se relarguant lors d'une pose sans mesures préventives et pendant les 48 premières heures. A la 4^{ème} minute, ils enregistraient 530 µg/m³, 256 µg/m³ à la 1^{ère} heure et 3,5 µg/m³ à la 48^{ème} heure. Cela montre que le mercure s'évapore lors de la prise et que ce phénomène diminue avec le temps. On a par ailleurs un pic de vapeurs dont il faudra se protéger dès le début de la pose qui expose le praticien et le patient (12).

b) Libération continue de mercure (13)

Un chercheur suédois se nommant Pleva, a montré qu'un seul amalgame libérait 10 à 20 µg de mercure par jour, cela fait une perte de 7 à 15% de sa masse en mercure sur 10 ans.

Au début des années 90, Hanson a décrit des cas où les porteurs d'amalgame étaient soumis à des taux moyens de libération de mercure de 120 à 160 µg par jour.

En 1994, Skare et Engqvist, de l'institut de Médecine du Travail de Stockholm, ont enregistré sur un échantillon de 35 porteurs d'amalgames des quantités de mercure quotidienne de l'ordre de 125 µg.

i. Mesures d'émission de vapeurs de mercure

Il s'agit de mercure métallique (Hg⁰), mesuré à l'aide de l'appareil de Jérôme.

C'est en 1985 que Vimy et Lorscheider ont démontré que de la vapeur de mercure est continuellement libérée par les amalgames. Chez un groupe de 15 porteurs d'amalgames, la moyenne était de 5 µg/m³ d'air intrabuccal au repos. Leur étude a aussi montré que cette moyenne passait à 30 après 10 minutes de mastication d'un chewing-gum (14).

ii. Mesures de relargage de mercure dans la salive (15)

Ce sont les ions mercuriques qui sont essentiellement relargués dans la salive. Réalisée à partir de l'analyse de 20000 porteurs d'amalgames en 1997, c'est l'étude de Tübingen qui est la plus sérieuse sur ce sujet. Elle avait pour objectifs de montrer le lien entre le taux de mercure dans la salive et la mastication, et d'établir une relation entre la concentration en mercure observée dans la salive et des symptômes pathologiques déterminés. L'étude a donné des résultats intéressants en montrant une assez bonne corrélation entre le nombre d'amalgames et

la teneur en mercure dans la salive et de l'air dans la cavité buccale, et en mettant en avant l'effet de la mastication (Tableau 1).

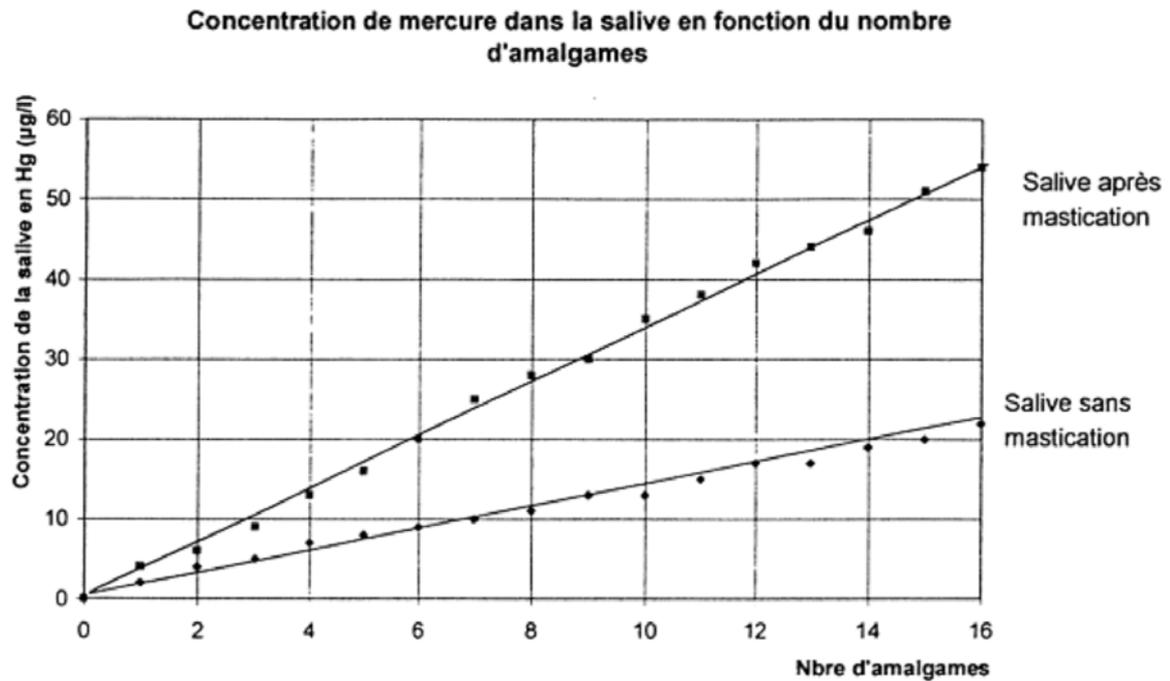


Tableau 1 : Liens entre amalgames, mastication et concentration salivaire en mercure.

iii. Relargage de mercure dans la dentine

Des scientifiques tels que Skoglund, Fusayama, Vimy et Kurosaki ont montré qu'une libération de mercure sous forme de vapeurs et d'ions mercuriques s'effectuait également à la jonction entre l'amalgame et la dentine (13). Par contre ce phénomène est difficilement quantifiable.

C) TOXICITE

1) Toxico-cinétique

a) Voies de pénétration dans l'organisme

Les voies de pénétration du mercure sont l'inhalation, l'ingestion et l'absorption percutanée. Elles dépendent de la forme chimique du mercure.

i. Inhalation

Les vapeurs provenant du mercure ou du diméthylmercure, grâce à leur liposolubilité, passent aisément la membrane des alvéoles pulmonaires puis diffusent dans le sang : l'absorption est d'environ 80% (16).

Il semble qu'une partie des vapeurs peut traverser la cavité nasale et remonter jusqu'aux bulbes olfactifs, puis gagner le système nerveux central (cerveau, hypothalamus, et surtout hypophyse) par migration axonale (17).

ii. Digestion

L'absorption après ingestion du méthylmercure est de 90% à 100% par le tube digestif (18).

Une partie des vapeurs est avalée et absorbée par le tractus gastro-intestinal, mais cette absorption digestive est très faible : moins de 0,01% (19).

L'absorption digestive des ions mercuriques Hg^{2+} se fait par le biais d'une association avec les ions Chlorures pour former de l' HgCl_2 . La biodisponibilité de HgCl_2 est d'environ 10%. Cette absorption peut être augmentée par ce composé qui est corrosif : l'irritation du tube digestif qu'il provoque augmente son absorption (20).

iii. Absorption percutanée

Certains composés organomercuriques ainsi que le mercure métallique peuvent traverser la peau mais les accidents sont plus rares. Ainsi une chimiste américaine est morte en 1996 après absorption à travers un gant en latex et la peau de quelques gouttes de diméthylmercure (21).

b) Distribution

i. Mercure élémentaire

Les vapeurs de mercure Hg^0 transportées par le sang peuvent pénétrer les membranes cellulaires. Elles sont majoritairement modifiées en mercure mercurique Hg^{2+} par oxydation grâce à la catalase érythrocytaire notamment. Cela diminue sa liposolubilité et donc sa capacité à traverser les membranes cellulaires mais cette transformation n'est pas assez rapide pour empêcher Hg^0 de franchir la barrière hématoencéphalique et le placenta avant d'être métabolisé.

Après une exposition à des concentrations comprises entre 0,1 et 0,2 mg/m³ de mercure élémentaire sous forme de vapeurs, 74 à 80 % de ce mercure sera retenu dans les tissus humains (22, 23).

ii. Mercure mercurique, Hg²⁺ (20)

La répartition du mercure mercurique dans le sang est égale entre les globules rouges et le plasma.

Les ions Hg²⁺ ayant une forte affinité pour les cellules épithéliales sont stockés en partie dans le rein au niveau des tubules.

Contrairement au mercure métallique, il passe beaucoup moins facilement le placenta et la barrière hémato-encéphalique (24).

iii. Méthylmercure

Dans le sang, on le retrouve à une concentration 10 fois plus grande dans les globules rouges par rapport au plasma. Sa liposolubilité lui permet de passer aisément la barrière hémato-encéphalique et sa concentration encéphalique semblerait 6 fois plus grande que celle du sang total (20).

Dans les tissus, il est métabolisé en mercure inorganique, plusieurs études ont enregistré une concentration élevée de mercure inorganique dans les excréments et tissus à la suite d'une exposition au méthylmercure (19).

c) Élimination (20)

La demi-vie du mercure inorganique et élémentaire est de 1 à 2 mois, ils sont principalement excrétés dans les selles et les urines (25).

L'excrétion peut aussi se faire par le lait maternel (26).

L'élimination urinaire est de l'ordre de 13% après une courte exposition à de fortes concentrations de mercure élémentaire et inorganique. Si l'exposition se fait sur du long terme, l'excrétion urinaire croît jusqu'à 58%. Les sécrétions (bile, sueur et salive) ainsi que la respiration réalisent une petite partie de l'élimination du mercure (27, 28).

d) Mécanisme d'action (21)

Le mercure a été classé par Pearson comme un acide mou (29). Ainsi, les ions mercuriques forment des liaisons solides avec des bases molles telles que les composés du

soufre ou du sélénium. L'affinité du mercure pour l'atome de soufre du sulfure d'hydrogène et de ses dérivés est si grande que les toxicologues l'avaient dénommé « thioloivre » et certaines de ses propriétés toxiques sont directement liées à sa capacité de bloquer les fonctions thiols de molécules biologiques vivantes.

Les fonctions thiols sont très souvent essentielles dans les molécules biologiques comme les protéines (enzymes, hémoglobine, métallothionéine, tubuline, kératine...), les peptides (glutathion...) mais aussi dans une coenzyme comme l'acide lipoïque, ou un acide aminé essentiel comme la cystéine. Le mécanisme de formation d'un complexe covalent entre un ion mercurique et, par exemple, le fonction thiolate d'une protéine implique le transfert de doublet libre du soufre sur le cation mercurique.

Beaucoup d'enzymes possèdent, dans leur site actif, des fonctions thiols essentielles à leur action catalytique, et leur blocage par un sel mercurique entraîne l'inactivation enzymatique avec, pour conséquence, des perturbations graves dans la machinerie cellulaire. Il en est de même pour les protéines membranaires impliquées dans les transports ioniques comme l'ATPase Na-K ou les canaux calciques, qui sont bloqués par les ions mercuriques. Ceci peut, pour une part, expliquer la forte neurotoxicité de molécules comme le chlorure de méthylmercure.

Les ions mercuriques ou les ions méthylmercuriques interagissent fortement avec les fonctions thiolates de la tubuline, principale protéine des microtubules, constituants majeurs du cytosquelette cellulaire. Les conséquences sont multiples et souvent très graves. Ainsi, au niveau neuronal, ceci va entraîner de fortes perturbations dans le transport axonal d'où la neurotoxicité observée avec ces composés.

Par ailleurs, au cours de la division cellulaire, ces ions vont conduire à l'apparition d'aberrations chromosomiques et d'aneuploïdie qui vont contribuer à l'activité génotoxique de ces dérivés du mercure. Il est aussi de plus en plus admis que l'activité cytotoxique du chlorure mercurique ou du chlorure de méthylmercure serait liée à la formation d'entités oxydantes dérivées du dioxygène : anion-superoxyde, peroxyde d'hydrogène et radical hydroxyle responsable de la peroxydation membranaire, de l'oxydation des protéines et de l'ADN. De plus, au niveau cellulaire, il est constaté une diminution du taux de glutathion réduit et de la glutathion-peroxydase, éléments importants de la protection contre l'agression oxydante. L'inhibition de la glutathion peroxydase est certainement liée à la forte affinité du mercure pour le sélénium, constituant de cette enzyme de détoxification du peroxyde d'hydrogène et des hydroperoxydes.

Toutes ces données montrent que le mercure, sous toutes ses formes, interfère au niveau

cellulaire, principalement avec la synthèse des protéines, secondairement avec celles des acides nucléiques, mais aussi altère les fonctions des biomembranes (lysosomes), des mitochondries et du cytosquelette.

2) Toxicité du mercure inorganique

L'intoxication au mercure est appelée hydrargyrisme. Elle a été inscrite au tableau des maladies professionnelles dès 1919. Ce fut la deuxième maladie inscrite après le saturnisme (intoxication au plomb). La toxicité du mercure dépend là encore de sa forme chimique, du degré de contamination des organes, de la durée d'exposition et de la demi-vie qui varie en fonction de l'organe considéré : elle pourrait atteindre 18 ans pour le cerveau selon Ohnesorge en 1982, mais elle est beaucoup plus courte pour d'autres organes.

La description de la toxicité se limitera au mercure inorganique puisque le mercure organique ne provient pas des amalgames dentaires, unique source de mercure des cabinets dentaires.

a) Aiguë

i. Atteintes digestives et rénales

L'ingestion de mercure inorganique provoque un syndrome dysentérique et des lésions caustiques du système digestif. Durant les 12 à 48h suivantes, on observe une nécrose tubulaire causant une insuffisance rénale aiguë anurique (30). Au 3^{ème} jour, il apparaît une néphrite tubulaire ainsi qu'une stomatite avec une haleine fétide. Le tableau clinique est complété par des vomissements sanglants, des douleurs abdominales, voire même des perforations digestives (31). L'insuffisance rénale peut entraîner la mort, tout comme une défaillance cardiovasculaire ou un état de choc hémodynamique (32).

ii. Atteintes pulmonaires

Quelques heures après l'inhalation de vapeurs de mercure en forte concentration, on voit les premiers symptômes apparaître : des signes d'irritation des voies respiratoires tels que la toux et une dyspnée, associés à une myalgie, une asthénie, des céphalées et une fièvre. Dans les cas les plus extrêmes, on observe un œdème aigu des poumons accompagné de diarrhées et coliques (33). La guérison est possible mais elle entrainera une fibrose pulmonaire.

iii. Atteintes cutanées

Le mercure inorganique est un allergène pouvant provoquer des dermatites de contact, ce phénomène a été observé sur des praticiens et patients (34). Une réaction inflammatoire locale est souvent entraînée par un passage sous-cutané.

b) Chronique

i. Atteinte du système nerveux central et périphérique

Lors d'une exposition chronique au mercure, les symptômes cliniques sont peu spécifiques : tremblements, asthénie, céphalées, affection du caractère et de la personnalité, altération de la concentration et de la mémoire (4).

