



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

ACADEMIE DE NANCY-METZ
UNIVERSITE HENRI POINCARRE-NANCY 1
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2010

N° 3214

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR

EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Xavier ROCHE
Né le 25 Juillet 1976

L'amalgame d'argent :
un matériau d'obturation actuel ?

Présentée et soutenue publiquement le 02 Avril 2010

Examineurs de la thèse :

Président :	M. LE PROFESSEUR J.P. LOUIS	Professeur des Universités
Juges :	M. LE DOCTEUR J.M. MARTRETTE	Maître de Conférences des Universités
	M. LE DOCTEUR E. MORTIER	Maître de Conférences des Universités
	M. LE DOCTEUR Y. SIMON	Attaché Universitaire



Président : Professeur J.P. FINANCE

Doyen : Docteur Pierre BRAVETTI

Vice-Doyens : Pr. Pascal AMBROSINI - Dr. Jean-Marc MARTRETTE

Membres Honoraires : Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIVAUX - Pr. G. JACQUART - Pr. D. ROZENCWEIG - Pr. M. VIVIER

Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Odontologie pédiatrique	Mme M. M. Mlle M.	<u>DROZ Dominique (Desprez)</u> PREVOST Jacques BOCQUEL Julien PHULPIN Bérengère SABATIER Antoine	Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme M. Mlle M.	<u>FILLEUL Marie Pierryle</u> BOLENDER Yves PY Catherine REDON Nicolas	Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. Mme	<i>Par intérim</i> <u>ARTIS Jean Paul</u> JANTZEN-OSSOLA Caroline	Professeur 1 ^{er} grade Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. Mme M. M. M. M.	<u>AMBROSINI Pascal</u> BOUTELLIEZ Catherine (Bisson) MILLER Neal PENAUD Jacques GALLINA Sébastien JOSEPH David	Professeur des Universités* Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. M. M. M. M. M. Mlle	<u>BRAVETTI Pierre</u> ARTIS Jean-Paul VIENNET Daniel WANG Christian BALLY Julien CURIEN Rémi SOURDOT Alexandra	Maître de Conférences Professeur 1 ^{er} grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistant Assistante
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie, Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M. Mlle	<u>WESTPHAL Alain</u> MARTRETTE Jean-Marc ERBRECH Aude	Maître de Conférences* Maître de Conférences* Assistante Associée au 01/10/2007
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. Mlle	<u>ENGELS-DEUTSCH Marc</u> AMORY Christophe MORTIER Eric CUNY Pierre HESS Stephan PECHOUX Sophie	Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistante
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. M. M. M. M. Mlle Mlle Mlle M.	<u>SCHOUVER Jacques</u> LOUIS Jean-Paul ARCHIEN Claude DE MARCH Pascal BARONE Serge BEMER Julie RIFFAULT Amélie MONDON Hélène SIMON Franck	Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistant Assistante Assistante Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mlle M. Mme M. Mme	<u>STRAZIELLE Catherine</u> RAPIN Christophe (Section 33) MOBY Vanessa (Stutzmann) SALOMON Jean-Pierre JAVELOT Cécile (Jacquelin)	Professeur des Universités* Professeur des Universités Maître de Conférences* Maître de Conférences Assistante Associée au 01/01/2009

souligné : responsable de la sous-section

* temps plein

Mis à jour le 01.02.2010

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

A mes parents,

Merci pour votre amour
et pour tous les sacrifices que vous avez dû faire pour que je sois ici aujourd'hui.

A mon petit frère,

Tu es déjà bien plus grand que moi. Que la vie t'apporte le bonheur que tu mérites.

A ma Line,

Des années à partager mon quotidien, des années de bonheur.
Notre couple a grandi en même temps que mon projet, le premier servant de socle solide à l'épanouissement du second.

A Félix,

Merci pour ta présence et ta grande gentillesse.

A mes beaux-parents,

Qui m'ont accueilli comme un fils.

A Jérémie,

Toutes ces années trouvent leur concrétisation dans ce travail, ces moments partagés ensemble ont été un grand plaisir. Tu es déjà un maître de l'endo sous microscope ...

A Selcuk (Polo pour les intimes),

Je me souviendrais longtemps de nos séances de chirurgie à Brabois ...

A Victor (Totor pour les intimes),

J'ai passé d'excellents moments avec toi à refaire la fac au resto U. Je me souviendrais longtemps de cette séance de cinéma avec toi. Reste comme tu es mon petit Picsou ...

A Alexandre

Que la force du pliage soit avec toi... J'ai toujours apprécié ta présence et ton dynamisme, tu es désormais plus sage que jamais ...

A Elise,

Ma binôme de TP en P2 et D1. Que la vie t'apporte tout ce que tu désires.

A Christine et Pierre,

Merci de m'avoir fait confiance a mes débuts. Vos nombreux conseils me servent encore tous les jours durant mon exercice quotidien.

A Samuel,

J'espère qu'un jour tu seras aussi sportif que moi !

A Fred et Gilles,

Merci de m'avoir accueilli au sein votre laboratoire de prothèse. C'est également grâce à vous deux que je suis ici. A bientôt sur les greens.

A Pierre-Jean,

Merci pour ton soutien informatique.

A Nicolas, Vincent, Guillaume, Aurélien, Christophe,

Je vous exprime ma profonde amitié et vous souhaite beaucoup de bonheur.

A tous ceux qui sont présents aujourd'hui

Merci de m'apprécier tel que je suis.

**A NOTRE PRESIDENT ET JUGE
M. LE PROFESSEUR JP. LOUIS**

Officier des Palmes Académiques
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Docteur d'Etat en Odontologie
Professeur des Universités
Membre de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire
Sous-section : Prothèses

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse. Nous vous en sommes très reconnaissants.

Votre charisme et la qualité de votre enseignement constituent un fait marquant de nos études. Soyez assuré de notre gratitude et de notre profond respect.

**A NOTRE JUGE ET DIRECTEUR DE THESE
M. LE DOCTEUR E. MORTIER**

Docteur en Chirurgie Dentaire
Maître de Conférences des Universités
Sous-section : Prothèses

Vous nous avez fait le plaisir de diriger cette thèse. Nous vous remercions de votre soutien et de votre extrême disponibilité. Ce travail n'aurait pu être mené à bien dans vos précieux conseils et votre optimisme permanent. Nous tenons à vous témoigner ici notre sincère reconnaissance et notre profond respect.

A NOTRE JUGE
M. LE DOCTEUR J.M. MARTRETTE

Docteur en Chirurgie Dentaire
Vice Doyen à la pédagogie
Docteur en Sciences Pharmacologiques
Maître de Conférences des Universités
Sous-section : Section biologique (Biochimie, Immunologie, Histologie,
Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie,
Pharmacologie).

Vous avez accepté de participer à ce jury et nous vous en remercions vivement. Vous nous avez fait bénéficier durant nos études de votre savoir et de votre expérience. Veuillez trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude et de toute notre estime.

A NOTRE JUGE
M. LE DOCTEUR Y.SIMON

Docteur en Chirurgie Dentaire
Ex-assistant hospitalier universitaire
Attaché Universitaire

Nous vous remercions chaleureusement de bien avoir voulu honorer de votre attention ce travail, en acceptant de faire partie de notre jury de thèse. Nous avons pu apprécier votre dévouement et votre gentillesse durant nos années universitaires. Veuillez trouver dans cette thèse l'expression de notre vive et respectueuse gratitude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. L'amalgame dentaire :

- 1.1 Historique de l'amalgame dentaire
- 1.2 Composition de l'amalgame dentaire
- 1.3 Réaction de prise et structure des amalgames
- 1.4 Propriétés physico-chimiques des amalgames
 - 1.4.1 Propriétés physiques
 - 1.4.1.1 Variations dimensionnelles au cours de la prise
 - 1.4.1.2 Variations dimensionnelles d'origine thermique
 - 1.4.1.3 Conductivité thermique
 - 1.4.2 Propriétés mécaniques
 - 1.4.2.1 Résistance à la traction et à la compression
 - 1.4.2.2 Le fluage
 - 1.4.2.3 Différentiel par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire
 - 1.4.3 La corrosion de l'amalgame, avantages et inconvénients
 - 1.4.3.1 Définition
 - 1.4.3.2 Facteurs influençant la corrosion des amalgames
 - 1.4.3.3 Conséquences des phénomènes de corrosion

2. Les amalgames sont-ils toxiques ?

- 2.1 Le caractère toxique du mercure
 - 2.1.1 Les caractéristiques du mercure
 - 2.1.2 Les différentes formes de mercure
 - 2.1.3 Sources et utilisation du mercure
 - 2.1.3.1 Sources naturelles
 - 2.1.3.2 Sources anthropiques
 - 2.1.3.3 Utilisation du mercure
 - 2.1.4 Les différentes voies d'absorption du mercure des amalgames dentaires dans l'organisme.
 - 2.1.5 Toxicocinétique, distribution métabolique et élimination du mercure
 - 2.1.6 Toxicité du mercure inorganique
 - 2.1.6.1 Toxicité aiguë du mercure inorganique
 - 2.1.6.2 Toxicité chronique du mercure inorganique
- 2.2 Les effets toxiques reconnus des amalgames dentaires
 - 2.2.1 Les effets dans la cavité buccale
 - 2.2.1.1 L'inflammation pulpaire

- 2.2.1.2 Les tatouages de la gencive
- 2.2.1.3 Le galvanisme buccal
- 2.2.1.4 Les réactions lichenoïdes buccales
- 2.2.2 Les effets dans l'organisme à distance
 - 2.2.2.1 Les effets rénaux
 - 2.2.2.2 Les effets neurotoxiques
 - 2.2.2.3 Les autres effets
- 2.2.3 L'exposition professionnelle
 - 2.2.3.1 Evaluation des concentrations atmosphériques en mercure des cabinets dentaires.
 - 2.2.3.1.2 Evaluation de la concentration de mercure dans la zone respiratoire des dentistes
 - 2.2.3.1.3 Evaluation de la concentration de mercure présente dans l'organisme des praticiens
 - 2.2.3.2 Origine de la pollution mercurielle dans le cabinet dentaire
 - 2.2.3.2.1 Origine de la pollution : actes polluants et facteurs aggravants
 - 2.2.3.2.1.1 Activité sur l'amalgame
 - 2.2.3.2.1.2 Le nettoyage et la stérilisation des instruments
 - 2.2.3.2.2 Les sources fixes d'émission mercurielle
- 2.3 Mercure et environnement
 - 2.3.1 Le cycle du mercure dans l'environnement
 - 2.3.2 La stratégie de prise en charge du mercure : données règlementaires nationales et internationales.
 - 2.3.2.1 Le programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE)
 - 2.3.2.2 Le parlement Européen
 - 2.3.2.3 La réglementation Française
 - 2.3.3 Les risques environnementaux des amalgames dentaires
 - 2.3.3.1 Le flux des déchets d'amalgames
 - 2.3.3.2 Les déchets mercuriels des cabinets dentaires
 - 2.3.3.3 Le devenir des déchets mercuriels issus des amalgames au cabinet dentaire.
 - 2.3.3.4 Le devenir des amalgames dentaires anciens