Il a été mis en évidence, pour des stades plus sévères, que la neurotransmission et les fonctions psychomotrices étaient diminuées. On y observe des signes plus spécifiques encéphalopathiques associés à une véritable détérioration intellectuelle et un syndrome cérébelleux total (35).

Les cas extrêmes présentent des hallucinations et delirium.

ii. Stomatogingivite

Le mercure présent dans les amalgames dentaires peut provoquer des stomatites de contact chez les personnes les plus sensibles (36).

iii. Atteinte oculaire

Des manifestations situées au niveau du cristallin ont été décrites. Elles sont disséminées sous forme d'opacités punctiformes et se détectent par des reflets brunâtres de la capsule antérieure du cristallin ; on parle ici de mercurialentis.

Des études se sont penchées sur la question en travaillant sur des échantillons de personnes exposées. Les auteurs ont enregistré un accroissement de la fréquence des dyschromatopsies dans l'axe bleu-jaune (37, 38).

iv. Atteinte rénale

Suite à une exposition récurrente au mercure inorganique par voie orale, l'organe cible est le rein. Cela entraînera des néphropathies par dysfonctionnement tubulaire avec une possible nécrose tubulaire. Le mercure entraîne aussi des glomérulopathies sans seuil de

survenue contrairement aux tubulopathies qui sont dose-dépendantes (33).

v. Atteinte cutanée

Le purpura, l'urticaire, l'érythrodermie et l'eczéma de contact sont des exemples de dermatites allergiques causées par le mercure qui sont les plus décrites dans la littérature.

vi. Signes généraux

En présence d'hydrargyrisme sévère, on retrouve rapidement une altération de l'état général, une anorexie, une cachexie associée à des diarrhées (33).

En 2000, Torres a publié un article montrant un lien entre cette intoxication au mercure et l'apparition d'hypertension artérielle chez l'enfant (39).

vii. Le cas du personnel des cabinets dentaires

En 1992, Siblingrud commence à évoquer les troubles neurologiques que pourraient entraîner le mercure des amalgames dentaires mais les preuves sont insuffisantes (40).

L'étude de Ritchie en 2002 (41) portant sur 170 praticiens et 179 témoins a montré que la quantité de mercure présente dans les urines était 4 fois plus élevée chez les dentistes que chez les individus contrôles. Les praticiens présentent 3 fois plus de troubles de mémoire et de fertilité que les témoins et 10 fois plus de maladies rénales. Ces conséquences n'étant pas corrélés au mercure urinaire, cette étude confirme que le mercure urinaire que l'on pourrait qualifier de « spontané » est un mauvais marqueur ne traduisant pas l'accumulation du mercure dans le corps, contrairement au mercure urinaire après chélation, indicateur plus pertinent mais peu utilisé.

En 2011, une étude menée dans la ville de Shiraz en Iran a examiné les effets de l'exposition professionnelle d'un groupe de dentistes à de faibles concentrations de mercure. La population de l'étude était composée de 106 dentistes et 94 médecins généralistes (groupe de référence). L'analyse des données a révélé que les symptômes neuropsychologiques, musculaires, respiratoires, cardiovasculaires et dermiques étaient plus fréquents chez les dentistes. Les résultats indiquent que l'exposition professionnelle des dentistes au mercure, même à faible concentration, est associée à une augmentation significative de la prévalence des symptômes d'intoxication au mercure. En outre, ils fournissent des preuves indirectes en faveur de l'idée que la valeur actuelle de la valeur limite d'exposition au mercure ne confère pas une protection suffisante contre l'apparition de symptômes neuropsychologiques (42).

Les conclusions de la dernière revue de littérature publiée à ce sujet (43) montrent que les symptômes du système nerveux central font partie des problèmes de santé attribués le plus souvent à l'exposition au mercure dans les cabinets dentaires. Mais il semble y avoir des améliorations depuis les années 1990 compte tenu de l'évolution des directives et recommandations sur l'utilisation des amalgames dentaires.

D) MESURES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Les travailleurs exposés au mercure sont ceux travaillant dans les industries utilisant le mercure et surtout le personnel des cabinets dentaires.

Les dentistes et leurs assistantes sont les plus exposés au risque d'intoxication mercuriel, plus particulièrement pendant la préparation, la pose, le polissage, la dépose ou la récupération des amalgames.

Les concentrations atmosphériques en mercure des cabinets dentaires ont été évaluée à de nombreuses reprises contrairement à celle de la zone respiratoire des chirurgiens dentistes qui l'a été plus occasionnellement. D'autres études se sont, quant à elles, penchés sur l'analyse des quantités de mercure dans les liquides biologiques et tissus des soignants.

1) Analyse des concentrations atmosphériques mercurielles dans les cabinets dentaires (44)

La majorité des études ont montré des taux atmosphériques inférieurs aux valeurs moyennes d'exposition (VME) ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aux Etats-Unis, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en France) et valeurs limites d'exposition (VLE : $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mais il est à noter que pour le public, ces valeurs retenues sont beaucoup plus faibles. Selon l'Environmental Protection Agency aux Etats-Unis, les recommandations sont de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la population générale. Les résultats des études réalisées entre 1968 et 1997 montrent une réduction des concentrations atmosphériques mercurielles dans les cabinets dentaires pendant cette période (Tableau 2).

Auteurs	Date	Cabinets étudiés	Concentration atmosphérique moyenne de mercure dans ces cabinets	Proportion de cabinets dépassant une certaine teneur atmosphérique en mercure	
Joselow [8]	1968	50	45 µg/m ³	> 10 µg/m ³	64 %
Gronka [in 9]	1970	59	27 µg/m ³	> 10 µg/m ³	76 %
Stewart et Stradling [in 9]	1971	/	/	> 10 µg/m ³	66 %
Mantyla et Wright [in 10]	1976	/	/	> 100 µg/m ³	10 %
Etudes américaines [in 11]	1980	/	/	> 50 µg/m ³	10 %
Nilsson et Nilsson [in 11]	1986	33 publics 49 privés	Public : 1,5 µg/m ³ Privé : 3,6 µg/m ³	/	/
Smith et Lewis [in 12]	1987	/	/	> VME canadienne (50 µg/m ³)	10 %
Hörsted-Bindslev [in 5]	1991	/	25 µg/m ³	/	/
Rubin [in 9]	1992	6 anciens 2 récents Pour les 8	23 à 237 µg/m ³ 10 à 13 µg/m ³ 92 ± 8 µg/m ³	/	/
Langwörth [13]	1997	6	2 µg/m ³	/	/

Tableau 2 : Évolution des concentrations atmosphériques mercurielles : résultats de différentes études de 1968 à 1997 dans les cabinets dentaires.

2) Analyse des concentrations atmosphériques en mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens-dentistes

En Suède , en 1995, Pohl et Bergman ont mesuré les vapeurs de mercure dans la zone respiratoire des dentistes. Les valeurs moyennes obtenues étaient comprises entre 1 et 2 µg/m³ (45).

Lors d'une étude publiée en 2001, Schach-Boos et son équipe ont mis en évidence l'influence du travail sur les amalgames. Ils ont effectué des mesures dans la zone respiratoire de huit dentistes différents et ont montré qu'ils inhalaient en moyenne 2,70 µg/m³ de mercure pendant l'ensemble des actes avec amalgames et 0,70 µg/m³ pendant l'ensemble des actes sans amalgames (46).

3) Analyse des quantités de mercure dans l'organisme des praticiens. (47)

L'indicateur d'exposition de référence est le mercure urinaire. Mais ce n'est pas un indicateur d'intoxication car il n'est pas corrélé à la clinique. Il existe cependant une corrélation entre le mercure atmosphérique et le mercure urinaire.

Le mercure sanguin explore la contamination instantanée qui est corrélée à l'intensité de l'exposition mais pas à sa durée. La mercuriémie n'est donc pas l'indicateur de référence pour analyser une exposition chronique au mercure inorganique.

Depuis 1968, nombreux sont les auteurs qui ont cherché à déterminer l'exposition du personnel des cabinets dentaires au mercure en mesurant leur mercuriurie. Il faut savoir que que les valeurs normales n'excèdent pas 5 µg/g de créatinine ou 5 µg/l ou 0,01 mg/24h chez des sujets non exposés. Globalement on retrouve une diminution des mercuriuries des dentistes depuis 1968. Nous citerons ici les principaux travaux :

- La première étude, menée par Joselow en 1968, mettait en évidence une moyenne de mercuriurie de l'ordre 40 µg/l sur un échantillon de 50 dentistes (48).
- En 1985 sur 4000 dentistes, Naleway obtenait une moyenne de 14 µg/l (49).
- En Suède, 2 études ont été réalisées à ce sujet. La première en 1986 par Nilsson sur 180 dentistes montrait une moyenne de 4,2 µg/l. La seconde en 1990 par Skare donnait une moyenne de 3,2 µg/l sur 154 praticiens (50).
- Aux Etats-Unis en 1995, Eley publiait une moyenne de 4,94 µg/l (51).

E) PROBLEMATIQUE ENVIRONNEMENTALE

1) Cycle du mercure dans l'environnement

Le mercure se déplace dans l'intégralité des éléments environnementaux tel que l'air, l'eau et les sols. Il demeure ainsi un cycle global du mercure dont sa principale réserve se situe dans les sédiments des océans. Sa conséquence environnementale sera d'autant plus important qu'il est biopersistant et bioaccumulable.

Par ses propriétés physicochimiques, le mercure et ses composés minéraux ou organiques s'inscrivent dans un cycle environnemental (Figure 1).

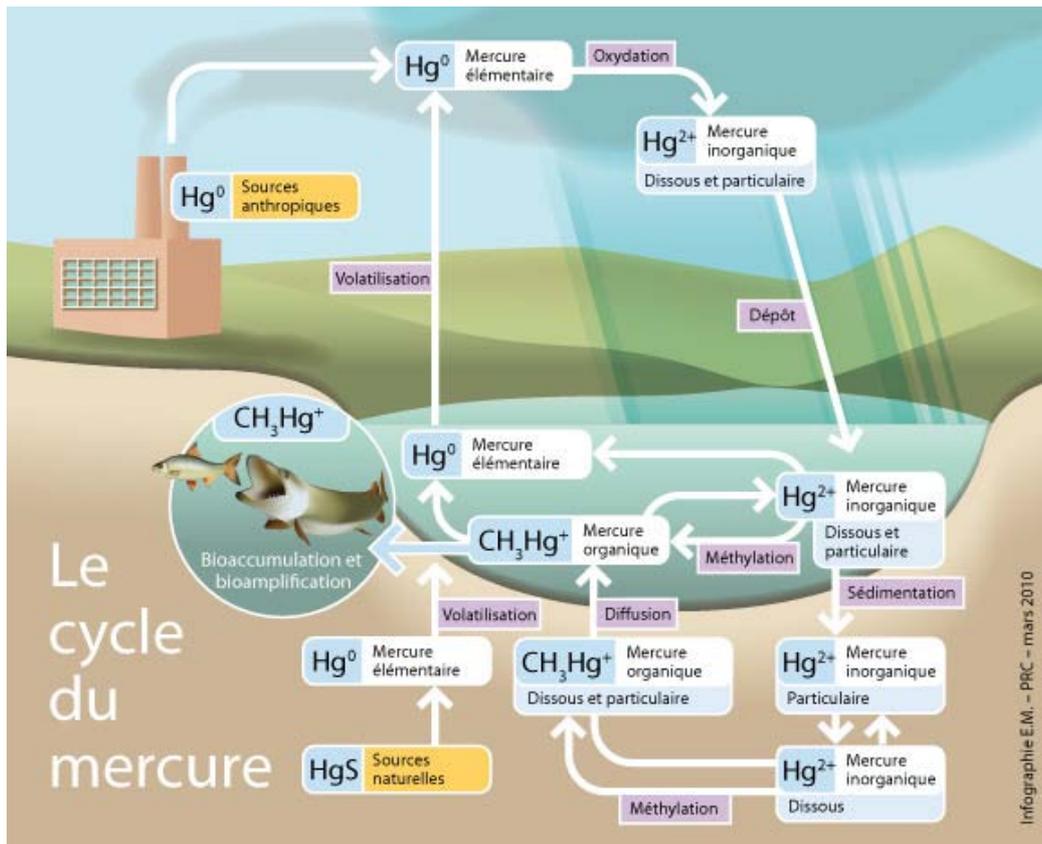


Figure 1 : Cycle du mercure

La bioamplification du mercure à l'intérieur de la chaîne alimentaire aquatique est la manifestation écologique la plus préoccupante. En effet, le mercure présent dans les sédiments subit une méthylation par une action essentiellement bactérienne. Une fois méthylé, le mercure inorganique se transforme en méthylmercure qui peut être absorbé par le plancton. Il devient alors aisément consommable par les poissons herbivores qui seront ensuite mangés par les poissons carnivores. C'est ainsi que se déclenche la bioamplification mercurielle dans les océans en s'accumulant au sommet de la chaîne alimentaire aquatique dans les coquillages, crustacés et poissons carnassier (52).

2) Les problèmes environnementaux liés à l'activité dentaire

Le mercure dégagé par les cabinets dentaires provient essentiellement des amalgames qui contiennent 50% de mercure élémentaire. Les déchets mercuriels sont produits lorsque le chirurgien-dentiste travaille ce matériaux d'obturation (pendant la pose, le polissage et la dépose). Les vapeurs vont être directement relarguées dans l'atmosphère du cabinet et les fines particules vont emprunter le dispositif d'aspiration puis passer dans le séparateur d'amalgame pour ensuite terminer dans le système d'évacuation des eaux usées du cabinet.

Les déchets mercuriels sont de trois types (1) :

- **solides**, ce sont les excédents d'amalgames inutilisés.
- **en suspension**, ce sont les résidus per-opérateur, ils sont de l'ordre de 25%, évacués directement dans le circuit de collecte suite à leur aspiration puis dirigé vers les eaux usées.
- **en suspension provenant de la dépose d'anciens amalgames**. Ils sont estimés à 50% de l'amalgame travaillé.

Selon le rapport publié en mars 2012 de la BIOIS (agence de conseil en environnement et en développement durable sollicitée par la Commission européenne dans le cadre de la révision de la stratégie communautaire sur le mercure), en Europe, le mercure dentaire contamine chaque année (53) :

- **l'air** (19 tonnes y sont rejetées : 3,5 des cabinets dentaires, 2 des bouches des porteurs, 6 des boues d'épuration, 4,5 de déchets, 3 des crémations).
- **l'eau** (de l'ordre de 3 tonnes : 1 des usines de traitement des eaux usées, 1 des boues d'épuration, 1 de déchets).
- **le sol** (20,5 tonnes : 8 des boues d'épuration, 4 des enterrements, 8,5 de déchets).

3) Une conséquence inquiétante pour la santé publique : l'antibiorésistance

La pollution mercurielle participe à un problème de santé publique majeur : la résistance bactérienne aux antibiotiques. En effet, le mercure est identifié depuis plus de 50 ans comme un vecteur de l'antibiorésistance. En 1967, Dyke s'est penché sur la question la résistance de *S. aureus* au mercure et à quelques antibiotiques (54). Puis d'autres auteurs comme Poiata, Joly et Hall ont proposé puis prouvé cette hypothèse selon laquelle l'antibiorésistance est inférée par l'usage du mercure (55-57).

Dans l'environnement, l'apparition de l'antibiorésistance causée par la pollution mercurielle a été franchement identifiée de 1978 à 2007 (58-60). Quand bien même ce phénomène est inquantifiable, il faut s'abstenir de penser que cette antibiorésistance resterait marginal. En 2010, Skurnik et son équipe ont réalisé un travail intéressant, ils ont comparé une population française métropolitaine (exposée aux antibiotiques et sans exposition importante au mercure) versus un groupe amérindien de Guyane française (peu exposée aux antibiotiques, très exposée au mercure) : c'est la flore bactérienne des Amérindiens qui contient le plus d'*E. coli* résistantes aux antibiotiques (61).

Par ailleurs, d'autres chercheurs ont également montré dans les années 1990 que le mercure des amalgames peut provoquer l'émergence de bactéries résistantes aux antibiotiques (62-64).

3) LE CADRE REGLEMENTAIRE

A) POSITIONS ET RECOMMANDATIONS DES DIFFERENTES INSTANCES

1) Internationale

a) OMS

En mars 2017, dans son document intitulé Mercure et santé, l'OMS affirme que (65) :

- « 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 in utero et à un âge précoce.
- Le mercure peut avoir des effets toxiques sur les systèmes nerveux, digestif et immunitaire, et sur les poumons, les reins, la peau et les yeux.
- Le mercure est considéré par l'OMS comme l'un des dix produits chimiques ou groupes de produits chimiques extrêmement préoccupants pour la santé publique.
- Le méthylmercure est très différent de l'éthylmercure. L'éthylmercure est utilisé comme conservateur dans certains vaccins et ne représente aucun risque pour la santé.

Une consultation d'experts de l'OMS organisée en 2009 a conclu 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. »

En 2014, l'OMS et l'UNEP (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) ont publié conjointement leur programme de promotion de la réduction progressive de l'utilisation de l'amalgame dentaire dans les pays en développement, et ont voulu rendre cela possible en (66) :

- Sensibilisant sur les risques environnementaux des amalgames dentaires.
- Promouvant les alternatives pour les amalgames dentaires quand indiqué cliniquement.
- Renforçant les connaissances des dentistes en matière de promotion de la santé bucco-dentaire et de prévention des maladies.
- Soutenant les meilleures pratiques de gestion et la gestion écologiquement rationnelle des déchets.
- S'assurant que le cadre réglementaire et la législation sont en place.
- Encourageant la séparation des déchets, et l'utilisation des installations de stockage et de traitement des déchets dangereux.

b) ONU

La convention de Minamata portant sur le mercure est une convention internationale créée sous la tutelle de l'UNEP, et qui a pour objectifs de protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes du mercure. Adoptée en 2013, elle n'entre en vigueur que le 16 août 2017. Concernant les amalgames dentaires, 9 mesures ont été prises pour réduire progressivement l'utilisation d'amalgame (Figure 2).

Produits contenant du mercure ajouté	Dispositions
Amalgames dentaires	<p>Les mesures qu'une Partie doit prendre pour éliminer progressivement l'utilisation d'amalgames dentaires doivent tenir compte de sa situation nationale et des orientations internationales pertinentes et comprendre deux ou plusieurs des mesures suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> i) 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; ii) Définir des objectifs nationaux visant à réduire autant que possible leur utilisation; iii) Promouvoir l'utilisation de matériaux de restauration dentaire économiques et cliniquement efficaces qui ne contiennent pas de mercure; iv) Promouvoir les activités de recherche-développement axées sur des matériaux de restauration dentaire de qualité qui ne contiennent pas de mercure; v) 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; vi) Décourager les polices d'assurance et programmes qui privilégient les amalgames plutôt que les matériaux de restauration dentaire sans mercure; vii) Encourager les polices d'assurance et programmes qui favorisent l'utilisation de matériaux de restauration dentaire de qualité sans mercure; viii) Restreindre l'utilisation d'amalgames dentaires à leur forme encapsulée; ix) 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.

Figure 2 : Recommandations de la convention de Minamata relatives aux amalgames dentaires.

c) Fédération Dentaire Internationale (67)

En septembre 2018 à Buenos Aires en Argentine, la FDI a annoncé, lors de son assemblée générale, ses nouvelles directives sur différents sujets dont « Dental Amalgam Phase-Down » que l'on pourrait traduire par « la réduction progressive de l'amalgame dentaire ».

Cette directive fraîchement adoptée a pour principe d'appuyer l'OMS dans la réduction progressive de l'utilisation d'amalgames dentaires en mettant davantage l'accent sur la prévention et la recherche de traitements de substitution. Ces mesures devraient être accompagnées d'un enseignement approprié sur les autres matériaux et techniques de restauration dans les universités et les cours de formation continue.

La FDI soutient les pratiques suivantes dans la réduction progressive des amalgames dentaires :

- Amélioration de la prévention des maladies et la promotion de la santé.
- Intensification de la recherche et du développement de matériaux de qualité sans mercure pour les restaurations dentaires, y compris leur impact potentiel sur l'environnement.
- Promotion des meilleures pratiques de gestion environnementale pour les résidus d'amalgames, y compris les formes encapsulées.
- Réduire et, si possible, éviter l'utilisation d'amalgames, en particulier dans :
 - les lésions adaptées à d'autres matériaux de restauration, en particulier lors de la première restauration et chez les patients jeunes;
 - les patients présentant des affections médicales particulières, telles qu'une néphropathie sévère ou les patients présentant des réactions allergiques à l'amalgame ou des lésions de contact (érosives) lichénoïdes au niveau de la muqueuse buccale; sauf si jugé nécessaire par le praticien, en fonction des besoins spécifiques du patient.

2) Europe

a) Union Européenne (68)

En mars 2017, le règlement (UE) 2017/852 complète la législation environnementale de l'UE sur le mercure, notamment :

- Interdire l'exportation de mercure et de composés du mercure ;

- Interdire la fabrication, l'exportation et l'importation d'une large gamme de produits contenant du mercure ajouté ;
- Mettre un terme à toutes les utilisations de catalyseurs au mercure et de grandes électrodes dans les processus industriels ;
- Réduire l'utilisation des amalgames dentaires et leur pollution, dernière utilisation importante du mercure dans l'Union européenne, et mettre en place un processus permettant d'évaluer la faisabilité d'une élimination progressive de l'utilisation du mercure en dentisterie ;
- Fermer la porte aux nouvelles 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.

Concernant l'amalgame dentaire, l'article 10 de ce même règlement fixe les restrictions suivantes :

- À compter du 1er juillet 2018, l'utilisation d'amalgames dentaires est interdite pour le traitement dentaire des dents temporaires, d'enfants de moins de 15 ans et de femmes enceintes ou qui allaitent, sauf si cela est jugé strictement nécessaire par le dentiste.
- Le 1er juillet 2019 au plus tard, chaque État membre doit définir et publier sur Internet un plan national concernant des mesures visant à réduire progressivement l'utilisation des amalgames dentaires.
- À compter du 1er janvier 2019, les praticiens de l'art dentaire ne sont plus autorisés à utiliser les amalgames dentaires en vrac, mais uniquement sous forme encapsulée de manière à prévenir l'exposition du patient et du praticien.
- À compter du 1er janvier 2019, tous les établissements dentaires travaillant sur les amalgames dentaires (pose d'amalgames et/ou dépose d'obturations d'amalgames dentaires) doivent être équipés de séparateurs d'amalgames assurant la rétention et la collecte des particules d'amalgames en vue d'empêcher leur rejet dans les systèmes d'assainissement. Les séparateurs devront maintenir un niveau minimum de rétention de 95% ; immédiatement en cas de nouveaux séparateurs, avant le 1er janvier 2021 en cas de séparateurs existants.
- Les praticiens doivent veiller à ce que leurs déchets d'amalgames (résidus d'amalgames,

particules, obturations et dents, ou parties de celles-ci contaminés par des amalgames dentaires) soient manipulés et collectés par des établissements ou entreprises de gestion des déchets agréés (aucun rejet direct ou indirect dans l'environnement).

b) France (69)

Dès la fin des années 1990, les pouvoirs publics français ont pris des mesures réglementaires et formulé des recommandations relatives aux amalgames dentaires :

- Tous les amalgames commercialisés en France doivent être conditionnés en capsules pré-dosées pour éviter l'excès de mercure dans l'amalgame et la diffusion de vapeurs de mercure dans l'atmosphère (décision du 14/12/2000 relative à l'interdiction d'importation, de mise sur le marché et d'utilisation de certains amalgames dentaires) ;
- Seuls sont disponibles sur le marché les amalgames de type « non gamma 2 » : ils présentent des performances et une longévité supérieure à celles des amalgames d'ancienne génération, sont plus résistants à la corrosion et libèrent très peu de mercure ;
- Depuis le 7 avril 2001 et suite à l'arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires (Annexe 1), les cabinets dentaires doivent être obligatoirement équipés d'un séparateur d'amalgame. Ce dispositif empêche que les déchets mercuriels ne soient rejetés avec les effluents (résidus d'eau) ;
- Le retraitement des déchets d'amalgames par des sociétés spécialisées est obligatoire.

En novembre 2013, la Direction générale de la santé (DGS) a adressé un courrier à l'Ordre des chirurgiens dentistes et à l'Ordre des médecins afin de leur communiquer la position des autorités françaises en faveur d'une réduction progressive de l'usage des amalgames dentaires au mercure, conformément aux engagements de la Convention de Minamata, adoptée en janvier 2013 par 140 Etats. Ainsi :

- Il leur a été demandé de réserver l'usage des amalgames aux situations jugées sans alternatives, de diminuer l'utilisation d'amalgames pour les dents de lait et, plus généralement, de se conformer aux recommandations de l'ANSM.
- Les modalités d'élimination des déchets d'amalgames leur ont été rappelées ainsi que l'obligation de fournir au patient une information préalable sur les différents matériaux d'obturation disponibles, afin de lui permettre d'effectuer un choix éclairé quant à son traitement.

L'ANSM, qui participe à la volonté des pouvoirs publics de diminuer de façon significative l'utilisation des amalgames dentaires, a actualisé son rapport de 2005 sur la sécurité d'utilisation des amalgames dentaires - *Le mercure des amalgames dentaires* - et publié fin 2014 ses recommandations à l'attention des professionnels de santé (70) :

« Nécessité de limiter l'utilisation des amalgames dentaires contenant du mercure à des situations listées, limitées et justifiées :

- L'amalgame dentaire est un matériau adapté pour la restauration des dents permanentes postérieures (molaires et prémolaires) 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 (digue dentaire) pour réaliser un soin par technique adhésive en méthode directe, notamment pour les lésions étendues.

Situations où le recours à l'amalgame n'est pas justifié :

- Les amalgames dentaires ne doivent pas être utilisés chez des patients ayant des antécédents d'allergie au mercure avérés et identifiés par des tests épicutanés.
- Les amalgames dentaires sont, par précaution, contre-indiqués chez les patients dont le rein est fragilisé par des antécédents d'atteinte de leur fonction rénale.

Mesures de précaution à prendre en compte dans certaines situations :

- **Grossesse** : 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.
- **Allaitement** : la présence d'amalgame dentaire chez la mère n'est pas une contre-indication à l'allaitement.
- **Polymétallisme** : la mise en place d'amalgames au contact direct ou indirect d'éléments en alliage de métaux précieux, d'ancrages en laiton doré (de type screw-post) ou d'autres restaurations métalliques doit être évitée.
- **Lésions lichénoïdes** : la présence de lésions lichénoïdes localisées au contact direct d'amalgames peut justifier la dépose d'obturations par ailleurs satisfaisantes.
- **Dents temporaires** : pour la restauration des dents temporaires, les amalgames dentaires ne sont indiqués qu'en toute dernière intention.

- **Blanchiment dentaire** : il est fortement déconseillé d'effectuer des éclaircissements sur les dents obturées par des amalgames.