3. Avantages et inconvénients de l'amalgame par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire :

- 3.1 Cahier des charges d'un matériau d'obturation coronaire

- 3.2 Les alternatives à l'amalgame
 - 3.2.1 Les résines composites (RC)
 - 3.2.2 Les ciments verres ionomères (CVI)
 - 3.2.3 Les compomères
 - 3.2.4 L'amalgame au Gallium
 - 3.2.5 Les inlays céramiques
 - 3.2.6 Les inlays métalliques
- 3.3 Tableau comparatif des caractéristiques des biomatériaux indiqués pour l'obturation des cavités occlusales où occluso-proximales
- 3.4 Toxicité des biomatériaux de restauration coronaire
 - 3.4.1 Les amalgames au mercure
 - 3.4.2 Les résines composites
 - 3.4.3 Les ciments verres ionomères

4. Recommandations officielles :

- 4.1 Rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPN) 1998
- 4.2 Position du Conseil National de l'Ordre des Chirurgiens Dentistes (ONCD)
- 4.3 Office Parlementaire des choix Scientifiques et Technologiques (OPECST) 2001
- 4.4 Rapport de l'Académie Nationale de Médecine (ANM) 2003
- 4.5 Rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS) 2005
- 4.6 Position de l'Association Dentaire Française (ADF), données actuelles
- 4.7 Rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) 2005
- 4.8 Rapport de la Commission Européenne (SCENIHR) 2008
- 4.9 L'Association Dentaire Américaine (ADA) rapport daté du 28/07/2009
- 4.10 Position du Conseil Dentaire Européen (CED) 2009.

Conclusion

Annexes

Références bibliographiques

Introduction

« Le choix d'un matériau est politique. L'annonce d'une interdiction des amalgames créerait un mouvement de panique dans la population et des poursuites. Logiquement, les autorités préfèrent nier que de payer ! » affirme le Dr. Larose (Legault, 2002).

A partir de ce constat, tout dentiste quel qu'il soit se doit de s'interroger et de se documenter sur les rapports de Tübingen (Wasserman et coll., 1997) et Kiel (Roller et coll., Krauss et coll., 1997), où sur les études des Drs Marie Grosman et J-J Melet (2000). La conscience générale à travers ces ouvrages s'accorde à dire qu'un débat est légitime autour de l'amalgame, d'ailleurs le Dr. Marie Grosman (2000) pose très clairement les critères qui nourrissent cette polémique faite autour de ce matériau dès le titre de son ouvrage intitulé « Les amalgames dentaires : quels risques pour la santé et l'environnement ? Quels enjeux financiers ? ».

Ce débat sur les effets supposés du mercure sur l'organisme est une gigantesque controverse médicale comme il en existe beaucoup, mais elle ne doit pas seulement être alimentée par une certaine paranoïa des détracteurs, elle doit aussi être pondérée par des arguments médicaux fiables. En effet, à ce jour, la toxicité de l'amalgame n'est toujours pas prouvée de manière irréfutable. Néanmoins en Suède, le gouvernement s'est engagé à ne plus rembourser les poses d'amalgames, de plus un accord a été conclu avec le ministère des affaires sociales pour ne plus utiliser l'amalgame chez les humains de moins de 20 ans. La puissante FDA (USA) a modifié le statut de l'amalgame en le passant du grade faible à modéré depuis juillet 2009. En Norvège, depuis janvier 2008 l'amalgame d'argent au mercure est interdit. Les militants anti-amalgames parlent de percée (*breakthrough*) décisive dans la « guerre de l'amalgame » (*amalgam war*). Ces quelques exemples démontrent que les avis sont extrêmement partagés et qu'il ne faut pas céder à la passion populaire et s'interroger en prenant de la hauteur par rapport à cette polémique pour tenter d'en faire une analyse constructive.

C'est dans cet objectif que, dans un premier temps, nous allons parcourir l'histoire de l'amalgame, sa composition et ses différentes propriétés chimiques afin de faire une sorte « d'état des lieux » des connaissances dont nous disposons à ce jour sur ce matériau.

Dans un second temps, nous débattons sur le caractère toxique de l'amalgame et du mercure en s'appuyant également sur les données

règlementaires nationales et internationales. On se souvient de la catastrophe de Minamata au Japon où en 1960 toute une population de pêcheurs fut gravement intoxiquée après avoir consommé du poisson contaminé par du mercure provenant de rejets industriels. On dénombra quelque 2000 victimes dont plus de 1000 morts.

En 1991, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a pu affirmer que l'absorption de mercure la plus importante d'une population non industrialisée provenait des amalgames et non de la nourriture et de l'air. Tout cela pour illustrer que nos connaissances sur le mercure sont de plus en plus précises et le traitement des déchets mercuriels est, plus que jamais, un sujet sur lequel on légifère volontiers, pour l'environnement, pour l'organisme, mais aussi et surtout pour l'exposition professionnelle qu'il ne faut pas négliger.

Nous préciserons par ailleurs les recommandations officielles faites aux praticiens relatives aux différents protocoles indiqués lors de la manipulation de l'amalgame.

Dans un troisième temps, nous évoquerons les avantages et les inconvénients de l'amalgame en mettant en parallèle ce matériau avec d'autres alternatives visant à la restauration coronaire, sans pour autant perdre de vue que chaque bouche doit être évaluée individuellement afin de déterminer le meilleur matériau ou la meilleure combinaison de matériaux à utiliser.

Enfin, dans la dernière partie nous ferons un focus sur les recommandations officielles au travers desquelles nous serons ensuite en mesure d'avoir une opinion claire et objective, fondée sur de réels arguments et non plus seulement sur ceux qui naissent dans les médias sans vraiment de fondement, entraînant une passion collective qui mène à des analyses peu constructives. Parvenir à isoler les mesures indispensables à respecter, les raisons pour lesquelles l'interdiction officielle de ce matériau pourrait un jour être prononcée... Nous souhaitons livrer une analyse critique et circonstanciée de la situation et apporter une réponse posée à cette interrogation : « L'amalgame d'argent est-il toujours un matériau d'obturation actuel ? ».

1. L'amalgame dentaire :

1.1 Historique de l'amalgame dentaire

L'amalgame d'argent est le matériau de restauration dentaire le plus communément utilisé depuis son apparition, au début du XIX^{ème} siècle. Apparu pour la première fois en Chine au 4^{ème} siècle, la version moderne de l'amalgame dentaire n'a en fait que 180 ans et est due à un Français, Louis Regnard, qui imagine en 1818 rendre malléable l'alliage de Darcet par incorporation de mercure. En 1826, Taveau crée l'amalgame d'argent. A l'origine, cet amalgame contenait 50% de mercure métallique et 50% d'une poudre d'alliage constitué de 2/3 d'argent et d'étain. Il faut rappeler cependant que, dès le début, l'amalgame a eu de farouches détracteurs lors de campagnes de dénigrement si retentissantes que l'on parle encore de "guerres de l'amalgame".

La première « bataille » a eu lieu aux États-Unis dans la première moitié du siècle dernier lorsque les frères Crawcour ont tenté d'y introduire l'amalgame (1833), quand la profession dentaire n'était pas structurée et où on connaissait la toxicité des vapeurs de mercure et des composés mercuriels, dont certains servaient en pharmacie. A cette période, une connaissance superficielle de la dentisterie et des matériaux aboutissait à des reconstitutions laissant, pour le moins, à désirer. Les cavités de carie n'étaient pas complètement nettoyées et l'alliage à mélanger au mercure était prélevé dans des pièces de monnaie en argent. L'amalgame résultant présentait, de plus, une forte expansion de prise et aboutissait à créer des fractures dentaires. Pour ces raisons et pour défendre vraisemblablement la pratique des obturations à la feuille d'or, la société américaine des chirurgiens-dentistes excluait les utilisateurs de l'amalgame en les accusant de faute professionnelle. Cette politique ayant été reconsidérée dès 1850, des travaux scientifiques ont pu être menés, en particulier avec JF. Flagg qui introduisit le cuivre dans la poudre d'alliage, pour aboutir aux spécifications de composition de GV. Black en 1895-1896, entérinées par l'association dentaire américaine (ADA) en 1926. L'amalgame a finalement droit de cité et va pouvoir remplir son rôle pour les soins dentaires des enfants et pour promouvoir une dentisterie enfin plus accessible économiquement.

La deuxième « bataille » démarre en Allemagne en 1926 sous la houlette d'un professeur de chimie nommé Alfred Stock qui lui-même présentait des signes d'intoxication au mercure pour y avoir été exposé

pendant 25 ans dans son laboratoire. Il publia des articles sur les dangers des vapeurs de mercure des amalgames au cuivre utilisés fréquemment à cette époque. Cet amalgame se présentait sous forme de pastilles qu'on chauffait jusqu'à l'apparition de gouttelettes de mercure. Dans cet état, on le transférait dans un mortier pour y être réduit manuellement jusqu'à obtention d'une consistance adéquate pour être inséré dans une cavité dentaire.

Ce procédé créait un dégagement de vapeurs de mercure significatif, mais le danger se concentrait plus sur l'équipe dentaire que sur le patient, les manipulations dangereuses se déroulant hors de la bouche.

En 1930, une commission d'enquête mettait hors de cause les nouveaux alliages d'argent-étain-cuivre qui remplaçaient les amalgames au cuivre. Stock aurait dit lui-même, lors d'une conférence en Suède, en 1941, que les rares cas d'intoxication aux vapeurs de mercure, due à l'amalgame au cuivre, ne devaient pas affecter l'utilisation de l'amalgame d'argent. L'amalgame a un second répit et les chercheurs peuvent se préoccuper de trouver des amalgames aux propriétés physico-chimiques améliorées, avec l'apparition des amalgames à dispersion de phases dans les années soixante. En 1960, la catastrophe de Minamata a rappelé la dangerosité du mercure et a influencé l'opinion publique sur l'amalgame dentaire, les médias usant de cette information pour transposer le problème. Suite à ces craintes, un certain nombre de recherches a démontré une instabilité partielle due à la corrosion au cours d'une phase de formation de l'amalgame. D'où la mise au point d'amalgames dits de nouvelle génération non gamma 2 dans les années 1970, ces amalgames étant plus résistants à la corrosion.