Règles de bonnes pratiques à respecter au cabinet dentaire :

- Les amalgames dentaires doivent être utilisés sous un conditionnement en capsules prédosées.
- Si le fraisage et le repolissage de l'amalgame sont pratiqués, ils doivent toujours être réalisés sous irrigation, aspiration et autant que possible avec un champ opératoire (digue dentaire).
- Les règles d'hygiène et les bonnes pratiques relatives à l'utilisation des amalgames dentaires doivent être respectées afin de limiter autant que possible la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires.

Mesures de traçabilité et de surveillance :

- Il est recommandé aux chirurgiens-dentistes de noter dans le dossier des patients la marque et, si cela est possible, le numéro de lot des amalgames mis en place et de tenir ces références à disposition des patients qui le demandent et de l'ANSM.
- Dans le cadre du système de déclaration d'incidents de matériovigilance, il est rappelé 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.

En parallèle, veiller à toujours informer le patient en amont de la réalisation de l'acte conservateur :

- Il est nécessaire d'informer le patient de façon complète concernant le choix du matériau d'obturation, et les bénéfices et risques connus liés à ces techniques de restauration. »

c) Scandinavie (71)

Depuis 2008, la Norvège interdit de manière générale tous les produits contenant du mercure. Cela incluait une interdiction des amalgames, avec une période d'exemption - maintenant expirée - pour des cas particuliers. L'utilisation d'amalgame a été éliminée depuis 2011.

En 1999, le Parlement suédois a décidé que le coût d'une obturation à l'amalgame dans le système de santé national ne devrait plus être remboursé aux patients. Depuis 2009, une interdiction générale du mercure en Suède inclut les amalgames dentaires.

La vente de mercure est interdite au Danemark depuis 1994, mais une exemption avait été initialement accordée pour le mercure des amalgames dentaires. En 2013, l'amalgame n'était utilisé que dans 5% des restaurations.

3) Amérique du nord

a) Etats-Unis

Les différentes organisations américaines ont toujours adopté la même position sur la sécurité d'emploi de l'amalgame dentaire.

D'après l'ADA, l'amalgame dentaire est considéré comme un matériau sûr, abordable et durable ayant été utilisé pour restaurer les dents de plus de 100 millions d'Américains. Il n'existe aucune preuve scientifique valide démontrant la dangerosité des amalgames.

b) Canada

La position de l'Association Dentaire Canadienne (ADC) est publiée sur leur site internet : « les données scientifiques actuelles sur l'amalgame dentaire indiquent qu'il est efficace et sans danger et qu'il constitue une solution durable pour toute une série de troubles cliniques ».

B) RESPECT DES NORMES

1) Normes de l'OMS

Pour une exposition professionnelle continue durant une semaine de 40 heures de travail, une concentration de mercure dans l'air inférieure à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi qu'une concentration urinaire individuelle n'excédant pas $50 \mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine sont préconisées. Il est toutefois précisé qu'étant donné la toxicité potentielle du mercure pour le fœtus ces valeurs ne sont plus applicables aux femmes enceintes ; l'exposition devra alors être la plus faible possible.

Pour une exposition à court terme la concentration atmosphérique mercurielle doit être inférieure à $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sous réserve que la concentration moyenne pondérée par rapport au temps n'excède pas elle-même la valeur limite correspondante.

2) Normes américaines

Aux États-Unis, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a déterminé des valeurs limites ou « *Threshold Limit Value* » (TLV) consacrées à offrir un cadre de recommandation pratique pour une meilleure gestion des dangers pour la santé au travail. Cette valeur est fixée à 25 µg/m³.

3) Normes françaises

En France, le ministère de l'Emploi et de la Solidarité a établi des valeurs limites pour la concentration des substances dangereuses dans les atmosphères de travail. Pour l'exposition au mercure, ce sont les valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) mesurées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures qui nous intéressent. La VME s'élève à 50 µg/m³.

Il a également été déterminé une norme pour une exposition de courte durée : le STEL (Short Term Exposure Limit) ou VLE (Valeur Limite d'Exposition), ce taux est de 150 µg/m³ pour une exposition de 15 minutes.

C) REGLES D'HYGIENE DU CABINET DENTAIRE

Dans un document publié par l'AFSSAPS en 2005 sur les amalgames dentaires, on retrouve un certain nombre de règles d'hygiène permettant de mieux gérer le risque mercuriel (72).

« Afin de limiter au maximum la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires, les règles d'hygiène et les bonnes pratiques suivantes doivent être respectées :

- Le stockage des capsules d'amalgames doit se faire dans un endroit frais et ventilé.
- Travailler dans des locaux ventilés. Le cabinet dentaire doit être aéré plusieurs fois dans la journée. En cas de ventilation mécanique contrôlée (VMC), les bouches d'aération d'air propre doivent être situées dans les zones dites protégées et les bouches d'extraction d'air vicié, au dessus des zones potentiellement contaminées.
- Les matériaux de revêtement des locaux (sols, murs, plafonds) doivent être facilement lessivables et non poreux. Les matériaux textiles ainsi que l'utilisation des aspirateurs ménagers dans la salle de soins sont à proscrire.
- En application de l'arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgames issus des cabinets dentaires, les déchets solides et liquides d'amalgames

dentaires sont séparés des autres déchets dès leur production. Les capsules après utilisation et l'excédent d'amalgame doivent être stockés dans un conteneur adapté avec un système de fermeture solidaire et étanche. De plus, les cabinets dentaires doivent, depuis le 7 avril 2001, être équipés d'un séparateur d'amalgames pour retenir les résidus d'amalgames dentaires évacués dans le circuit d'eaux usées. Il est recommandé d'installer ce séparateur à distance du poste de soins et d'en assurer une maintenance régulière adaptée à l'exercice du praticien.

- Avant stérilisation des instruments à usage multiple, s'assurer qu'ils sont débarrassés de tout débris notamment de tout débris d'amalgames à leur surface. »

4) PRECAUTIONS ET PROTOCOLES

A) SE PROTEGER POUR MOINS S'EXPOSER

1) Etudes de référence

a) Etude *in vitro* de Brune et coll. en 1980 (73)

Ils ont mesuré *in vitro* la quantité de particules collectées dans la zone de respiration du praticien, ainsi que les niveaux de vapeur mercurielle lors de la dépose de vieux amalgames.

Les résultats nous montrent que si aucune précaution n'est prise (absence de ventilation et de spray), les taux de vapeur de mercure et de particule collectés dans l'air respiré par le dentiste sont largement supérieurs au TLV, quelque soit le type de fraise utilisé. Ces valeurs sont considérablement diminuées lors de l'utilisation d'un spray d'eau. La ventilation de la pièce influe également sur les concentrations de mercure dans l'air.

b) Etude *in vivo* de Pohl et Bergman en 1995 (45)

Ils ont étudié les quantités de vapeurs de mercure inhalées par le dentiste lors de la dépose et du remplacement de 50 amalgames sur 28 personnes. Les différents taux ont été relevés en utilisant plusieurs systèmes d'aspiration (la pompe à salive, l'aspiration reliée au miroir dentaire et l'aspiration au débit) placés tour à tour dans la cavité buccale des patients au moment de la dépose.

Les résultats donnent des concentrations de vapeur de mercure comprises entre 56 et 442 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lorsque la pompe à salive est utilisée seule. La concentration moyenne étant de 168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ces chiffres sont supérieurs aux VME et VLE. Toutefois, lors de l'utilisation combinée de la pompe à salive et de l'aspiration à haut débit, ou des trois systèmes d'aspiration associés, les concentrations mesurées sont de l'ordre de 1 à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il n'existe pas de différence significative entre l'utilisation de l'aspiration à haut débit associée à la pompe salivaire et l'utilisation simultanée des trois systèmes.

c) Etude *in vitro* sur les particules inhalées de Nimmo et coll. en 1990

(74)

Lors de la dépose, les micro-particules d'amalgame de l'aérosol circulent dans l'air et peuvent être inhalées par le praticien et le patient. Les particules supérieures à 10 μm sont généralement filtrées par les voies respiratoires supérieures où elles seront par la suite avalées. Par contre les particules plus petites pénètrent dans les bronchioles terminales et s'accumulent dans les alvéoles pulmonaires. Nimmo et son équipe ont estimé *in vitro* les quantités de particules inhalées par le patient et le praticien lors de la dépose sous 3 conditions différentes (fraisage à sec, fraisage sous spray d'eau + aspiration haut débit, et fraisage sous spray + aspiration haut débit + digue).

Les résultats de cette étude montrent que pour le chirurgien-dentiste, la quantité et la taille des particules inhalées restent constantes sous toutes les conditions testées. Sous fraisage à sec, le patient inhale des particules 4 fois plus grosses et en quantité 4 fois supérieures par rapport au fraisage sous spray associé à une aspiration à haut débit. Dans la troisième condition avec l'usage de la digue, ils ont montré que le patient n'inhale quasiment plus aucune particule.

2) Conclusions

L'utilisation du spray d'eau est indispensable lors de la dépose d'un amalgame et une bonne ventilation de la salle de soin permet de diminuer les concentrations de mercure dans l'air. Le fait d'associer une pompe à salive à une aspiration à haut débit permet d'obtenir la meilleure évacuation des débris d'amalgame. L'aspiration reliée au miroir dentaire n'apporte pas de bénéfice. La mise en place d'une digue permet de mieux protéger les patients des inhalations de particules. Et il semble évident que le port du masque par le personnel soignant est indispensable.

B) MATERIEL

1) Travail de l'amalgame

a) Aspiration

Pendant la dépose, le besoin en eau est tel que la pompe à salive est largement insuffisante car elle ne permet pas d'éliminer l'eau et l'aérosol engendrés par l'instrumentation. Cet aérosol est projeté hors de la cavité buccale du patient et peut être inhalé par toutes les personnes à proximité. En utilisant une pompe à salive lors de la dépose, l'opérateur est exposé à $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il a également été montré que l'utilisation d'une aspiration à grande vitesse réduit la quantité de mercure dans l'air à $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ainsi, les niveaux de vapeur de mercure sont considérablement réduits avec l'utilisation d'une aspiration à haut débit (75).

i. La pompe à salive

La pompe à salive, bien qu'insuffisante, est tout de même utile pour évacuer l'air susceptible de contenir des vapeurs de mercure sous la digue pendant la dépose.

ii. L'aspiration à haut débit (76)

Une aspiration à grand volume doit évacuer 300 à 400 litres d'air à la minute avec une vitesse de 50 mètres par seconde. Pour éviter les pertes de puissance d'aspiration, elle doit être placée à faible distance du fauteuil et utiliser des tuyaux de diamètres importants. Toutefois, plus le diamètre du tuyau est grand, plus la vitesse d'aspiration est faible.

On distingue différents systèmes :

- Système à anneau d'air :

C'est le premier vrai type d'aspiration chirurgicale qui est apparu. Il comporte un bac de décantation, ou séparateur, dans lequel l'air est séparée de l'eau et de tous les éléments polluants et un filtre qui retient les plus grosses particules dépassant 1mm de diamètre. Le bac a un volume important faisant baisser la vitesse de l'air à tel point que tous les composants polluants (eau, sang, débris de dents et d'amalgame) s'y déposent.

Le groupe d'aspiration proprement dit est composé d'un moteur asynchrone, ou pompe, et d'une roue à palettes se mouvant dans le carter de la turbine. Le séparateur est installé sur le

fauteuil, ou proche de celui-ci, et le moteur d'aspiration est installé plus loin dans un meuble isolant du bruit.

Lors de l'utilisation de l'aspiration à haute vitesse à air, l'air seul passe dans les tuyauteries et dans la pompe.

Ce système présente un gros inconvénient car les débris de diamètre inférieur à 1mm finissent par s'écouler dans les eaux usées de l'unité. De plus il faut veiller à ce que l'air provenant de la pompe soit expulsé à l'extérieur du cabinet pour ne pas surpolluer l'atmosphère en mercure.

- Système à anneau liquide :

Il se distingue du précédent par le fait qu'il n'y a pas séparation de l'air, de l'eau et des particules polluantes au fauteuil même. Tous ces éléments aspirés passent dans les tuyauteries jusqu'au groupe d'aspiration qui crée la dépression par un anneau presque totalement liquide. Devant la pompe se trouve un filtre ressemblant à celui du bac de décantation.

Ce système ne rejette pas d'air vicié dans l'atmosphère du cabinet. Par contre, après l'entrée dans la tuyauterie, il y a un élargissement faisant baisser la vitesse de l'air à tel point que les particules lourdes se déposent sur les parois du tuyau, formant une réserve potentielle de mercure. C'est pourquoi les systèmes à eau sont plus indiqués pour les actes chirurgicaux.

- Système à anneau humide :

Dans ce système, les deux configurations décrites sont combinées : les liquides et l'air sont aspirés dans les tuyaux comme dans un système à eau, mais le groupe d'aspiration est à anneau d'air.

Les particules solides et les liquides aspirés sont filtrés en même temps près de l'unité dentaire (le filtre a un maillage maximum de 0,8mm). Les fluides aspirés passent ensuite dans la canalisation principale et entrent dans un centrifugeur-séparateur où ils sont séparés de l'air. Ce dernier est expulsé à l'extérieur du cabinet après être passé dans la pompe tandis que les liquides sont évacués dans la vidange. La pompe ne reçoit donc que de l'air.

iii. La canule d'aspiration

Pour une aspiration optimale des vapeurs de mercure et des particules d'amalgame, la canule doit idéalement être placée à un ou deux centimètres du lieu de formation de l'aérosol.

On trouve actuellement sur le marché des canules jetables et d'autres réutilisables qui supportent la stérilisation. Après la dépose des obturations, il peut rester des débris d'amalgame

sur la face interne de la canule qui constituent une réserve de mercure. Aux températures générées par les stérilisateurs, la tension de vapeur de mercure est très importante et, à l'ouverture de la porte après stérilisation, une quantité massive de vapeur toxique peut se libérer instantanément. Les canules utilisées pour la dépose doivent donc présenter une section ronde, de large diamètre et rectilignes afin de faciliter leur nettoyage et décontamination.

L'exemple de la canule Clean Up® (Figure 3)

Son utilisation est recommandée par les protocoles de dépose les plus sérieux. Elle est spécialement conçue pour diminuer l'exposition du patient et du personnel aux particules émises lors de la dépose des amalgames dentaires.

Cette canule Clean Up® est composée :

- D'un embout amovible à usage unique, articulé autour d'un axe permettant une légère rotation, que l'on place directement sur la dent concernée.
- D'une canule réutilisable qui se connecte au tuyau d'aspiration.

L'embout clipsé sur la dent permet de maintenir l'aspiration au plus près de la fraise et ainsi d'aspirer immédiatement les vapeurs de mercure et les particules. Cette canule n'a pas besoin d'être maintenue ce qui est un avantage non négligeable en l'absence d'assistante au fauteuil. Par ailleurs les tissus mous sont protégés de la fraise car le travail s'effectue dans le cadre de l'embout.

Cependant, ce système est encombrant et ne permet qu'un accès occlusal. D'autre part, l'angulation au niveau de la connexion de l'embout et la section rectangulaire de la canule favorisent la rétention de particules et ne facilitent pas son nettoyage.

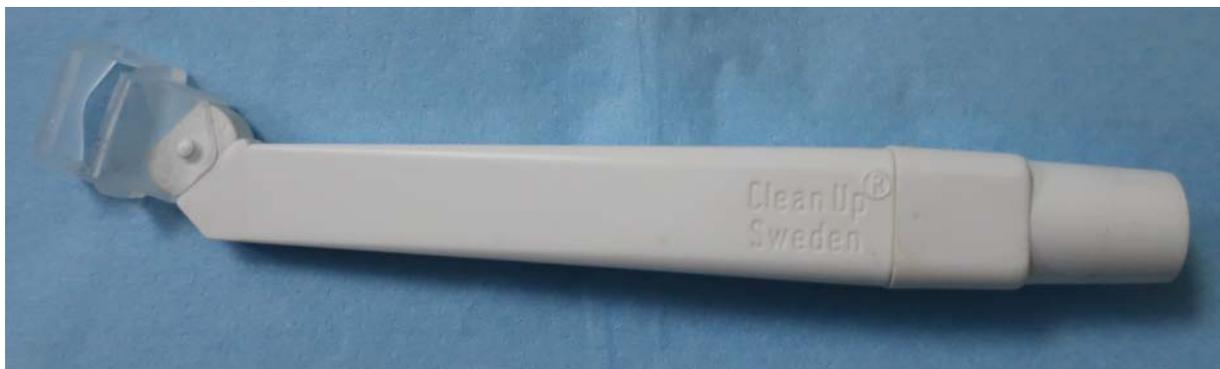


Figure 3 : Canule Clean Up® avec son embout jetable.

b) La fraise

Les fraises utilisées pour déposer les amalgames sont en carbure de tungstène. Elles sont pourvues de lames qui leur permettent de travailler par enlèvement de copeaux. L'échauffement et les vibrations sont nocifs pour ce type de fraise. Les vibrations seront contrôlées par une pression et vitesse constantes. La sensation de changements sonores ou de tremblements de notre instrument montre un danger de dégradation précoce. L'échauffement sera endigué par une irrigation généreuse.

Le meilleur rotatif est le contre-angle multiplicateur x 5 (bague rouge), il permet de modifier la vitesse. Le couple engendré par le moteur électrique maintient aussi une vitesse de rotation constante de la fraise et une meilleure sensation tactile. Une pression trop grande va diminuer la vitesse de la fraise et donc en baisser le taux d'enlèvement. Elle occasionnera également un échauffement de la fraise, sa dégradation précoce, un risque de fracture et des contraintes dans la tête du porte-instrument rotatif. Il est aussi possible d'utiliser une turbine mais son efficacité de coupe est environ deux fois plus faible (77).

De nombreux fabricants produisent des fraises en carbure de tungstène destinées à tailler du métal quel qu'il soit, mais il est plus rare de trouver des fraises conçues spécifiquement pour la découpe d'amalgames.

L'exemple de la fraise TransAmalgam H32 de Komet® (Figure 4) :

-Caractéristiques :

- Le tranchant est accentué sur la pointe de l'instrument permettant un forage axial et une faible résistance à la pénétration.
- Géométrie de coupe particulière (succession de prismes coupants en forme de pyramide) permettant de déposer efficacement l'amalgame et assurant une évacuation régulière des copeaux. Cela évite l'encrassement et la surchauffe de l'instrument.
- Haute résistance à la fracture.
- La fraise travaille sans vibration.



Figure 4 : Fraise TransAmalgam H32.

-Conseils d'utilisation selon Komet® :

- « Introduire la fraise H32 dans l'obturation dans le sens axial ou inclinée (Figure 5).
- En fonction des dimensions de l'obturation, réaliser plusieurs tailles longitudinales et transversales (Figure 5). Le fait de fragmenter l'obturation permet de retirer plusieurs morceaux de la cavité. Puis éliminer les restes d'obturation à l'aide d'un instrument à main approprié (ou avec la fraise H32).
- La vitesse recommandée est de 160.000 t/min avec contre-angle multiplicateur. Cette vitesse est un bon compromis entre la chaleur dégagée, les vapeurs de mercure émises et la performance de coupe. La fraise H32 s'utilise bien sûr également sur turbine.
- Toujours bien refroidir à l'eau pour limiter encore davantage le dégagement thermique (50 ml/mn minimum) et utiliser la H32 à faible pression. »



Figure 5 : Technique de fraisage recommandée par Komet®.

L'amalgame devra être fraisé *a minima* et l'objectif sera de l'expulser de la cavité en blocs les plus gros possible pour éviter au maximum la formation de vapeurs de mercure ainsi que de particules. Il pourrait être intéressant de le détourner mais cela peut aller à l'encontre des principes de conservation tissulaire. L'utilisation d'une fraise fine devra être privilégiée.

c) Le spray d'eau

Le fraisage sous spray d'eau désagrège l'amalgame et le pulvérise sous forme d'aérosol. Ce dernier se compose principalement de vapeurs de mercure et de particules extrêmement fines d'amalgame.

Le spray agit de deux façons :

- Projeté au niveau de l'interface amalgame / fraise, il réduit l'échauffement consécutif au fraisage. Il limite ainsi la libération de vapeur mercurielle et lutte contre une possible agression pulpaire liée à l'élévation de la température.
- L'eau permet aux particules d'amalgame produites de se lier entre elles pour former des agglomérats plus facilement évacués par l'aspiration.

Pour une bonne irrigation, la quantité d'eau dans le spray du contre-angle doit être maximale. De plus, ce dernier peut être complété par le spray air/eau du fauteuil maintenu par l'assistante, le plus près possible de la fraise.

d) La digue dentaire (78)

La feuille de digue est le plus souvent fabriquée en latex mais il en existe sans pour les personnes allergiques. Il existe de nombreux types et formes de digues mais elles sont généralement carrées, mesurent de 12 à 16 cm de côté et leurs épaisseurs varient. La digue permet d'isoler une ou plusieurs dents pour obtenir un champ opératoire étanche, exempt de salive. Un cadre en plastique ou métallique la maintient en place. Il existe aussi des digues liquides pour parfaire l'étanchéité d'un champ opératoire quand cela est nécessaire. Ces dernières se présentent sous forme de seringue et sont en résine photopolymérisable à viscosité modéré et faible exothermie.

i. Avantages lors de la dépose

Comme vu précédemment dans l'étude de Nimmo (74), elle permet de protéger le patient des inhalations de particules. Cela s'explique par l'élasticité de la digue qui permet de former un petit bassin d'eau autour de la dent qui sera plus facilement aspiré, et par l'attraction électrostatique des particules fines vers le caoutchouc.

Berglund a montré que l'utilisation d'une digue en caoutchouc permet d'éliminer le pic de mercure plasmatique un jour après le retrait de l'amalgame, de même que le pic de mercure dans l'urine dix jours plus tard (79).

Dans une autre mesure, la digue refoule les tissus mous (gencives, joues, langue et lèvres) et agit ainsi comme un écarteur. Cela permet un meilleur accès à la dent et une meilleure visibilité. D'autre part elle a un rôle protecteur contre un éventuel dérapage de la fraise.

ii. Inconvénients

Ces inconvénients sont liés à la pose de la digue. Elle sera plus difficile à mettre en place dans certaines situations :

- Dents très délabrées.
- Dents permanentes insuffisamment évoluées sans zone de rétention.
- Dents présentant de très forts points de contacts.
- Dents postérieures associées à une faible ouverture buccale et une musculature tonique.
- Obstruction des voies nasales.
- Patients anxieux.
- Patients asthmatiques.

Après la dépose, Nimmo conseille de retirer la digue et de rincer soigneusement la bouche du patient avant de réaliser la nouvelle obturation. Ce rinçage permet d'éliminer le mercure de la salive du patient (74).

e) Equipements de protection individuelle

Une étude a montré que les particules émises pendant la dépose peuvent se propager de la bouche au genou du patient, ainsi que sur le thorax, les épaules et le cou de l'équipe soignante (80). Les équipements de base du chirurgien-dentiste tels que les lunettes de protection et gants sont de rigueur mais d'autres comme les masques chirurgicaux et blouses sont insuffisants pour se protéger lors de cet acte

i. Le masque

Les masques chirurgicaux ne filtrent pas du tout le mercure. Depuis 1983 il est recommandé d'utiliser des masques filtrant le mercure (81).

Il convient de prioriser l'utilisation de masques filtrants les particules solides, d'efficacité P2 ou P1 avec une couche de charbon activé (44). Le masque doit former un joint étanche tout autour de la bouche et du nez. Il existe actuellement des masques jetables (FFP) et des masques réutilisables (P) qui sont soit des demi-masques (bouche-nez) soit des masques complets (bouche-yeux) auxquels on ajoute des cartouches filtrantes. Ils répondent à des normes différentes en fonction de leur utilisation.

Il n'existe pas de recommandations officielles concernant le port d'un masque pour protéger le personnel des cabinets dentaires et le patient mais on trouve des normes respiratoires européennes concernant les équipements de protection individuelle, ainsi que des filtres anti-gaz spécifiques pour les vapeurs de mercure : ce sont les filtres HgP3, code couleur rouge + blanc. Par précaution, on pourrait donc utiliser ce type de matériel. Par exemple, la société 3M fabrique un demi-masque avec une cartouche au mercure (n° 6009) et le préfiltre P100 associé, destinés à éliminer les particules de 0,3 µm (82).

Par ailleurs, il a été montré que l'utilisation de filtres nasaux au charbon actif par le patient et le dentiste minimiserait l'absorption de vapeurs de mercure et réduirait fortement la pénétration de mercure dans les poumons et le cerveau. Les filtres nasaux à large spectre protègent également des particules et des gaz, notamment des vapeurs de mercure dans une clinique dentaire (82).

Pour protéger le patient, on peut aussi poser un masque jetable au charbon actif sur le nez et les yeux pendant la procédure de dépose. Ce même type de masque peut aussi être utilisé par le personnel à proximité et certains d'entre eux peuvent être utilisés pendant une centaine d'heure.

Idéalement, il faudrait utiliser un masque nasal (Figure 7) pour délivrer de l'air ou de l'oxygène au patient grâce à une source externe. L'usage de canule nasale est aussi une bonne alternative.

ii. La blouse de protection

Le personnel soignant doit se munir de sur-blouses de type casaque chirurgicale protégeant les bras et recouvrant le plus possible les vêtements. Elle doit être à usage unique pour se débarrasser rapidement des contaminants projetés sur celle-ci.

iii. Le calot

Un calot chirurgical à usage unique, aussi appelé charlotte, servira à la protection des cheveux.

iv. Le champ opératoire sur le patient

Pour protéger au mieux le patient, il convient de lui couvrir le visage et le corps avec un ou des champs chirurgicaux étanches pour empêcher les éclaboussures de particules d'amalgame de se déposer sur ses vêtements, sa peau ou ses yeux (82). Il existe aussi des kits à usage unique comprenant une combinaison à capuche, une paire de surbottes en plastique ainsi qu'une paire de gants en vinyl (Figure 6).



Figure 6 : Ensemble de protections jetables pour le patient.

2) Traitement des déchets mercuriels

C'est l'arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires (Annexe 1) qui légifère la collecte et le traitement des déchets mercuriels en France. L'article 2 indique que « ces déchets doivent être séparés des autres, et conditionnés dans des emballages identifiés à usage unique, étanches à l'eau en toutes positions, résistant à la perforation, stables et présentant une fermeture provisoire et une inviolabilité complète lors du transport ».

a) Le séparateur d'amalgame

Aussi appelé récupérateur d'amalgame, c'est un dispositif imposé en France aux chirurgiens-dentistes, depuis l'arrêté du 30 mars 1998 (Annexe 1) afin de protéger l'environnement. Ce système empêche les déchets solides d'aller dans le réseau classique des eaux usées. Les déchets d'amalgame sont ainsi stockés plusieurs mois dans les locaux du praticien.

« Celui-ci doit répondre aux exigences suivantes :

- il doit retenir quelque que soient les conditions de débit au moins 95 % en poids, de l'amalgame contenu dans les eaux usées.
- son installation doit être faite selon la norme NF/EN/ISO 11143.
- l'adjonction du séparateur sur l'unit ne doit pas altérer le fonctionnement de l'équipement. »

Les séparateurs d'amalgame les plus récents sont capable d'atteindre des taux de récupération allant jusqu'à 99,3%.

b) La collecte des déchets d'amalgame (Annexe 1)

Le transit et la collecte des déchets d'amalgames sont réglementés (classe 8 « mercure »). Sauf exception, les déchets d'amalgames collectés au cabinet dentaire ne peuvent pas être apportés directement dans une unité de traitement/valorisation. L'appel à une plateforme de transport et regroupement est une obligation.

Le dentiste est garant de l'élimination de ses déchets mercuriels et il lui appartient de vérifier que le prestataire respecte bien la réglementation en vigueur. Les déchets d'amalgame font partie des déchets à risque chimico-toxiques. 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.