La troisième « bataille », une véritable guerre par média interposé, a débuté au milieu des années 1980 avec un dentiste américain, H.A. Huggins, qui s'est fait connaître par des écrits et des cassettes vidéo. Il avait repris à son compte les allégations d'un praticien brésilien, le Dr O. Pinto qui prétendait, sans apporter de preuves, qu'une exposition au mercure aboutissait à toutes sortes de maladies, de la leucémie aux désordres intestinaux. Au même moment, quelques articles (où apparaissent le plus souvent M.J. Vimy et F.L. Lorscheider (1985)) concluaient à la nocivité des amalgames dentaires.

De nombreux pays occidentaux ont mené des enquêtes à ce sujet et ils ont conservé leur confiance en l'innocuité relative des amalgames. En France, les campagnes de dénigrement des amalgames mettent en avant une interdiction de ces matériaux en Suède et en Allemagne. Or, on

doit à la vérité de dire que ces pays ont abouti à une restriction de son usage, sur des bases écologiques principalement.

Depuis 1987, l'administration suédoise de la santé (*Swedish National Board of Health and Welfare*) a planché sur le sujet et a publié plusieurs rapports. Celui de 1991 concluait que "il n'y a pas de preuve scientifique pour affirmer que l'exposition au mercure des amalgames dentaires est la cause d'effets secondaires sur la santé". En 1994, le rapport ajoutait à la phrase précédente "à l'exception de cas isolés de réactions allergiques". Une loi sur l'environnement, en 1991, planifiait l'arrêt ou la diminution drastique du mercure dans l'industrie et dans des produits comme les piles, les ampoules, les tubes fluorescents, les interrupteurs électriques et les thermomètres.

Pour l'odontologie, une commission a eu pour but de décrire les alternatives à l'amalgame, d'estimer le coût des soins à court et à long terme et l'économie possible en augmentant l'hygiène dentaire dans le futur.

Ces travaux ont conduit à de fortes recommandations à ne pas utiliser l'amalgame chez les enfants et les adolescents. La dernière recommandation préconisant de ne pas utiliser l'amalgame chez les adultes à partir de juillet 1997 a été reportée. Il a toujours été spécifié que ces conseils étaient donnés pour des raisons écologiques uniquement. L'association dentaire suédoise a rappelé à l'occasion qu'il fallait se souvenir qu'il existait des situations où l'amalgame était le seul matériau convenable et que son utilisation dans ces cas restait possible (Berglund, 1997).

En Allemagne, le praticien est responsable de l'utilisation des produits d'obturation choisis. Dans ce pays, il existe un Institut du Médicament et des Dispositifs Médicaux qui couvrent la responsabilité des indications, contre-indications et effets secondaires des produits dont il autorise la vente ; l'amalgame n'y est pas interdit.

A Genève en 1997, un certain nombre de recommandations a été établi dans le cadre d'un consensus entre les pouvoirs publics, les représentants des praticiens, les scientifiques. Les différents partenaires ont abouti à des recommandations particulières : les matériaux de restauration ne doivent pas être employés chez des individus présentant une allergie au produit ou à un des éléments constituant le matériau ; cela concerne l'amalgame comme tous les autres matériaux. Chez la femme enceinte ou qui allaite, aucune obturation à l'amalgame ne doit être placée ou déposée dans la mesure du possible. Pendant la grossesse, seuls des traitements de courte durée doivent être institués, les

dysfonctions rénales constituent une contre-indication relative à l'utilisation de l'amalgame. Chez les enfants, le praticien est le seul décideur du matériau d'obturation approprié dans cette situation particulière. Contrairement aux allégations des détracteurs de l'amalgame dentaire, ni l'Allemagne, ni la Suède n'ont interdit formellement l'utilisation des amalgames (il y a simplement quelques recommandations qui déconseillent l'utilisation). À ce jour, seule la Norvège, en janvier 2008, a interdit l'utilisation de l'amalgame.

Une association a vu le jour en Mars 1998, qui s'appelle Non Au Mercure Dentaire (NAMMD), créée par le Dr Melet (docteur en médecine), quelques scientifiques et quelques patients se disant intoxiqués du fait des amalgames.

Dès sa création, les deux principales missions de NAMMD sont l'alerte sanitaire et le soutien aux personnes se disant intoxiquées. Avec peu de moyens, l'association tente d'informer le public sur les problèmes de santé liés aux métaux dentaires (notamment via une pétition qui est rapidement signée par des milliers de personnes), de mettre en relation et de soutenir les victimes portant plainte pour empoisonnement et de prendre contact avec les autorités françaises et européennes afin qu'elles imposent aux fabricants des tests de toxicité.

L'exemple de l'Allemagne (procès Degussa) a été suivi : une cinquantaine de patients soutenus par l'association déposent une plainte au pénal (contre X, pour empoisonnement aux métaux dentaires). Pour des raisons de territorialité, le procureur et le juge d'instruction décideront en 2001 d'annuler la plupart de ces plaintes.

En France, l'association est à l'origine de la demande de constitution d'une commission d'enquête parlementaire sur les amalgames dentaires par André Aschieri (1999), demande rejetée par les parlementaires, qui ont préféré saisir l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST). L'Office élargit la problématique à l'ensemble des "métaux lourds". Le Docteur Melet est auditionné par le rapporteur Miquel en juillet 2000 et envoie à l'OPECST le compte-rendu écrit de son audition. L'Office remet son rapport sur les "métaux lourds" en 2001, dans lequel le nom du Dr Melet ne figure pas dans la liste des personnes auditionnées.

Devant l'insistance de nombreux auteurs et de celle de l'association NAMMD, et suite à l'intervention du Directeur général de la santé que l'association rencontre en mars 2003, l'AFSSAPS a organisé un audit pour

"faire le point sur l'amalgame dentaire". Elle met en place en août 2003 un groupe de travail constitué de 14 experts, qui rend oralement ses conclusions en décembre 2003, puis son rapport écrit en octobre 2005, assorti de recommandations. Quatre sur ces quatorze experts n'ont pas participé aux séances et ne sont pas signataires de ces recommandations finales. Ce rapport a été soumis à une étude détaillée, menée par la conseillère scientifique de l'association.

Aujourd'hui, entre les professionnels dentaires qui estiment que l'amalgame est inoffensif, des associations de malades s'estimant victimes du mercure contenu dans les amalgames et les écologistes qui militent contre les rejets abusifs de mercure dans l'environnement, le débat persiste.

1.2 Composition de l'amalgame dentaire

L'amalgame dentaire est un biomatériau métallique présentant un système métallurgique très complexe. Il résulte de la combinaison du mercure avec une poudre d'alliage métallique contenant principalement de l'argent, de l'étain et du cuivre et parfois des autres éléments mineurs comme le zinc, le palladium ou l'indium (Johnson et coll., 1980 ; Powell, 1989 ; Johnson et coll., 1992).

Le mercure, de haute pureté, rentre dans la proportion de 42 à 50% en poids dans la constitution de l'amalgame.

Les poudres interviennent sur les propriétés de l'amalgame par leur composition chimique, leur morphologie, leur granulométrie, leur état de surface. Chacune de ces caractéristiques influence, de façon considérable, les propriétés physiques et les qualités de manipulation de l'amalgame (Davies et Kuhn, 1984).

La composition chimique ainsi que la morphologie de la poudre d'alliage permet de distinguer trois catégories:

- Les poudres conventionnelles qui entrent dans le cadre de la spécification N°1 de l'ADA éditée en 1934. Cette formulation issue des travaux de Black (1896), qui restait commercialisée en France avant 1998, a ensuite fortement régressé puis a disparu du fait de l'obligation d'une présentation en capsules pré-dosées. Ces poudres sont composées d'argent, d'étain et de cuivre. La teneur en cuivre

ne peut excéder 6 % en valeur pondérale. Sur le plan de la morphologie les particules sont sous forme de copeaux, polyédriques, qui résultent de l'usinage d'un lingot issu de la coulée initiale. Ces particules se caractérisent par un état de surface très irrégulier, une géométrie mal contrôlée, une granulométrie variée définie par des tamisages successifs. Ces poudres, qui seules répondent au terme de limailles, se caractérisent par une faible réactivité avec le mercure associée à une résistance importante à la condensation. Cette morphologie est celle qui exige la plus grande quantité de mercure pour réaliser la réaction d'amalgamation. (Craig, 1997).

- Les poudres actuelles à haute teneur en cuivre se divisent en deux familles.

- Les poudres enrichies en cuivre à phases dispersées qui sont apparues, en 1963 suite aux travaux d'Innes et Youdelis (1963). La teneur globale moyenne en cuivre de l'alliage est voisine de 12%. Ces formules font coexister une poudre en limailles d'alliage conventionnel avec des sphères d'eutectique argent-cuivre.

La géométrie de ces particules est parfaitement contrôlée de même que leur état de surface très régulier. Ces particules sont généralement élaborées sous atmosphère inerte (azote, argon) ce qui limite considérablement la présence d'oxydes en surface. Elles sont très réactives ce qui implique une cinétique de prise élevée avec une quantité de mercure limitée pour obtenir l'amalgamation.

- Les poudres pour alliages ternaires, dont on justifie l'appellation par le fait que ces poudres sont, en général, composées de trois constituants répartis de façon identique dans chacune des particules.

On emploie également pour ces poudres le terme anglo-saxon « HCSC » pour *High Copper Single Composition* que l'on peut traduire par « haute teneur en cuivre et composition uniforme ». Ces formules sont caractérisées par une composition homogène enrichie en cuivre ($13\% < \text{Cu} < 30\%$) pour chaque particules de l'alliage.

Il est possible pour les fabricants de procéder à des adjonctions d'éléments tels que l'indium, le platine, le palladium, le zirconium, le fluor. Les traitements thermiques pratiqués sur les poudres, dans le cas des copeaux, sont, avant tout, des traitements d'homogénéisation. Ils ont

pour but de détériorer volontairement l'état de surface des sphères afin qu'une couche d'oxyde en surface ralentisse les processus de diffusion (Bracho-Troconis, 2000). L'état de surface des particules sphériques est plus lisse et régulier que celui des copeaux. La mouillabilité par le mercure sera améliorée et la cinétique de réaction toujours plus rapide.

La composition moyenne des alliages commercialisés est donnée dans le tableau 1 d'après (Craig RG, 1993).