Le suivi de l'ensemble de la filière de valorisation des déchets d'amalgame est réalisé via des bordereaux qui doivent être conservés 3 ans par les praticiens.

c) Décontamination de l'air

On a montré précédemment que les concentrations atmosphériques en mercure dans les cabinets dentaires augmentaient lors de tout travail sur l'amalgame plus particulièrement lors

de la dépose. Il s'agit donc de faire descendre rapidement ces concentrations pour s'exposer le moins longtemps possible. Au-delà de l'ouverture de la fenêtre, d'autres stratégies d'élimination du mercure consiste à purifier l'air ou à l'évacuer de la salle de soin. Plusieurs sociétés fabriquent des purificateurs d'air à gros volume adaptés aux cabinets dentaires, notamment DentAirVac, E.L. Foust et Tact-Air. Nous prendrons ici l'exemple de la société DentAirVac qui semble être plus spécialisée dans notre exercice. Elle produit le DAV VII TURBO® (Figure 7) qui est un système d'aspiration conçu pour capter les vapeurs et aérosols toxiques émis lors de la dépose avant qu'ils ne soient respirés par les personnes présentes. Un pré-filtre est disposé au niveau du tuyau d'entrée, qui est lui-même placé au plus proche de la cavité buccale du patient, pour capter les particules supérieures à 50 µm . Puis l'air aspiré passent ensuite à travers les autres filtres de l'appareil pour se décontaminer.

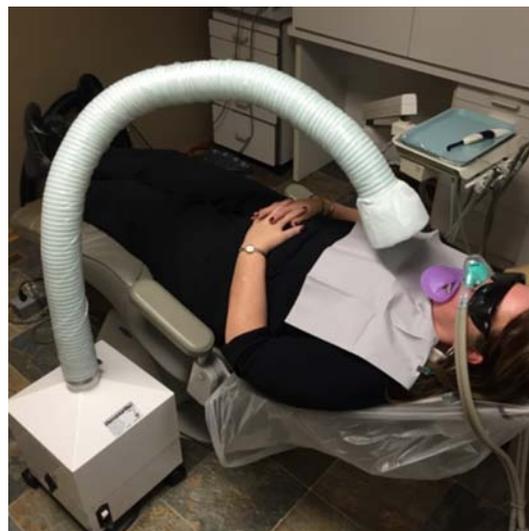


Figure 7 : Exemple de mise en place du DAV VII TURBO® et d'un masque nasal.

De plus, le simple fait de se déplacer dans un autre espace peut être efficace pour réduire l'exposition au mercure (82).

3) Détoxification endogène

La préparation du patient avant et après l'intervention permet d'aider l'excrétion du mercure par l'organisme. Des études ont montrés que des substances comme des compléments diététiques tels que la Chlorella ou la Curcumine pourraient améliorer la détoxification endogène contre les métaux lourds suite à la dépose d'amalgame. Un apport en vitamine C est

recommandé, souvent avec d'autres suppléments tels que le Sélénium, qui par son effet anti-oxydant peut prétendre participer à la protection des cellules, ou le Desmodium car cela renforcerait les capacités de détoxification endogène des patients en augmentant la chélation du mercure dans le corps pendant une courte période (82).

Le charbon actif adsorbe les vapeurs de mercure. Cette adsorption est stable à température ambiante : le mercure ainsi piégé ne désorbe qu'à partir de 160 °C (83). En pratique, le charbon actif est utilisé, sous forme de poudre à diluer dans de l'eau ou sous forme de gélule, per os ou en bain de bouche.

En 2014, des chercheurs américains ont réalisé une étude pour développer un nouveau médicament pour la prévention et le traitement de l'intoxication aux métaux lourds. Ils se sont penchés sur un matériau à base de silice nanoporeuse modifiée par un groupe thiol (SH-SAMMS) qui a une très haute affinité pour le méthylmercure, le mercure inorganique, le plomb et le cadmium. Leurs expériences sur des modèles animaux *in vitro* et *in vivo* ont donné des résultats prometteurs sur la capacité de ce matériau à capter le mercure puis à contribuer à son élimination de l'organisme (84).

C) PROTOCOLES

1) Le protocole SMART de l'IAOMT (85)

L'IAOMT (International Academy of Oral Medicine and Toxicology), association américaine internationale regroupant des médecins, dentistes et toxicologues, a établi un protocole de dépose des amalgames dentaires permettant une excellente gestion du risque mercuriel.

Les recommandations de l'IAOMT sont connues sous le nom de SMART pour « Safe Mercury Amalgam Removal Technique » que l'on pourrait traduire par : la « Technique de dépose sécurisée de l'amalgame au mercure ». S'appuyant sur les connaissances scientifiques acquises et les recherches les plus récentes (plus de 100 références bibliographiques), l'IAOMT a formulé de nombreuses recommandations pour l'élaboration du protocole SMART :

- Un séparateur d'amalgame doit être correctement installé, utilisé et entretenu de manière à collecter les résidus d'amalgame au mercure pour qu'ils ne soient pas rejetés dans les effluents du cabinet dentaire.
- Chaque pièce où les amalgames sont éliminés doit disposer d'une filtration adéquate, ce qui nécessite un système de filtration d'air à gros volume capable d'éliminer les

particules et les vapeurs de mercure générées lors de la dépose.

- Il faut si possible ouvrir les fenêtres pour réduire les concentrations atmosphériques en mercure.
- Le patient doit faire un bain de bouche au charbon actif ou à la Chlorella (ou autre absorbant similaire) et doit en boire avant de commencer.
- Des blouses de protection pour le personnel dentaire et des champs pour le patient doivent être mis en place. Toutes les personnes présentes dans la pièce doivent être protégées car des quantités importantes de particules, générées au cours de la procédure, échapperont à l'aspiration. Il a été démontré que ces particules peuvent se propager de la bouche au genou du patient, ainsi qu'au thorax, aux épaules et au cou du dentiste et de l'assistante dentaire.
- Il faut utiliser des gants en nitrile sans latex.
- Des masques faciaux et calots sont nécessaires pour le personnel.
- Les masques portés doivent être correctement placés et étanches et sont soit conçus pour capter le mercure, soit à pression positive avec une source d'air ou d'oxygène externe.
- Afin de protéger la peau et les vêtements du patient, il convient d'utiliser un champ opératoire imperméable sur tout le corps, ainsi que sur la tête, le visage, le cou et autour de la digue.
- Un masque nasal fournissant l'air externe ou l'oxygène au patient doit être utilisé pour s'assurer que le patient n'inhalé pas de vapeur de mercure ni de particules d'amalgame au cours de la procédure. Une canule nasale est une alternative acceptable à cette fin, à condition que le nez du patient soit complètement recouvert par un champ imperméable.
- Une digue dentaire en nitrile sans latex correctement placée et étanche doit être utilisée.
- Une pompe à salive doit être placée sous la digue afin de réduire l'exposition du patient au mercure.
- Le dentiste doit utiliser une aspiration orale à haut débit située à proximité du champ opératoire (de 5 à 10 cm de la bouche du patient) pour atténuer l'exposition au mercure.
- L'aspiration à haute vitesse a une meilleure efficacité lorsqu'elle est équipée d'un dispositif Clean Up®, ce qui est préférable.
- Des quantités d'eaux abondantes pour réduire la chaleur et un dispositif conventionnel d'aspiration à haute vitesse pour capter les rejets de mercure doivent être utilisés pour réduire les niveaux de mercure ambiants.
- L'amalgame doit être divisé en morceaux et retiré en morceaux aussi gros que possible

à l'aide d'une fraise en carbure de petit diamètre.

- Une fois la dépose terminée, la bouche du patient doit être soigneusement rincée à l'eau, puis rincée à l'aide d'une solution de charbon actif, de Chlorella ou d'un adsorbant similaire.
- Les dentistes doivent se conformer aux réglementations fédérales, nationales et locales concernant la manipulation, le nettoyage et/ou l'élimination appropriés des composants, vêtements, équipements, surfaces de la salle et des sols contaminés par le mercure dans le cabinet dentaire.
- Lors de l'ouverture et de la maintenance des aspirations et du séparateur d'amalgame, le personnel dentaire doit utiliser l'équipement de protection individuelle approprié décrit ci-dessus.

2) Protocole sécurisé de dépose d'amalgame du Dr Colson (2012) (86)

Le Docteur Colson a publié en 2012 une revue d'articles intitulé « A Safe Protocol for Amalgam Removal » dont s'est notamment inspiré l'IAOMT pour établir le protocole SMART. Son objectif est de garantir une absorption minimale, autant sublinguale que par les muqueuses, et de réduire au minimum l'absorption de vapeur de mercure par la barrière hémato-encéphalique.

a) Procédures au fauteuil

i. Préparation du patient

- Le patient est recouvert d'un tablier en plastique sous le champ opératoire pour couvrir ses vêtements ;
- Une digue dentaire imperméable est placée pour s'adapter à la dent ou aux dents existantes afin d'empêcher les particules d'entrer en contact avec la muqueuse buccale ;
- Sous la digue, on place du charbon activé ou de la Chlorella, de même qu'un rouleau de coton et de la gaze. Cela aide à intercepter les particules et à chélater les métaux dissous qui s'infiltrent sous la digue. Souvent, les particules se trouvent sur les tissus sublinguaux et les bords latéraux de la langue. Cela doit être évité car c'est la voie d'absorption la plus rapide dans le corps ;
- Le visage du patient est recouvert avec un champ qui passe sous la digue ;
- Des lunettes de protection pour les yeux et une protection pour les cheveux sont posées ;
- L'oxygène est fourni au patient avec un masque nasal et l'ioniseur de vapeur de mercure est

activé. L'ioniseur à vapeur est un système de filtration d'air spécialisé utilisé pour intercepter les vapeurs de mercure qui sont liées par le flux d'ions négatifs et qui sont ensuite acheminées vers une plaque d'ioniseur chargée positivement à l'extrémité opposée de la pièce.

ii. Préparation du personnel

Les opérateurs se protègent avec un masque filtrant, une protection des yeux et des cheveux et un écran facial.

iii. Procédure de dépose

- Une nouvelle fraise est choisie pour faciliter l'opération ;
- Une aspiration à volume élevé et une pulvérisation continue d'eau sont fournies sur le site de dépose de l'amalgame ;
- Si possible, l'amalgame est sectionné puis retiré pour éviter le plus possible le dégagement de vapeur de mercure. La vitalité de la dent est toujours une préoccupation et moins la dent est traumatisée, plus la pulpe est saine. Plus la restauration est profonde, plus le risque de dégénérescence pulpaire, de nécrose et d'abcès à l'apex de la dent est important.

iv. Une fois que l'amalgame est complètement retiré

- L'apport en oxygène et les champs opératoires sont enlevés.
- Une inspection immédiate sous la digue a lieu. La gaze, le rouleau de coton et le charbon actif ou la Chlorella sont essuyés. La gaze est ensuite utilisée pour inspecter le plancher de la bouche et de la langue afin de s'assurer qu'aucune particule ne s'est infiltrée sous la digue ;
- Une fois que toutes les muqueuses ont été complètement inspectées et nettoyées, la bouche est abondamment rincée à l'eau pour éviter toute ingestion ou absorption des particules d'amalgame.

b) Après la dépose

Une étude norvégienne de 2011 a réalisé un suivi de 3 ans après dépose de l'amalgame sur un groupe traité par rapport à un groupe de référence. Elle a montré une réduction significative des problèmes de santé intra-buccaux et généraux (87).

Les patients du Dr Colson lui ont fait part, au fil des années, de leur ressenti suite à la dépose de leurs amalgames. Bien qu'elle ne les ait pas recueilli de manière scientifique, ces mêmes résultats ont également été rapportés dans la littérature après le retrait d'amalgame

associé à une désintoxication. Les patients rapportent :

- qu'ils n'ont plus de goût métallique dans la bouche ;
- qu'ils ont le sentiment d'avoir plus d'énergie ;
- qu'ils sont capables de mieux se concentrer et de prendre des décisions plus facilement (le «brouillard cérébral» a disparu) ;
- que leur corps réagit mieux aux autres traitements, comme si une barrière avait été levée.

Pour obtenir des résultats efficaces, il faut inclure une approche intégrative avec un médecin et une équipe de soins de santé, en portant une attention particulière à la désintoxication et à un régime alimentaire pendant plusieurs mois, avec des tests de laboratoire permettant de suivre les progrès.

5) CONCLUSION

Avec l'évolution et le développement des différentes techniques, le gradient thérapeutique prend une place importante dans notre pratique. La dentisterie moderne se veut économe en tissu et esthétique. Ces deux principes poussent logiquement l'amalgame dentaire vers la sortie. Le mercure se fait ainsi plus rare dans les cabinets dentaires.

Malgré l'absence de preuves scientifiques irréfutables quant à la toxicité du mercure des amalgames dentaires mais face à une volonté affirmée de se débarrasser du mercure à l'échelle mondiale, la problématique de cette substance doit être l'affaire de tous. Certes, l'amalgame dentaire n'est plus vraiment un matériau d'obturation à l'ordre du jour mais le chirurgien dentiste est toujours amené à le travailler. Les suspicions pesant sur la dangerosité du mercure des amalgames sont de plus en plus fortes et sa possible implication comme facteur aggravant dans de nombreuses pathologies, notamment neurodégénératives, ne peuvent que nous alerter. Il est d'ailleurs interdit depuis juillet 2018 de poser des amalgames sur des dents temporaires, sur les enfants de moins de 15 ans et sur les femmes enceintes ou allaitantes.

Il nous semble que la protection vis à vis du mercure pendant les actes impliquant l'amalgame, plus particulièrement la dépose d'un amalgame, est un aspect globalement négligé dans la profession. Il n'est pas trop tard pour prendre conscience que des moyens permettent de diminuer notre exposition mercurielle.

Par ailleurs, en 2013, grâce à la base de données du Département américain du Travail,

un classement des métiers les plus dangereux pour la santé a été établi, positionnant la profession de dentiste en 2^{ème} place. Nous imaginons donc que tout dentiste serait en faveur de diminuer ce risque pour sa propre santé. Cette thèse a permis de faire un état des lieux des moyens pour se protéger du risque mercuriel sur le plan médical : une aspiration efficace, une fraise adaptée, un spray abondant, la digue dentaire, une bonne aération de la salle de soin, et tous les équipements de protection individuelle. Et sur le plan environnemental, le séparateur d'amalgame nous permet de collecter les déchets mercuriels solides pour ne pas les évacuer dans les eaux usées.

Bien sur, ce risque mercuriel s'amointrit dans le temps conjointement à la lente disparition de l'amalgame dentaire mais tant que nos patients en seront porteurs, nous seront amenés à les déposer. Se pose maintenant la question du choix du matériau de remplacement qui contient lui même des substances pointées du doigt à cause de leur potentiels effets néfastes sur la santé. Certains composants des composites sont accusés d'être des perturbateurs endocriniens. Il revient à nous, chirurgiens-dentistes, de choisir des matériaux efficaces en accord avec les données acquises par la science pour ne pas nuire à nos patients.

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Cycle du mercure (CNRS) - (source : <http://www.prc.cnrs.fr/spip.php?rubrique42>).

Figure 2 : Recommandations de la convention de Minamata relatives aux amalgames dentaires.

Figure 3 : Canule Clean Up® avec son embout jetable.

Figure 4 : Fraise TransAmalgam H32.

Figure 5 : Technique de fraisage recommandée par Komet®.

Figure 6 : Ensemble de protections jetables pour le patient.

Figure 7 : Exemple de mise en place du DAV VII TURBO® et d'un masque nasal – (source : <https://dentalsafetysolutions.com/shop/safety-products/air-filtration/dav-vii-turbo-oral-aerosol-evacuation-system/>).

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liens entre amalgames, mastication et concentration salivaire en mercure, (Etude de Tübingen par Roller, Weiss, Maier et Clédon, 1997) (15).

Tableau 2 : Évolution des concentrations atmosphériques de mercure : résultats de différentes études dans les cabinets dentaires de 1968 à 1997 (44).

ANNEXE

Annexe 1 : Arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires

« NOR: MESP9821234A

Version consolidée au 20 novembre 2018

La ministre de l'emploi et de la solidarité, le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, le ministre de l'équipement, des transports et du logement, la ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement et le secrétaire d'Etat à la santé,

Vu la directive 83/189/CE prévoyant une procédure d'information dans le domaine des normes et réglementations techniques ;

Vu le code de la santé publique, notamment les articles R. 5152 et R. 5161 ;

Vu la loi n° 75-763 du 15 juillet 1975 modifiée relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux ;

Vu la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu la loi n° 77-771 du 12 juillet 1977 sur le contrôle des produits chimiques ;

Vu la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau modifiée ;

Vu le décret n° 67-671 du 22 juillet 1967, modifié par le décret n° 94-500 du 15 juin 1994, portant code de déontologie des chirurgiens-dentistes ;

Vu le décret n° 95-1000 du 6 septembre 1995 portant code de déontologie médicale ;

Vu le décret n° 97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux ;

Vu l'arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage de substances ;

Vu l'arrêté du 5 décembre 1996 relatif au transport des marchandises dangereuses par route ;

Vu l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France,

Arrêtent :

Article 1

Les déchets d'amalgame issus de l'activité des cabinets dentaires, publics ou privés, sont éliminés dans les conditions définies par le présent arrêté.

Article 2

Les déchets secs et liquides d'amalgames dentaires sont, dès leur production, séparés des autres déchets.

Les déchets secs d'amalgames dentaires, les déchets d'amalgame contenus dans le préfiltre et les capsules de prédose sont conditionnés dans des emballages identifiés à usage unique, étanches à l'eau en toutes positions, résistant à la perforation, stables et présentant une fermeture provisoire et une inviolabilité complète lors du transport.

Les effluents liquides contenant des résidus d'amalgames dentaires sont évacués vers le réseau d'eaux usées après passage dans un séparateur d'amalgame. Le séparateur d'amalgame retient, quelle que soient les conditions de débit, 95 % au moins, en poids, de l'amalgame contenu dans les eaux usées.

Le séparateur d'amalgame est installé le plus près possible de la confluence des sources de rejet afin que l'amalgame soit soustrait des eaux usées avant que celles-ci ne soient mélangées avec d'autres eaux usées, dépourvues de résidus d'amalgame, provenant du

cabinet dentaire concerné.

Article 3

Avant l'installation d'un séparateur d'amalgame dans un cabinet dentaire en activité, les boues d'amalgame déposées dans les conduites de faibles pentes, avant le réseau d'assainissement public, doivent être récupérées. Cette récupération des boues est réalisée soit en remplaçant les conduites, soit en les nettoyant avec un système adéquat. Les boues ainsi récupérées sont collectées et traitées dans les conditions définies ci-dessous.

Article 4

Les résidus d'amalgame dentaires contenus dans le séparateur d'amalgame sont éliminés selon une périodicité permettant le maintien du rendement initial du système, la procédure d'entretien étant fixée par le fabricant.

Article 5

Les conditions de transport de l'ensemble des déchets d'amalgame sont définies dans l'arrêté du 5 décembre 1996 susvisé.

Trois bordereaux permettent de suivre l'ensemble de la filière de valorisation des déchets d'amalgame. Si le chirurgien-dentiste ou le stomatologiste fait appel à une société de collecte, il utilise les bordereaux 1 et 2 CERFA n° 10785*01 et CERFA n° 10786*01). S'il se charge lui-même de la transmission des déchets d'amalgame au prestataire chargé de la valorisation, il utilise le bordereau 3 (CERFA n° 10787*01).

Le bordereau de prise en charge, qui est émis lors de la collecte de ces déchets, est fourni par le collecteur de déchets. Ce bordereau identifie le producteur, le collecteur et le destinataire final ainsi que le numéro de lot, en cas de regroupement des déchets. Il est signé par le producteur et le collecteur, au moment de la prise en charge de déchets. L'original est conservé par le producteur, le feuillet 2 l'est par le collecteur.

Le bordereau de suivi, émis également par le collecteur précise l'identité du collecteur et du destinataire final ainsi que le numéro de lot des déchets d'amalgame. Un exemplaire du bordereau de suivi, signé par le collecteur et le destinataire final, est envoyé par le collecteur au producteur dans un délai d'un mois après la valorisation du lot.

Le bordereau d'envoi, émis et signé par le producteur de déchets, est joint à l'envoi des déchets au destinataire final. Le destinataire, après signature, retourne un exemplaire au producteur de déchets.

Article 6

Les chirurgiens-dentistes et les stomatologistes tiennent à la disposition, respectivement, de l'ordre national des chirurgiens-dentistes et de l'ordre national des médecins et des services de l'Etat, un exemplaire des bordereaux pendant une période de trois ans. Les collecteurs et destinataires finaux tiennent à la disposition des services de l'Etat un exemplaire des bordereaux pendant une période de trois ans.

Article 7

Le responsable, du cabinet dentaire ou de la structure concernée, établit avec un prestataire de service, pour le traitement ou la collecte des déchets d'amalgame, une convention écrite qui définit :

- l'objet de la convention et les parties contractantes ;
- les modalités de conditionnement, de collecte, d'entreposage et de transport ;
- les conditions de valorisation des déchets d'amalgame ; le site de valorisation est autorisé au titre de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de

l'environnement ;
- les conditions financières ;
- les clauses de résiliation de la convention.

Article 8

Les installations des cabinets dentaires existantes sont rendues conformes aux présentes dispositions dans un délai de trois ans à compter de la date de publication au Journal officiel du présent arrêté. Les nouveaux units acquis, après la parution du présent arrêté, sont complétés dès leur installation par un séparateur d'amalgame.

Article 9

Le directeur général de la santé, le directeur des transports terrestres, le directeur général des stratégies industrielles et le directeur de la prévention des pollutions et des risques sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

La ministre de l'emploi et de la solidarité, Martine Aubry

Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur général des stratégies industrielles, D. Lombard

Le ministre de l'équipement, des transports et du logement,

Pour le ministre et par délégation :

Le directeur des transports terrestres, H. du Mesnil

La ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Pour la ministre et par délégation :

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs,

P. Vesseron

Le secrétaire d'Etat à la santé, Bernard Kouchner. »

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Miquel G. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé [Internet]. Rapport du sénat. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Avril 2001. p.9-83. Disponible sur : <http://www.aquadoc.fr/IMG/pdf/rapportsenatmetauxlourds100-261.pdf>
2. Sans auteur. Le mercure partie 2 : mercure et environnement. Rev Ecomine 2005:37-42.
3. Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Mercure dans les aliments – l'EFSA actualise ses conseils concernant les risques pour la santé publique [Internet]. Dec 2012 ; Disponible sur : <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/121220>
4. Organisation Mondiale de la Santé. Relevé épidémiologique hebdomadaire [Internet]. Juil 2012. No 30:277–288. Disponible sur : http://www.who.int/vaccine_safety/committee/topics/thiomersal/wer8730.pdf?ua=1
5. Baskin DS, Ngo H, Didenko VV. Thimerosal induces DNA breaks, caspase-3 activation, membrane damage, and cell death in cultured human neurons and fibroblasts. Toxicol Sci. Août 2003;74(2):361-368. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfg126>
6. Barregard J, Svalander C, Schutz A, Westberg G, Sällsten G, Blohmé I et al. Cadmium, mercury, and lead in kidney cortex of the general Swedish population: a study of biopsies from living kidney donors. Environ Health Perspect. Nov 1999;107(11):867-871. <https://doi.org/10.1289/ehp.107-1566723>
7. Eggleston DW, Nylander M. Correlation of dental amalgam with mercury in brain tissue. J Prosthet Dent. Dec 1987;58(6):704-707. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(87\)90424-0](https://doi.org/10.1016/0022-3913(87)90424-0)
8. Nylander M, Friberg L, Lind B. Mercury concentrations in the human brain and kidneys in relation to exposure from dental amalgam fillings. Swed Dent J. Jan 1987;11(5):179-187.
9. Kingman A, Albertini T, Brown LJ. Mercury concentrations in urine and whole blood associated with amalgam exposure in a US military population. J Dent Res. Mars 1998;77(3):461-471.
10. Afota G. Les risques d'intoxication mercurielle en pratique odontologique courante. Moyens de prévention [Thèse d'exercice]. [France] : Université de Strasbourg. Faculté de chirurgie dentaire; 1983. 193 p.
11. Engle JH, Ferracane JL, Wichmann J, Okabe T. Quantitation of total mercury vapor released during dental procedures. Dent Mater. Mai 1992;8(3):176-180.
12. Livardjani F, Jahanbakht R, Schlegel A, Haïkel Y, Jaeger A, Lugnier A. In vitro study

of mercury vapor release from dental amalgams. Chemical Safety for the 21st century, Congrès International de toxicology (ICT), Paris, 5-9 juillet 1998.

13. Grosman M. Le mercure des amalgames dentaires : quels risques pour la santé et l'environnement ? [Mémoire de médecine]. [France] : Université de Montpellier, Unité de Formation et de Recherche de Médecine ; 2001, 180 p.
14. Richards JM, Warren PJ. Mercury vapour released during the removal of old amalgam restorations. *Br Dent J.* Oct 1985;159(7):231-232.
15. Krauß P, Deyhle M, Maier KH, Roller E, Weiß HD, Cledon PH. Field study on the mercury content of Saliva. *Toxicol Environ Chem.* 1997;63(1-4):29-46.
16. Hursh JB, Clarkson TW, Cherian MG, Vostal JJ, et Mallie RV. Clearance of mercury (HG-197, HG-203) vapor inhaled by human subjects. *Arch Environ Health.* Nov-Dec 1976;31(6):302-309.
17. Stôrtebecker P. Mercury poisoning from dental amalgam through a direct nose-brain transport. *Lancet.* 1989;333(8648):1207. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(89\)92789-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(89)92789-X)
18. Magos L. Physiology and toxicology of mercury. *Met Ions Biol Syst.* 1997;34:321-370.
19. International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria for inorganic mercury. Geneva: World Health Organization; 1991. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc118.htm>.
20. Allain P. Mercure, Hg – Pharmacorama [Internet]. 2017. Disponible sur : <https://www.pharmacorama.com/pharmacologie/medicaments-elements/metaux-toxicologie/mercure-hg/>
21. Picot A, Proust N. Le mercure et ses composés [Internet]. *L'Act Chim.* Avril 1998;213:16-24. Disponible sur : <https://www.lactualitechimique.org/Le-mercure-et-ses-composes-De-la-speciation-a-la-toxicite>
22. Clarkson TW, Hursch JB, Cherian MG. Clearance of mercury (HG-197, HG-203) vapor inhaled by human subjects. *Arch Environ Health.* Nov-Dec 1976;31(6):302-309.
23. Teisinger J, Fiserova-Bergerova V. Pulmonary retention and excretion of mercury vapors in man. *Ind Med Surg.* Juil 1965;34:580-584.
24. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. L'amalgame dentaire et ses alternatives. Chapitre 3 – Evaluation et gestion du risque. Paris : Lavoisier tec et doc, 1998:23-25.
25. Clarkson TW. Mercury. *J Am Coll Toxicol.* 1989;8(9):1291-1296.