Alliage	Forme des particules	Ag	Sn	Cu	Zn	In	Pd
Conventionnel	Limaille	63-70	26-28	2-5	0-2	0	0
Mixte (phase dispersée)	Limaille	40-70	26-30	2-30	2% maxi	5% maxi	0
	Sphérique	40-65	0-30	20-40			0-1
Composition unique	Sphérique	40-60	22-30	13-30	0	0	0-1

Tableau 1 : composition moyenne des alliages pour amalgames dentaires d'après (Craig, 1993).

Le tableau 2 résume l'influence de la présence des différents éléments sur certaines propriétés physico-chimiques importantes.

Eléments	Expansion de prise	Résistance mécanique	Dureté	Corrosion	Fluage	Vitesse d'amalgamation
Ag	augmente	augmente	-	-	baisse	-
Sn	baisse	baisse	baisse	augmente	augmente	augmente
Cu	augmente	augmente	augmente	-	-	-
Zn	Rôle controversé : facilite la fonte de l'alliage. Augmente très fortement la corrosion si contamination avec de l'eau (salive) pendant la prise					
In	Constituant mineur : augmente la résistance précoce et baisse la résistance à la corrosion					

Tableau 2 : rôle des éléments dans les propriétés physico-chimiques des amalgames.

On constate après observation du tableau numéro 2 les bienfaits du cuivre sur les propriétés de l'amalgame. Celui-ci augmente la résistance mécanique et la dureté de l'amalgame.

Il est donc aisé de comprendre que les quantités de cuivre sont plus importantes dans les amalgames de nouvelle génération dits « quaternaires » (cf. réaction de prise des amalgames).

1.3 Réaction de prise et structure des amalgames

Dès la mise en contact de la poudre et du mercure au cours de la phase de trituration, des transformations physico-chimiques apparaissent, qui conduisent d'abord à un matériau qui durcit progressivement après condensation dans la cavité.

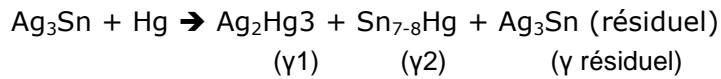
Cette réaction, apparentée à un frittage en phase liquide, peut être décomposée en 3 étapes :

- **Imprégnation** : cette étape initiale correspond principalement à la diffusion des atomes de mercure dans l'alliage et, à un degré moindre, à la diffusion d'AgSn dans le mercure.
- **Amalgamation** : cette réaction chimique entre l'alliage et le mercure s'effectue en plusieurs paliers et se termine par la cristallisation que l'on décrit classiquement entre le mercure et la partie la plus importante de l'alliage (Ag_3Sn « phase gamma ») mais le Cu et le Zn s'amalgament également. De l'interaction entre l' Ag_3Sn et le mercure résulte la formation d'une substance cristalline composée de plusieurs phases.
- **Cristallisation** : ou durcissement (clinique), est l'étape finale donnant naissance à une substance cristalline complexe composée de différentes phases.

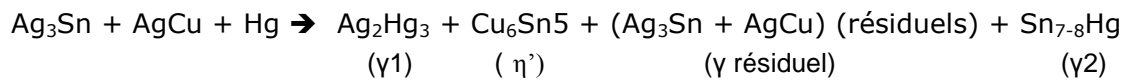
Cette élaboration d'un nouvel alliage métallique, à froid, va impliquer une faible stabilité sur le plan thermodynamique. La réaction est partielle et les phases initialement présentes dans la poudre constituent la trame autour de laquelle les nouvelles phases s'organisent.

Selon les différents types de poudre, Marshall et coll. (1987) décrivent les réactions suivantes (non équilibrées) :

Amalgame conventionnel

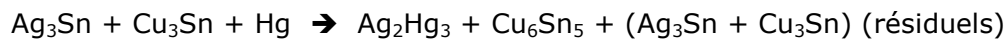


Amalgame à phase dispersée



Sn₇₋₈Hg est en faible quantité et disparaîtra progressivement avec la poursuite de la réaction d'amalgamation par réaction avec Ag-Cu pour former η'.

Amalgame HCSC



Lorsque le mercure est mis au contact de la poudre d'alliage Ag₃Sn, encore appelée « phase gamma », il commence à diffuser dans sa structure pour donner de l'amalgame d'argent Ag₃Hg₄, appelé « phase gamma-1 », qui constitue la véritable matrice de l'amalgame. Mais il subsiste à l'intérieur de cette matrice une liaison étain-mercure Sn₇₋₈Hg que l'on appelle « phase gamma-2 » qui est le point faible de sa structure, car non seulement elle réduit sa résistance mécanique mais elle est le siège de sa corrosion par oxydation de l'étain avec libération de mercure métallique dans la partie marginale de l'obturation. D'où la mise au point d'amalgames de seconde génération, quaternaires, dits « non gamma-2 », pour éviter ou, tout au moins, réduire cette phase gamma-2, dans la composition desquels les proportions de mercure, d'argent, et surtout d'étain, ont été abaissées pour être substituées par des microparticules de cuivre, ou de son eutectique avec l'argent.

En effet, en augmentant les quantités de cuivre dans la composition des alliages, le cuivre entre en compétition avec l'étain pour se lier au mercure. Le cuivre permet d'éliminer la plupart voire la totalité de la phase gamma 2 quelques heures après sa formation, ou de prévenir totalement sa formation (Johnson et Paffenbarger, 1980).

La phase gamma-2 tend à être remplacée par une liaison chimique Cu_6Sn_5 (c'est le bronze) plus résistante à la corrosion.

Concernant la structure, après amalgamation, 35 à 50 % du volume final de l'amalgame sera constitué de fractions de particules d'alliage non réactives maintenues ensemble par la matrice de phase gamma 1 (Mount et Hume, 2002). La qualité de la condensation va intervenir sur la présence de vides au sein de la structure. Ces porosités seront des sites de corrosion localisée autant en surface du matériau qu'au sein de la structure. (Wing et Ryge, 1965 ; Mount et Hume, 2002)

1.4 Propriétés physico-chimiques de l'amalgame

1.4.1 Propriétés physiques

1.4.1.1 Variations dimensionnelles au cours de la prise

La spécification n°1 de l'ANSI-ADA stipule que ces variations dimensionnelles aussi bien en expansion que contraction ne doivent pas excéder 20 μm par cm. (Craig, 1993).

1.4.1.2 Variations dimensionnelles d'origine thermique

Le tableau 3 regroupe les coefficients de dilatation thermique des différents matériaux d'obturation coronaire comparés à ceux des tissus dentaires (Powers et coll., 1975; Whitlock et coll., 1981; Akagi et coll., 1992 ; Craig, 1993).

Matériau	Coefficient (x10 ⁻⁶ /°C)
Dentine humaine	8,3
Résine composite	26,5 - 43,3
Amalgame	22,1 - 28,0
Résine acrylique	76
Or	14,4
CVI	10,2 - 11,4
Sealant	71 - 98
Céramique	12,70 - 16,23

Tableau 3 : coefficients de dilatation thermique.

Ces variations sont étroitement liées à l'étanchéité de l'obturation à l'amalgame. Il existe systématiquement un hiatus estimé selon les auteurs entre 10 et 100 µm.

1.4.1.3. Conductivité thermique

La conductivité de l'amalgame est treize fois plus faible que celle de l'or, vingt fois plus importante que celle d'une résine composite et trente sept fois supérieure à celle de la dentine. (Cf. tableau 4 d'après Brown et coll., 1970 ; Civjan et coll., 1972 ; Brady et coll., 1974)

Une protection pulpaire est souvent nécessaire afin de prévenir les chocs thermiques et l'agression de la pulpe.

Matériau	Conductivité thermique $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ (SI)
Amalgame	23,03
Résine composite	1,09
Email	0,92
Dentine	0,63

Tableau 4 : conductivité thermique.

1.4.2. Propriétés mécaniques

1.4.2.1 Résistance à la traction et à la compression

Le module d'élasticité d'un matériau représente la rigidité relative de celui-ci dans les limites de la déformation élastique. Elle peut être déterminée en calculant le rapport de la contrainte à la déformation. Elle est déterminée le plus souvent lors d'un test de traction.

Classiquement, on utilise le test de traction diamétral pour les matériaux fragiles. Les valeurs comparées sont indiquées au tableau 5. (Craig, 1961 ; Bryant et coll., 1986 ; Powers et coll., 1989 ; Willems et coll., 1992 ; Lee, 1994 ; Sano et coll., 1994)

Le tableau 6 présente la résistance à la traction d'après (Bowen et coll., 1962 ; Malher et coll., 1970 ; Covey et coll., 1992 ; Bapnas et coll., 1993 ; Cattani-Lorente et coll., 1993 ; Eldiwany et coll., 1993 ; Lee et coll., 1994 ; Sano et coll., 1994).

Le tableau 7 nous indique la résistance a la compression d'après (Craig et coll. 1958 et 1961 ; Iglesias et coll., 1984 ; Willems et coll., 1992 ; Cattani-Lorrente et coll., 1993 ; Chung et coll., 1992 ; Eldiwany et coll., 1993).

Parmi les facteurs d'influence, il faut noter, que lorsque la teneur en Cu augmente, la résistance augmente. Ce qui prouve encore une fois l'apport positif du cuivre sur les propriétés de l'amalgame.

Matériau	Nom commercial	E (GPa)
Amalgame mixte	Dispersalloy	52,4
	Valliant PhD	55,5
Amalgame sphérique HCSC	Indiloy	52,1
	Sybraloy	60,1
	Tytin	52,7
	Valiant	58,9
Composites postérieurs		10,6 – 25,3
Verre ionomère		10,8
Email		130
Dentine		14,7

Tableau 5 : modules d'élasticités comparés.

Nom commercial		résistance à la traction (MPa, 0,5 mm/min) 15 minutes	résistance à la traction (MPa, 0,5mm/min) 7 jours
Conventionnel New true dentalloy			54,7
Faible teneur en Cu	Limaille Caulk 20th century Micro Cut	3,2	51
	Sphérique Caulk spherical	4,7	55
	Sphérique Kerr sphéraloy	3,2	55
	Sphérique Shofu spherical	4,6	58
Haute teneur en CU	Mixte Disperalloy	3	47,9
	A composition unique Sybralloy	8,5	49
	A composition unique Tytin	8,1	56
Composite type micro hybride			39- 54,4
Verres ionomères			8,7 - 12,9

Tableau 6 : résistance à la traction (MPa).

Produit	Hg (%)	Résistance à 1 h (MPa) 0,5 mm.min ⁻¹	Résistance à 7 jours (MPa)		
			0,2 mm.min ⁻¹	0,05mm.min ⁻¹	
Faible teneur en Cu					
Limaillon	Caulk 20th Century®	53,7	45	310-338	227
	Micro Cut®				
Sphérique	Caulk Spherical®	46,2	141	366	289
	Kerr spherally®	48,2	88	380	299
	Shofu spherical®	48	132	364	305
Haute teneur en Cu					
Mixte	Dispersalloy®	50	118	387-445	340-433
A composition unique	Sybralloy®	46	252	455	452
	Tytin®	43	292	516	443
Composites		-			189-330
Verres ionomères					136-198

Tableau 7 : résistance à la compression.

1.4.2.2 Le fluage

Le fluage est une déformation permanente, progressive et irréversible qu'un corps subit dans le temps, sous charge constante. Un facteur essentiel pour l'amalgame est la température (l'amalgame laisse échapper du mercure à 79°C). La température buccale de 37°C reste donc un facteur essentiel conditionnant le fluage de l'amalgame, lequel représente une cause essentielle de fracture marginale. (Malher et coll., 1975 ; Craig, 1993).

La composition et la structure sont de première importance pour la résistance au fluage : les particules d Ag_3Sn diminuent le fluage à volume constant par rapport à des petites particules. Le rôle du cuivre est prépondérant encore une fois.

Produit		Fluage (%)
Faible teneur en Cu		
Limaille	Caulk 20 th Century Micro Cut®	8,37
	Aristalloy®	3,77
	New True Dentalloy®	1,53
Sphérique	Caulk Spherical®	1,5
	Kerr Spheraloy®	1,3
	Shofu Spherical®	0,50
Haute teneur en Cu		
Mixte	Disperalloy®	0,32 – 0,46
	Optalloy®	1,08
A composition unique	Sybralloy®	0,05
	Tytin®	0,08
	Indilloy®	0,15
	Valiant®	0,06

Tableau 8 : valeurs de fluage (Malher et coll., 1975 ; Sarker et coll., 1978 ; Iglésias et coll., 1984 ; Chung, 2002 ; Otani et coll., 1993).

1.4.2.3 Différentiel par rapport aux autres matériaux d'obturation coronaire

Il est intéressant de présenter un tableau comparatif des propriétés physico-chimique des différents produits de restaurations coronaires.

	Email	Dentine	Amalgame	Composite	CVI
Coefficient de dilatation $C10^{-6}/^{\circ}C$	11,4	8,3	22,1-28,0	26,5-43,3	10,2-11,4
Conductivité $W.m^{-1}.K^{-1}$	0,92	0,63	23.03	1.09	-
Module d'élasticité GPa	130	14,7	52-58,9	10,6-25,3	10,8
Dureté $kg.cm^2$	350	68	110	25-60	18-30
Résistance à la traction au 7ème jour ; MPa	10,3	105,5	51-58	39-54,4	8,7-12,9
Résistance à la compression au 7ème jour ; MPa	384	297	310-516	260-480	136-198
Contraction de prise	-	-	< 0,2%	2-5%	-

Tableau 9 : comparatif des propriétés physico-chimiques des différents produits de restauration coronaire

1.4.3 La corrosion de l'amalgame : avantages et inconvénients

1.4.3.1 Définition

On distingue la corrosion chimique qui correspond pour l'amalgame essentiellement à la sulfuration de l'argent qui traduit par un ternissement de surface, de la corrosion électrochimique responsable de la dégradation en profondeur de la restauration. Seule cette dernière mérite d'être

étudiée afin de limiter au maximum ce phénomène nuisible à la pérennité des restaurations.

L'amalgame est un alliage métallique constitué de métaux différents, qui présente en outre une hétérogénéité de composition et de structure.

Plus encore, l'amalgame est destiné à évoluer au sein d'un milieu humide, le milieu buccal, ce qui engendre inévitablement une dégradation plus profonde résultant de la corrosion électrochimique.

La salive, représentative d'un milieu électrolytique oxygéné et chloruré, permet le transfert d'électrons inhérent à la réaction électrochimique, ce qui conduit à l'oxydation de l'alliage en fonction de son potentiel de surface (Burdairon, 1990).

Simultanément, se produit la réduction des substances oxydantes du milieu environnant, en particulier de l'oxygène. Il s'agit donc bien d'une réaction électrochimique du métal, se traduisant cliniquement par une détérioration marginale lente et progressive de la restauration.

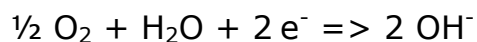
A la surface de l'amalgame, l'oxydation anodique des composés électronégatifs, engendre l'ionisation des atomes métalliques et libère des cations :



Par exemple pour l'atome de Sn :

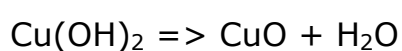
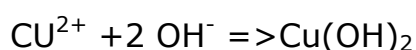


Parallèlement, une réaction cathodique, consommant les électrons, se traduit par la réduction des substances oxydantes ; il s'agit essentiellement de la réduction de l'oxygène présent :



Dans une étape, les ions M^{2+} et $2 OH^{-}$ se rencontrent pour former les hydroxydes et les oxydes métalliques.

Exemple :



Ces deux réactions réversibles aboutissent à la transformation de l'amalgame. La corrosion se propage alors rapidement du fait de l'aération différentielle résultant de l'augmentation de surface réactive du matériau d'une part, et du fait que la corrosion s'installe en priorité, selon l'effet Evans, dans les zones occlusales de l'obturation (Landolt, 1993).

Lorsque deux ou plusieurs alliages sont présents on parle de bi-ou de poly-métallisme ; il s'agit de corrosion galvanique dont les conditions sont très fréquemment réunies dans une même bouche. L'alliage ayant le plus fort caractère d'électronégativité (le moins noble) est le siège d'une corrosion accélérée. Il peut s'agir d'associations aussi différentes que l'or et l'amalgame, mais aussi d'amalgames de compositions différentes, par exemple un alliage conventionnel face à un alliage à haute teneur en cuivre, ou encore d'amalgames d'âges différents caractérisés par des potentiels de repos différents (Cohen, 1988). L'alliage présentant le potentiel le plus négatif se dégrade préférentiellement. Il faut également tenir compte de la surface des deux électrodes en présence : la présence d'une surface cathodique importante, associée à une surface anodique faible, engendre une corrosion plus rapide et intense de l'anode ; si la surface de l'anode est beaucoup plus importante que celle de la cathode, la dissolution anodique sera moindre.

1.4.3.2 Facteurs influençant la corrosion des amalgames

Même durci, l'amalgame dentaire subit des transformations microstructurales durant son usage clinique. Ces changements peuvent être attribués aussi bien aux conditions environnementales (température, humidité, acidité, charges mécaniques) qu'à la nature métastable de la phase matricielle de l'amalgame (Burdairon, 1990 ; Cohen, 1988).

La qualité de la condensation va intervenir sur la présence de vides au sein de la structure. Ces porosités seront des sites de corrosion localisée autant en surface du matériau qu'au sein de la structure (Wing et Ryge, 1965 ; Mount et Hume, 2002).

Le traitement de surface a une influence importante sur le comportement à la corrosion. Un polissage soigneux réduit très nettement l'attaque par corrosion électrochimique (Toumelin-Chemla et coll., 1998).

La structure joue également un rôle : γ_2 (étain-mercure) à le potentiel le plus bas, c'est la phase la plus attaquée par la corrosion par

oxydation de l'étain avec libération du mercure métallique dans la partie marginale de l'obturation (Boudène, 2003).

La phase γ est pas ou peu attaquée et enfin la phase γ_1 (argent – mercure) est la plus noble (Toumelin-Chemla et coll., 1998).

La corrosion des amalgames entraîne donc la destruction préférentielle de la phase étain-mercure (γ_2) au sein des amalgames conventionnels. Ces amalgames ont aujourd'hui disparu du marché français. Un nombre élevé de patients est cependant, en France, porteur de ce type de matériau (Rapport AFSSAPS, 2005).

La corrosion des amalgames non gamma 2 entraîne la destruction préférentielle d'une phase non mercurielle (cuivre – étain). Mais l'évolution de la réaction d'amalgamation permet de mettre en évidence une amélioration du comportement électrochimique après 24 heures (Walker, 2003). La résistance à la dégradation du matériau dans le milieu buccal par corrosion s'améliore dans le temps (Colon, 2003) sur 10 années pour les formulations d'amalgames non gamma 2 étudiées.

La présence de zinc, limitée à certaines formules d'amalgames, a été discutée, en particulier lors d'une étude récente (Lobner, 2003). La résistance à la corrosion est affectée par la présence de cet élément (Walker, 2003). Le Zn peut être générateur de phénomènes de corrosion importante en présence d'humidité lors de la mise en œuvre et aboutit à une expansion retardée (Toumelin-Chemla, 1998).

L'adjonction de 0,5 % de palladium permet une amélioration de la résistance à la corrosion (Neme, 1999 ; Colon, 2003).

1.4.3.3 Conséquences des phénomènes de corrosion

Les conséquences des phénomènes de corrosion des amalgames sont les suivantes :

- détérioration marginale ;
- coloration de la dentine par les produits de corrosion ;
- colmatage de l'interface et pouvoir bactéricide des produits de corrosion. Certains produits de corrosion sont censés être bénéfiques, dans la mesure où ils viennent combler le hiatus inter-

facial entre le matériau et la dent, là où peuvent s'infiltrer les fluides buccaux et les micro-organismes (Conso et coll., 1998). La confirmation du pouvoir antibactérien des composants des amalgames dentaires est confirmée par une étude de Morrier et coll. (1998) sur *Streptococcus mutans* et *Actinomyces viscosus*, bactéries dont le rôle a été largement démontré dans l'initiation et le développement de la maladie carieuse ;

- très rarement goût métallique, brûlures, picotements au sein de la cavité buccale. Un certain nombre de travaux de recherche concernent les couplages galvaniques des amalgames en bouche. Les couplages galvaniques occasionnent des courants au sein de la sphère buccale qui peuvent être à l'origine de sensations désagréables citées précédemment.

L'évolution de la pratique odontologique avec, en particulier, la présence de titane dans le milieu buccal résultant de la mise en place d'implants ou de restaurations prothétiques en titane conduisent à évaluer les couplages galvaniques entre amalgames et titane. L'étude de Horosawa et coll. conclut à la présence de courants galvaniques de faible intensité entre amalgames d'argent et titane (Horosawa et coll., 1999). Les couplages avec les alliages d'or donnent lieu aux courants les plus élevés pouvant provoquer des phénomènes douloureux pendant les premières heures suivant la mise en place de ces amalgames.