26. Björnberg KA, Vahter M, Berglund B, Niklasson B, Blennow M, Sandborgh-Englund G. Transport of methylmercury and inorganic mercury to the fetus and breast-fed infant. *Environ Health Perspect.* Oct 2005;113(10):1381-5.
27. Joselow M, Goldwater J, Alvarez A et Herndon J. Absorption and excretion of mercury in man : occupational exposure among dentists. *Arch Environ Health.* Jan 1968;17(1):39-43.
28. Lovejoy HB, Bell ZG, Vizona TR. Mercury exposure evaluation and their correlation with urine mercury excretion. *J Occup Med.* Juin 1973;15(7):590-591.
29. Baudot P, Boisset M, Pezerat H, Picot A. La toxicochimie inorganique. *L'Act Chim.* Juin-Juil 1996;195:53-61.
30. Bismuth C, Baud F, Conso F. *Toxicologie clinique.* 4e ed. Paris : Flammarion Médecine Sciences; 1987.
31. Garnier R. Mercure. In : *Toxicologie Clinique.* Paris : Flammarion Médecine Science, 2000:614-623.
32. Murphy MJ, Culliford EJ, Parsons V. A case of poisoning with mercuric chloride. Resuscitation. 1979;7(1):35-44. [https://doi.org/10.1016/0300-9572\(79\)90013-3](https://doi.org/10.1016/0300-9572(79)90013-3)
33. Lauwerys R, Haufroid V, Hoet P, Lison D. Mercure. In : *Toxicologie industrielle et intoxication professionnelle.* Paris : Elsevier Masson, 2007:309-363.
34. Kanerva L, Rantanen T, Aalto-Korte K, Estlander T, Hannuksela M, Harvima RJ, et al. A multicenter study of patch test reactions with dental screening series. *Am J Contact Dermat.* Juin 2001;12(2):83-87.
35. Piikivi L, Hanninen H. Subjective symptoms and psychological performance of chloralkali workers. *Scand J Work Environ Health.* Fev 1989;15(1):69-74.
36. Veien NK. Stomatitis and systemic dermatitis from mercury in amalgam dental restorations. *Dermatol Clin.* 1990;8(1):157-160.
37. Cavalleri A, Gobba F. Reversible color vision loss in occupational exposure to metallic mercury. *Environ Res.* Mai 1998;77(2):173-177. <https://doi.org/10.1006/enrs.1997.3814>
38. Urban P, Gobba F, Nerudová J, Lukás E, Cábelloková Z, Cikrt M. Color discrimination impairment in workers exposed to mercury vapor. *Neurotoxicology.* Août 2003;24(4-5):711-6.
39. Torres AD, Rai AN, Hardiek ML. Mercury intoxication and arterial hypertension: report of two patients and review of the literature. *Pediatrics Mars* 2000;105(3):e34.
40. Sibley RL. A comparison of mental health of multiple sclerosis patients with silver/mercury dental fillings and those with fillings removed. *Psychol Rep.* Juin 1992;70(3):1139-1151.

41. Ritchie KA, Gilmour WH, Macdonald EB, Burke FJ, McGowan DA, Dale IM, et al. Health and neuropsychological functioning of dentists exposed to mercury. *Occup Environ Med.* 2002;59(5):287-293. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.59.5.287>
42. Neghab M, Choobineh A, Hassan Zadeh J, Ghaderi E. Symptoms of intoxication in dentists associated with exposure to low levels of mercury. *Ind Health.* 2011;49(2):249-54.
43. Aaseth J, Hilt B, Bjørklund G. Mercury exposure and health impacts in dental personnel. *Environ Res.* Jul 2018;164:65-69. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.019>
44. Institut National de Recherche et de Sécurité. Document pour la médecine du travail. Le risque mercuriel dans les cabinets dentaires : histoire ancienne ou futur proche ? Document n°93, 1er trimestre 2003.
45. Pohl L, Bergman M. The dentist's exposure to elemental mercury vapor during clinical work with amalgam. *Acta Odontol Scand.* Fev 1995;53(1):44-48.
46. Schach-Boos V, Jahanbakht S, Livardjani F, Flesch F, Jaeger A. Evaluation of the mercury occupational exposure of dentists. Autumn meeting 2000. *Hum Exp Toxicol.* 2001;20:56-59.
47. Lauwerys R. Le mercure. In : toxicologie industrielle et intoxication professionnelle. 4e ed. Paris : Masson ;1999:219-246.
48. Joselow M, Goldwater J, Alvarez A et Herndon J. Absorption and excretion of mercury in man : occupational exposure among dentists. *Arch Environ Health.* Jan 1968;17(1):39-43.
49. Haikel Y et Alleman C. Contamination mercurielle : cabinet dentaire et environnement. *Inf Dent.* 1992;74(36):31-53.
50. Peltier A. Mesures des niveaux mercuriels dans les cabinets dentaires. L'amalgame dentaire et ses alternatives, évaluation et gestion du risque. Ministère du Travail et des Affaires sociales, Conseil supérieur d'hygiène publique de France, section des milieux de vie. Paris :Lavoisier Tech et Doc, 1998:99-108.
51. Pardigon L. Amalgames dentaires. *Rev Prescrire* 1999;196:443-447.
52. Grasmick C. Chapitre mercure et environnement. In : L'amalgame dentaire et ses alternatives. Evaluation et gestion du risque. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 1998:115-119.
53. BIO Intelligence Service (BIOIS). Study on the potential for reducing mercury pollution from dental amalgam and batteries. Report for European Commission DG Environment, Jul 2012. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/final_report_110712.pdf

54. Dyke KG, Richmond MH. Occurrence of various types of penicillinase plasmid among 'hospital' staphylococci. *J Clin Pathol*. Jan 1967;20(1):75-9.
55. Hall BM. Distribution of mercury resistance among *Staphylococcus aureus* isolated from a hospital community. *J Hyg (Lond)*. Mars 1970;68(1):111-9.
56. Joly B, Cluzel R. The role of heavy metals and their derivatives in the selection of antibiotics resistant gram-negative rods. *Ann Microbiol (Paris)*. Juil-Août 1975;126B(1):51-61.
57. Poiata A, Bădicuț I, Indreș M, Biro M, Buiuc D. Mercury resistance among clinical isolates of *Escherichia coli*. *Roum Arch Microbiol Immunol*. Jan 2000;59(1-2):71-79.
58. Timoney JF, Port J, Giles J, Spanier J. Heavy-metal and antibiotic resistance in the bacterial flora of sediments of New York Bight. *Appl Environ Microbiol*. Sept 1978;36(3):465-72.
59. Rasmussen LD, Sørensen SJ. The effect of longterm exposure to mercury on the bacterial community in marine sediment. *Curr Microbiol*. Mai 1998;36(5):291-7.
60. Ball MM, Carrero P, Castro D, Yarzabal LA. Mercury resistance in bacterial strains isolated from tailing ponds in a gold mining area near El Callao (Bolívar State, Venezuela). *Curr Microbiol*. Fev 2007;54(2):149- 54.
61. Skurnik D, Ruimy R, Ready D, Ruppe E, Bernède-Bauduin C, Djossou F, et al. Is exposure to mercury a driving force for the carriage of antibiotic resistance genes? *J Med Microbiol*. Juil 2010;59(Pt 7):804-7.
62. Liebert CA, Wireman J, Smith T, Summers AO. The impact of mercury released from dental "silver" fillings on antibiotic resistances in the primate oral and intestinal bacterial flora. *Met Ions Biol Syst*. 1997;34:441-460.
63. Lorscheider FL, Vimy MJ, Summers AO, Zwieters H. The dental amalgam mercury controversy--inorganic mercury and the CNS; genetic linkage of mercury and antibiotic resistances in intestinal bacteria. *Toxicology Mars* 1995;97(1-3):19-22.
64. Summers AO, Wireman J, Vimy MJ, Lorscheider FL, Marshall B, Levy SB. Mercury released from dental "silver" fillings provokes an increase in mercury- and antibiotic-resistant bacteria in oral and intestinal floras of primates. *Antimicrob Agents Chemother Avr* 1993;37(4):825-834.
65. Organisation Mondiale de la Santé. Mercure et santé [Internet]. Mars 2017. Disponible sur : <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
66. United Nations Environment Programme and World Health Organization. Promoting the phase down approach of dental amalgam in developing countries [Internet]. 2014. Disponible sur : https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13865/dental_mercury_phase_down_project_brochure_FINAL_lr.pdf?sequence=1&isAllowed=y

67. Fédération Dentaire Internationale. Dental Amalgam Phase-Down [Internet]. Septembre 2018. Disponible sur : <https://www.fdiworlddental.org/resources/policy-statements/dental-amalgam-phase-down>
68. Regulation (EU) 2017/852 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2017 on mercury, and repealing Regulation (EC) No 1102/2008 [Internet]. Disponible sur : <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/852/oj>
69. Ministère des Solidarité et de la Santé. Politique de réduction de l'utilisation des amalgames dentaires [Internet]. Disponible sur : <https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/autres-produits-de-sante/dispositifs-medicaux/article/politique-de-reduction-de-l-utilisation-des-amalgames-dentaires>
70. Agence nationale de sécurité des médicaments et des produits de santé. Le mercure des amalgames dentaires. Recommandations, à l'attention des professionnels de santé, à respecter lors de l'utilisation des amalgames dentaires. [Internet]. Décembre 2014. https://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/7cacb0593aa9f8ebd9b176c65ff98890.pdf
71. United Nations Environment Programme. Lessons from countries phasing down dental amalgam use [Internet]. 2016. Disponible sur : <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11624/Dental.Amalgam.10mar2016.pages.WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
72. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS). Le mercure des amalgames dentaires [Internet]. Oct 2005. http://psa.auvergne.free.fr/news1_13/telechargement/rapport_oct05.pdf
73. Brune D, Hensten-Pettersen A, Beltesbrekke H. Exposure to mercury and silver during removal of amalgam restorations. *Scand J Dent Res*. Oct 1980;88(5):460–463.
74. Nimmo A, Werley MS, Martin JS, Tansy MF. (1990). Particulate inhalation during the removal of amalgam restorations. *J Prosthet Dent*. Fev 1990;63(2):228-233.
75. Ritchie KA, Burke FJ, Gilmour WH, Macdonald EB, Dale IM, Hamilton RM, et al. Mercury vapour levels in dental practices and body mercury levels of dentists and controls. *Br Dent J*. Nov 2004;197(10):625–632; discussion 621.
76. Valade P. Intoxication mercurielle au cabinet dentaire [Thèse d'exercice]. [France] : Université d'Auvergne Clermont-Ferrand I. Faculté de chirurgie dentaire ;1993. 101 p.
77. Choi C, Driscoll CF, Romberg E. Comparison of cutting efficiencies between electric and air-turbine dental handpieces. *J Prosthet Dent*. Fev 2010;103(2):101-107.
78. Minoodt I, Slaus G, Bottenberg P. La digue en pratique dentaire : unité et conseils pratiques. *Rev Belge Med Dent*. 2005;60(2):107-114.
79. Berglund A, Molin M. Mercury levels in plasma and urine after removal of amalgam restorations: the effect of using rubber dams. *Dent Mater*. Sept 1997;13(5):297-304.

80. Palmer J, Young M. The efficacy of the IAOMT engineering controls used during removal of mercury silver dental restorations. Disponible sur : <https://iaomt.org/wp-content/uploads/Efficacy-of-the-IAOMT-Engineering-Controls-Used-During-Removal-of-Hg-Restorations.pdf>
81. Reinhardt JW, Chan KC, Schulein TM. Mercury vaporization during amalgam removal. *J Prosthet Dent*. Jul 1983;50(1):62-64. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90167-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90167-1)
82. Cabaña-Muñoz ME, Parmigiani-Izquierdo JM, Parmigiani- Cabaña JM, Merino JJ. Safe removal of amalgam fillings in dental clinic: use of synergic nasal filters (active carbon) and phytonaturals. *Int J Sci Res*. Mars 2015;4(3):2391-2395.
83. Institut Nationale de Recherche et de Sécurité. Le mercure - prévention de l'hydrargyrisme [Internet]. Disponible sur : www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-546/ed546.pdf
84. Sangvanich Z, Morry J, Fox C, Ngamcherdtraku W, Goodyear S, Castro D, et al. Novel oral detoxification of mercury, cadmium, and lead with thiol-modified nanoporous silica. *ACS Appl Mater Interfaces* 2014;6(8):5483-5493.
85. International Academy of Oral Medicine and Toxicology (IAOMT). The safe mercury amalgam removal technique (Smart) [Internet]. Disponible sur : <https://iaomt.org/resources/safe-removal-amalgam-fillings/>
86. Colson DG. A Safe Protocol for amalgam removal. *J Environ Public Health*. 2012; Article ID 517391:1-4. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/517391>
87. Sjursen TT, Lygre GB, Dalen K, Helland V, Laegreid T, Svahn J, et al. Changes in health complaints after removal of amalgam fillings. *J Oral Rehabil* Avr 2011;38(11):835-848.

DESFONTAINES (Ugo). – Gestion du risque mercuriel au cabinet dentaire.

72 f. ; ill. ; tabl. ; 87 ref. ; 30 cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2019)

RESUME

L'amalgame dentaire, ancien matériau d'obturation de choix en odontologie conservatrice, contient du mercure qui est un neurotoxique connu de longue date. Très largement utilisé au XXème siècle, il est aujourd'hui en voie d'abandon au profit des nouveaux matériaux et, au niveau mondial, les autorités affichent leur volonté de s'en affranchir car le mercure présente aussi un risque environnemental. Pour diverses raisons, les chirurgiens-dentistes sont fréquemment amenés à déposer les amalgames; acte pendant lequel les concentrations atmosphériques mercurielles augmentent dans la salle de soin. L'analyse de la littérature nous montre qu'il est nécessaire pour le personnel soignant de mettre en œuvre des moyens pour limiter le relargage de mercure et de protéger convenablement les personnes présentes pour gérer au mieux le risque mercuriel en se mettant dans les meilleures conditions de sécurité.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie Conservatrice

MOTS CLES MESH :

Mercure - Mercury

Amalgame dentaire - Dental amalgam

Matériaux dentaires – Dental Materials

Sécurité chimique – Chemical safety

JURY :

Président : Professeur Soueidan A.

Directeur : Docteur Bouchet X.

Assesseur : Docteur Enkel B ;

Assesseur : Professeur Alliot-Licht B.

Invité : Dr Ouvrard P.

ADRESSE DE L'AUTEUR :

Ugo DESFONTAINES

21 rue Alfred Riom 44100 NANTES

ugo.desfontaines@gmail.com