2. Les amalgames sont ils toxiques ?

2.1 Le caractère toxique du mercure

2.1.1 Les caractéristiques du mercure

- Le mercure est un métal dit « lourd » dans la classification de Mendeleiev, dans la mesure où il possède une masse atomique de 200 (hydrogène =1) (Miquel, 2001).
- C'est le seul métal liquide à température ambiante.
- C'est un métal qui se combine très facilement avec d'autres molécules, que ce soient des métaux (amalgames), des molécules inorganiques (sels) ou organiques (carbone) (Miquel, 2001).
- Sur le plan physico-chimique, le mercure est un métal qui change facilement de forme et de propriétés. Très volatile, il passe aisément de l'état liquide à l'état gazeux à température ambiante. En présence d'oxygène, le mercure s'oxyde très facilement passant de l'état métallique, liquide ou gazeux (Hg^0), à l'état ionisé (Hg^{2+}). C'est aussi un métal qui s'associe facilement aux molécules organiques formant de nombreux dérivés mercuriels (Miquel, 2001).

2.1.2 Les différentes formes de mercure

Le mercure se présente en deux familles distinctes (Miquel, 2001) :

- Le mercure métallique ou inorganique qui prend lui-même trois formes différentes :

- le mercure métallique élémentaire, sous forme liquide (noté Hg^0). C'est le mercure classique, sous sa forme la plus connue, qui était utilisé dans les thermomètres ;
- le mercure sous forme gazeuse (noté Hg^0). Le mercure, en chauffant, se transforme en vapeur ;
- le mercure inorganique, sous forme ionique. C'est ce qu'on appelle les atomes de mercure (notés Hg^{2+}).

- L'autre grande famille est constituée par le mercure organique, quand il se combine avec une molécule contenant du carbone, à la base de tout élément vivant (ou qui a été vivant).

Il existe des échanges permanents entre ces différentes formes, car le mercure a une grande capacité à se transformer, notamment sous l'effet de l'acidité du milieu et de la présence de molécules assurant ces combinaisons (chlore, soufre). La transformation peut être décrite comme suit :

- du mercure métallique aux ions mercuriques : l'oxydation. Le mercure sous forme de vapeurs est inhalé. Par l'action de la catalase présente dans les globules rouges, le mercure métallique est transformé en ions mercuriques qui passent dans le sang.
- des ions mercuriques au mercure organique : la méthylation. La méthylation se déroule principalement en milieu aqueux ou dans les intestins, en fonction de l'acidité et de la présence de soufre. Les composés de mercure organique les plus connus sont le méthylmercure et le diméthylmercure, qui sont les formes liposolubles (Miquel, 2001).

Les composés organiques sont les plus dangereux pour l'homme qui peut y être exposé en mangeant du poisson ou des coquillages. Ils ne sont pas issus des amalgames dentaires (Miquel, 2001).

Le mercure inorganique provient de l'eau, de l'air, mais est également libéré par les amalgames dentaires (Miquel, 2001).

2.1.3 Source et utilisation du mercure

Largement diffusé dans la nature, certes à des teneurs très faibles, le mercure est un métal ubiquiste. L'homme n'est pas le seul responsable de l'introduction du mercure dans l'environnement car la nature elle-même y contribue de manière importante. Nous décrirons brièvement les sources naturelles et les sources anthropiques.

2.1.3.1 Sources naturelles

La plupart des roches et des sols contiennent du mercure en des quantités variables : l'érosion et l'altération des roches et des sols, sous l'effet de la lumière, de la température et des précipitations, favorisent la

libération du mercure environ 600 tonnes par an. Les émissions issues des zones enrichies en mercure sont relativement modestes en comparaison de celles qui proviennent de zones à faible teneur mais beaucoup plus vastes. Les plantes participent à ces phénomènes en absorbant du mercure qui est rejeté lors de leur décomposition (Revue ECOMINE, 2005).

Par contre, les océans, qui contiendraient 300 milliards de tonnes de mercure (dont 99 % dans les sédiments marins) seraient responsables de l'émission annuelle de 800 à 1000 tonnes dans l'atmosphère. Il faut aussi compter avec les apports naturels : en Italie, le Tiro déverserait chaque année dans la Méditerranée, 14 tonnes de mercure. Les autres émissions naturelles proviennent des éruptions volcaniques qui contribueraient pour 40 % (1000 t/an) des rejets naturels ou encore des feux de forêt et des excréments animales. Les eaux enrichies en mercure par des processus biologiques sont également des sources de dégazage. Selon certains auteurs, ces émissions naturelles pourraient être largement supérieures aux émissions d'origine anthropique, mais en réalité tous ces phénomènes sont très mal quantifiés : les évaluations varient entre 2 700 et 150 000 t/an (Revue ECOMINE, 2005).

2.1.3.2 Sources anthropiques

On pense immédiatement aux gisements de mercure dont l'exploitation conduit au dégazage des roches mises à découvert et au traitement des minerais de mercure. On peut ainsi avoir, dans les déchets de mines, formation de phases minérales secondaires plus solubles que celles des minerais. Il faut toutefois constater, depuis quelques années, la tendance à une baisse d'activité des exploitations minières de mercure, au moins dans certains pays. Mais ce ne sont pas les seuls gisements contenant du mercure, ceux d'or et d'argent et certains gisements de sulfures métalliques, de plomb, de cuivre, de zinc et d'antimoine par exemple, en contiennent également à des teneurs de 0,5 à 9 ppm. Leur exploitation produit du mercure comme sous-produit. Mais l'exploitation minière n'est pas la source essentielle de la pollution (Revue ECOMINE, 2005).

Plus généralement, on distingue deux types de sources anthropiques, les sources ponctuelles et les sources diffuses.

Les sources ponctuelles sont liées soit à la combustion de matières soit à la fabrication industrielle.

La combustion des matières énergétiques fossiles représenterait de 54 % à 58 % des pollutions anthropiques. Le charbon, le pétrole et ses dérivés, le gaz auxquels il faut rajouter le bois, contiennent tous du mercure en des proportions variables. Leur combustion entraîne la libération sous forme gazeuse d'une grande partie du mercure contenu. Il peut ensuite, pour une part, se déposer dans les sols et les eaux. Une autre part reste dans les cendres qui peuvent constituer une source secondaire de pollution. Le charbon, dont la teneur en Hg est d'environ 0,21 ppm, pourrait être responsable de l'émission de 130 t/an aux Etats Unis. Bien que bénéficiant de systèmes de dépollution, la plupart des installations ne sont pas prévues pour récupérer le mercure. Le pétrole brut utilisé dans le chauffage industriel ou domestique contiendrait environ 3,5 ppm de mercure. La combustion des gaz naturels peut libérer du mercure bien que les émissions industrielles soient filtrées mais les filtrats peuvent alors devenir des sources secondaires de pollution. Des émissions peuvent également être constatées lors de l'exploitation des produits pétroliers au niveau des puits de forage (Revue ECOMINE, 2005).

La deuxième source anthropique se trouve dans l'incinération des résidus (industriels, municipaux, hospitaliers, boues) : à l'échelle mondiale, elle représente plus de 30 %. L'incinération des ordures ménagères produirait les trois quarts des émissions totales. Les autres sources bien connues sont les cimenteries (les calcaires contiennent de 0,02 à 2,3 ppm de mercure), l'industrie du chlore qui emploie le mercure dans l'électrolyse des saumures. D'une façon plus générale, il s'agit de toutes les activités qui utilisent le mercure et émettent, dans le milieu naturel, des rejets gazeux, liquides ou solides. Les quantités de mercure libéré par les émissions liées à son utilisation directe sont en général inférieures à celles utilisées mais leur libération peut être retardée et engendrer des sources diffuses (Revue ECOMINE, 2005).

Parmi les sources diffuses, on trouve bien entendu la rupture des thermomètres et des lampes, les rejets physiques des hôpitaux, de certains laboratoires, des cabinets dentaires. Il faut rajouter les émissions diffusées à partir de matériaux contaminés comme les briques des fours crématoires (Revue ECOMINE, 2005).

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

2.1.3.3 utilisations du mercure

On utilise le mercure dans de nombreux domaines :

- Médical :

- des composés mercuriques (Thimerosal, Panogen) servent à la composition de certains vaccins ou médicaments comme par exemple le Mercurochrome®. Le mercure est utilisé en odontologie conservatrice (amalgames dentaires) et également en ophtalmologie (Revue Géochronique, 2005).

- Industriel :

- la synthèse du chlore en Europe passe souvent par l'utilisation de cellules à cathode de mercure.

- les lampes fluorescentes à vapeur de mercure contiennent environ 15 mg de mercure gazeux. La réglementation impose de puis 2005 une quantité maximale de 5 mg. En 2009, plusieurs fabricants ont réussi à abaisser la quantité à 2 mg.

- les piles salines et alcalines ont longtemps contenu du mercure à hauteur de 0,6 % pour les piles salines, 0,025% pour les autres.

- le mercure est utilisé dans les lampes à mercure et à iodure métallique sous haute-pression sous forme atomique.

- le mercure a longtemps été utilisé comme fluide dans les thermomètres du fait de sa capacité à se dilater avec la température. Cet usage a été abandonné, et les thermomètres à mercure interdits du fait de leur toxicité en cas de bris.

- le mercure est couramment utilisé dans l'orpaillage afin d'amalgamer l'or et de l'extraire plus aisément. Le mercure est utilisé dans les mines artisanales.

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

2.1.4 Les différentes voies d'absorption du mercure des amalgames dentaires dans l'organisme.

➤ D'où vient la toxicité du mercure?

La toxicité du mercure vient de son extrême volatilité puisqu'il peut être facilement respiré, de sa relative solubilité dans l'eau et les graisses, ce qui explique qu'il peut être facilement transporté dans l'organisme, et de sa capacité à se lier avec d'autres molécules qu'il va modifier ou dont il va transformer les fonctions, comme par exemple l'acide nucléique des cellules du corps humain (Miquel, 2001).

Le mercure des amalgames fait partie intégrante du matériau après la réaction d'amalgamation sous forme de composé argent-mercure ou sous forme de composé étain-mercure.

Ce mercure pourra donc passer dans l'organisme.

En effet dans la bouche, l'amalgame est en contact direct avec la salive et la libération de ses constituants va donc se faire au travers de celle-ci. Trois modes de libération vont intervenir :

- par dissolution ; du mercure métal (Hg^0) va migrer de l'amalgame vers la salive.
- par abrasion ; notamment lors de la mastication ou de fracture d'une restauration, des particules d'amalgame vont être arrachées et être entraînées par la salive.
- par corrosion pour les amalgames conventionnels, elle entraîne la destruction de la phase étain-mercure libérant des ions mercuriques. Il est intéressant de remarquer que la corrosion des amalgames non gamma 2 entraîne la destruction préférentielle d'une phase non mercurielle (cuivre-étain).

A partir de la salive, le mercure métal pourra suivre trois voies distinctes :

- passer dans l'air endo-buccal à l'état de vapeur puis être soit exhalé, soit atteindre le poumon, soit encore, être dégluti et rejoindre l'appareil digestif.
- être oxydé in situ en ions mercuriques (Hg^{2+}) ou rester en l'état et être dégluti avec elle et atteindre le tube digestif.

Le mercure pourra donc entrer dans l'organisme par inhalation ou par déglutition.

La libération de mercure est favorisée par la mastication. La mastication de chewing-gum la multiplie par 4 à 15 fois et le brossage par 2. Les concentrations intra-buccales de mercure restent élevées pendant 60 à 120 minutes après l'une de ces stimulations (Mackert et Berglund, 1977 ; Svare et coll., 1981 ; Ott et coll., 1984 ; Abram et coll., 1984 ; Vimy et Lorscheider 1985 a et b ; Patterson et coll., 1985).

Il est également intéressant de noter que deux études de 1996 ont montré que la mastication régulière de pâte à mâcher ou de chewing-gum à base de nicotine augmente les taux plasmatiques et urinaires de mercure (Garnier, 1998).

Le mercure étant très volatile et liposoluble, il peut passer aisément l'épithélium pulmonaire et digestif. Une libération de vapeurs de mercure peut survenir, lors de la mise en œuvre clinique, pendant la condensation, le polissage ou la dépose des amalgames si ces dernières opérations ne sont pas exécutées sous refroidissement.

Les études portant sur l'adjonction de palladium, en faible quantité, dans la composition de la poudre (0,5 % en poids) mettent en évidence une diminution de la libération de vapeurs de mercure durant les étapes de mise en œuvre clinique du matériau (Neme, 1999). Le coût élevé du palladium limite cependant l'utilisation de cet élément d'addition.

En dehors de la mise en œuvre clinique, une faible libération de vapeurs de mercure peut intervenir à la température buccale. Cette libération dépend du nombre de restaurations et de l'importance des interfaces avec le milieu buccal.

La libération de vapeurs de mercure durant la première semaine suivant la pose de l'amalgame est influencée par la morphologie des poudres constitutives. Ainsi, les poudres sphériques permettent de diminuer la libération de vapeurs de mercure (Neme, 2002). En effet, le mercure est un liquide peu mouillant, l'état de surface très régulier des particules sphériques favorise l'étalement du mercure sur la surface des particules ce qui permet des ratios mercure/poudre plus favorables (moins de 40 % pondéraux de mercure pour certaines formules d'alliage sphérique contre 50 % pour des poudres sous forme de copeaux). Par ailleurs, considérant que la cinétique de réaction sera plus rapide, le mercure diffuse plus rapidement vers le cœur des particules de poudre. Le

mercure se trouvera, de ce fait, plus rapidement lié à l'argent pour former la phase γ_1 argent-mercure.

Depuis longtemps, il est établi que la libération de vapeurs de mercure à partir des amalgames dentaires est ralentie par la présence d'une couche d'oxydes en surface (Ferracane, 1993). C'est la raison qui justifie de ne pas repolir les surfaces des anciennes obturations à l'amalgame. Enfin, il semble que la présence de films liquides tels que le film salivaire limite la libération de vapeurs de mercure au sein de la cavité buccale (Mahler, 2002).

Récemment, des études ont démontré la libération de vapeurs de mercure par les peroxydes utilisés au cours de séances d'éclaircissement des dents. L'application de peroxydes sur des obturations à des effets directs sur les amalgames. Après traitement par un gel contenant 10% de peroxyde de carbamide, on a noté une augmentation des taux de mercure et d'argent au voisinage de la surface de l'obturation, tandis que les taux d'étain et de cuivre sont diminués (Rotstein, 1997 et 2000).

In vitro, le peroxyde de carbamide favorise la libération de mercure des amalgames tandis que la réaction est limitée par le biofilm dentaire (Steinberg, 2003).

Les amalgames sont, cependant, susceptibles de libérer du mercure jusqu'à 80 heures après le traitement éclaircissant (Robertello, 1999).

Il semble bien établi que 25 % du mercure libéré sous forme vapeur à partir des amalgames l'est pendant une période de respiration orale dont la moitié est inhalée, soit 12,5 %. Au niveau pulmonaire, 80 % de ce mercure inhalé est absorbé par un phénomène de diffusion rapide. Au final, on calcule ainsi que 10 % ($12,5 \% \times 80 \%$) seulement du mercure libéré sous forme vapeur est absorbé par le poumon et 5,25 % environ au niveau gastro-intestinal (Garnier, 1998). Au niveau gastro-intestinale l'absorption du mercure déglutit avec la salive serait de l'ordre de 7%.

Ces données n'ont pas été remises en cause et ont même été confirmées par l'International Programme on Chemical Safety de 2003 (IPCS, 2003).

Ces doses sont très en deçà de celles pouvant entraîner des effets sub-toxiques chez l'être humain.

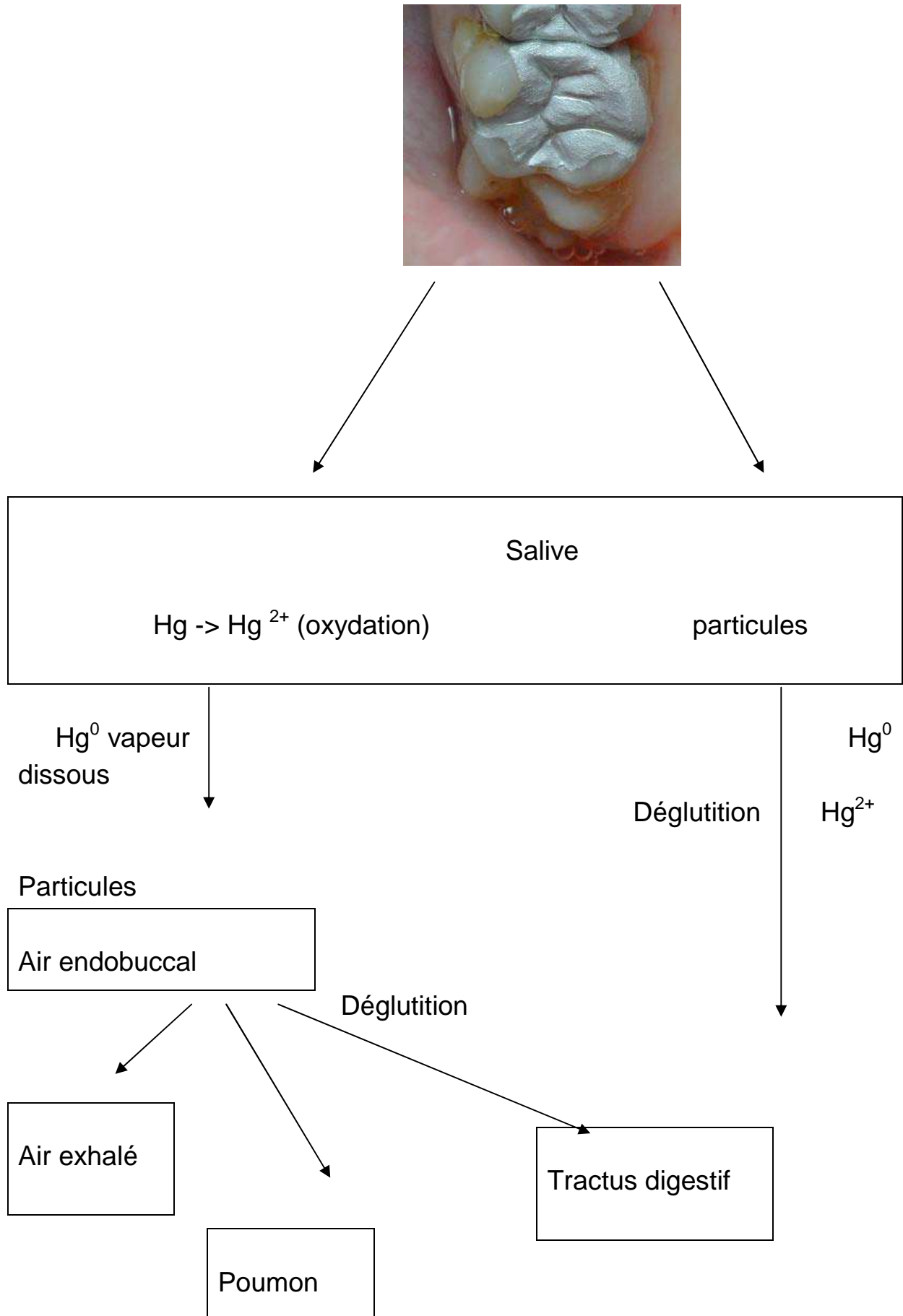


Figure 1. Devenir immédiat des différentes espèces de mercure libérées par les amalgames.

2.1.5. Toxicocinétique, distribution métabolique et élimination du mercure

Le devenir du mercure inorganique dans l'organisme humain et les atteintes toxiques dues à ce métal sont amplement documentés à partir des études menées en toxicologie clinique lors des intoxications aiguës ou chroniques qu'elles soient d'origine accidentelle, industrielle ou environnementale. Les vapeurs de mercure inhalées passent en partie la barrière hémato-encéphalique et se concentrent au niveau du cortex cérébral après oxydation en ion mercurique par les catalases (Conso et coll., 1998). Au niveau cérébral, le mercure ionisé est plus diffusible ; par ailleurs, l'ion mercurique est la forme toxique active du métal. Ces particularités cinétiques et métaboliques expliquent la neurotoxicité des vapeurs de mercure et entraînent une accumulation cérébrale progressive de mercure mercurique (IPCS, 1991).

Le mercure ingéré est peu absorbé par voie digestive : la partie absorbée, oxydée sous forme d'ion mercurique, s'accumule dans les reins qui contiennent 50 à 90 % du pool total du mercure ; c'est pourquoi les reins sont le second organe-cible du mercure (IPCS, 1991).

Le mercure métallique traverse mieux la barrière placentaire que sa forme ionisée. Le passage trans-placentaire peut également entraîner des troubles de la reproduction (Conso et coll., 1998).

Les organes cibles sont donc essentiellement le système nerveux central et le rein.

L'élimination du mercure absorbé se fait dans les urines de façon semi-retardée avec une demi-vie de l'ordre de 2 à 3 mois (IPCS, 1991).

2.1.6 Toxicité du mercure inorganique.

La toxicité du mercure dépend beaucoup de la nature de l'espèce chimique sous laquelle il pénètre dans l'organisme, puis dans les organes cibles. Il est bien établi que le mercure organique n'a pas pour origine les amalgames dentaires, c'est pourquoi notre étude se limitera au mercure inorganique.

On distingue deux sortes d'intoxications au mercure : l'intoxication aiguë et l'intoxication chronique ou hydrargyrisme.

L'essentiel des manifestations cliniques est directement lié à la dose.

2.1.6.1 Toxicité aiguë du mercure inorganique.

L'ingestion d'un dérivé inorganique du mercure produit des lésions caustiques du tractus digestif et un syndrome dysentérique, puis une insuffisance rénale aiguë aurique due à une nécrose tubulaire qui se constitue en 12 à 48 heures (Bismuth et coll., 1987).

Ils sont suivis dès le 3^e jour par une stomatite avec une haleine fétide et, surtout, par une néphrite tubulaire avec d'importantes perturbations électrolytiques et une azotémie pouvant atteindre plus de 10g d'urée par litre de sang.

Les dérivés mercuriques sont plus toxiques que les mercureux ; ils produisent une intoxication aiguë pour des prises de plusieurs mg par kg ; l'ingestion de plus de 20mg par kg peut être mortelle (ICPS, 1991). L'inhalation aiguë de vapeur de mercure n'est responsable d'accidents sévères que lorsque les concentrations atmosphériques sont très élevées ($> 1\text{mm/m}^3$) (IPCS, 1991).

2.1.6.2 Toxicité chronique du mercure inorganique.

L'intoxication chronique par le mercure minéral, qui a été initialement décrite sous le nom d'hydrargyrisme chez des ouvriers exposés à l'inhalation de vapeurs de mercure métal dans l'industrie, à une symptomatologie différente de la précédente en ce sens que les troubles digestifs sont très atténués (Boudène, 2003). Les intoxications mercurielles dues à une accumulation chronique de mercure inorganique dans l'organisme pour des expositions supérieures à $50\ \mu\text{g/m}^3$ (valeur limite moyenne d'exposition en France) se traduisent par différentes pathologies :

- une stomatite mercurielle avec liseré gingival, (Boudène, 2003.) ;
- une atteinte neurologique portant essentiellement sur le système nerveux central avec modification des fonctions supérieures (mémoire, concentration), asthénie, céphalées et troubles de l'humeur (hyperémotivité, irritabilité, état dépressif) puis atteinte cérébelleuse avec tremblements d'intention. Ces manifestations n'ont pas été décrites chez des personnes éliminant moins de $35\ \mu\text{g/g}$ (qui est la valeur limite de concentration du mercure dans les urines en France) de créatinine de mercure dans les urines. (Conso et coll., 1998.) ;
- une atteinte tubulaire rénale infra clinique lorsque le mercure urinaire dépasse $25\ \mu\text{g/g}$ de créatinine de mercure dans les urines.

Des études récentes ont montré une augmentation de l'excrétion urinaire de N-acétylglucosamide, ce qui traduit un dysfonctionnement urinaire lorsque la mercuriurie dépasse 25µg de créatinine (Conso et coll., 1998.) ;

- concernant les effets glomérulaires, on observe parfois des atteintes rénales glomérulaires avec localisation extra membraneuse dues à un mécanisme immunologique (Conso et coll., 1998). Ces cas qui surviennent en fait de façon aléatoire ne sont signalés que pour des expositions répétées à des concentrations supérieures à 50 µg/m³. En raison du mécanisme de survenue, il n'est pas possible de fixer une valeur limite d'exposition en deçà de laquelle ils ne seraient plus susceptibles de survenir. Notons cependant que, dans les études publiées, ils n'ont pas été observés dans les populations dont la mercuriurie était inférieure à 50µg de créatinine (Golberg, 1998.) ;
- une acrodynie qui associe une atteinte des mains et des pieds qui sont rouges violacés, oedématiés, moites, froids et douloureux ; des troubles du comportement (apathie, irritabilité, insomnie) ; une photophobie ; des sueurs profuses ; une hypertension artérielle ; une tachycardie sinusale. Elle a surtout été observée chez les jeunes enfants. Son mécanisme est inconnu et n'est pas dépendant de la dose (IPCS, 1991.) ;
- les effets sur la reproduction (bien documentés en toxicité expérimentale animale pour les doses administrées élevées par voie parentérale) sont plus controversés chez l'être humain qu'il s'agisse de troubles de la fertilité, d'avortements spontanés ou de malformations congénitales (Conso et coll., 1998).

2.2 Les effets toxiques reconnus des amalgames dentaires

2.2.1 Les effets dans la cavité buccale

La mise en place d'amalgame dentaire est parfois à l'origine d'une réaction inflammatoire au niveau pulpaire, de tatouages de la gencive, de galvanisme buccal, certaines formes de lichen plan ainsi que des sensations de brûlure de la bouche ou de la langue ont été attribuées à la présence d'amalgame dans la cavité buccale.

2.2.1.1 L'inflammation pulpaire

Différentes expérimentations, *in vitro*, ont montré que les amalgames fraîchement préparés sont cytotoxiques, cette cytotoxicité diminuant quand l'amalgame vieillit.

In vivo, la mise en place d'amalgame dentaire produit, au niveau de la pulpe dentaire, une réaction inflammatoire. On observe une très nette augmentation des lymphocytes helper qui passent de 11% dans le tissu sain à 59 % ainsi qu'une diminution des lymphocytes suppresseurs cytotoxiques qui passent de 89% à 41% (Grégoire, 1993 ; Goldberg, 1998 (a)). Cette réaction inflammatoire diminue progressivement dans les semaines suivantes (Goldberg, 1998 (a)).

2.2.1.2 Les tatouages de la gencive



Figure 2 : tatouage de la gencive : origine de la photo d'après le site internet <http://store.leddental.com/catalogsearch/result/index/?q=VELscope&order=name&dir=asc>.

Des pigmentations localisées au niveau de la gencive au voisinage de restaurations à l'amalgame ont été décrites depuis de nombreuses années. Ces pigmentations correspondent à des dépôts métalliques liés à une corrosion galvanique des amalgames dentaires et des autres restaurations dentaires. Les examens histopathologiques des biopsies de ces pigmentations montrent la présence de macrophages, de lésions granulomateuses, fibromateuses et inflammatoires (Veron, 1984 ; Forsell, 1998). Seuls l'argent et le soufre ont été détectés par microanalyse (Veron, 1984). Cependant, une autre équipe a révélé la présence de particules d'amalgames contenant du mercure, du zinc, du cuivre, mais aussi du sélénium (Forsell, 1998). Ces pigmentations qui vont du violet au brun sombre restent considérées comme des lésions bénignes de surcharge lysosomiales, surtout inesthétiques.

2.2.1.3 Le galvanisme buccal

Certains patients porteurs de restaurations métalliques, dont des amalgames, se plaignent de courants électriques intra-buccaux, de goût métallique, de sensations de brûlures de la bouche ou de la langue et parfois d'autres symptômes, non spécifiques, buccaux ou à distance.

Les symptômes buccaux peuvent être attribués à des phénomènes de corrosion et à la dissolution des ions métalliques dans la salive. Le diagnostic peut être posé à partir d'observations cliniques, et dans une certaine mesure, confirmé par la mesure du courant électrique intra-buccal. Dans une certaine mesure seulement, car plusieurs études épidémiologiques montrent que les patients qui souffrent de galvanisme buccal ne présentent aucune différence dans la mesure des courants électriques par rapport au groupe témoin (Anusavice, 1993 ; Bergdahl et coll., 1995). Dans une étude chez les patients souffrant de sensations de brûlure de la bouche, montrent que 27 % sont guéris par traitement cognitif. Cette affection touche essentiellement les femmes, dans la majorité des cas, en période postérieure à la ménopause et présentant une anémie ferrique, une hypersensibilité au mercure et une forte incidence de troubles psychiques et psychosomatiques.

2.2.1.4 Les réactions lichénoïdes buccales (RLB)

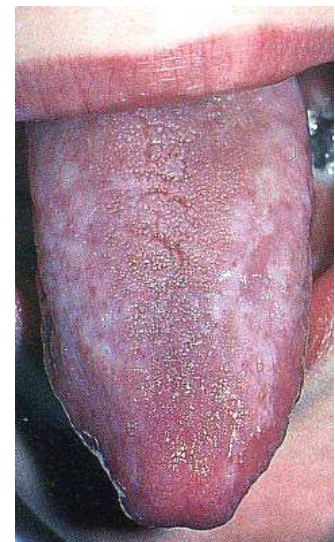


Figure 3 et 4 : lichen plan buccal (à gauche sur la joue et à droite sur la langue).

Les relations étiopathogéniques entre les RLB et les amalgames ont été beaucoup étudiées. Parmi ces lésions, le lichen plan buccal (LPB) est bien caractérisé cliniquement et histologiquement. Lorsqu'elles sont atrophiques, ces lésions sont généralement blanches ou rouges, mais

lorsqu'elles sont érosives, ulcéreuses ou vésiculeuses, le centre de la lésion est jaune et sa périphérie est rouge.

Le LPB est une lésion de la muqueuse buccale localisée au voisinage proche d'une ou plusieurs obturations dentaires. Son développement est souvent associé à la présence d'une ou plusieurs obturations à l'amalgame. Les études bibliographiques montrent une corrélation entre le LPB et une sensibilisation au mercure (Rapport AFSSAPS, 2005).

Des incertitudes subsistent sur l'étiologie de certaines RLB, mais l'amalgame semble jouer un rôle important dans le développement du LPB érosif.

La dépose des amalgames entraîne, dans la majorité des cas, une amélioration ou une disparition des signes cliniques. En présence de RLB, il est recommandé cependant d'avantager la suppression des facteurs locaux irritatifs (plaque dentaire) et traumatiques (phénomène de Koebner) avant d'envisager la dépose des amalgames (Rapport AFSSAPS, 2005).

Afin d'évaluer la valeur diagnostic des patch tests à l'amalgame et au mercure inorganique, Dunsch et coll. (2003) ont effectué une étude qui a porté sur 134 patients présentant 467 RLB classées selon des critères cliniques et histologiques. Les résultats montrent :

- une amélioration chez 97 % des patients après la dépose des amalgames avec une guérison totale chez 30 % des patients. Par contre, en absence de dépose des amalgames, les améliorations ne sont observées que chez 7 % des patients ;
- une disparition de 60 % des lésions après dépose des amalgames ;
- un impact faible de la dépose des amalgames chez les patients présentant un lichen plan (LP) cutané associé ;
- une guérison totale plus fréquente chez les patients avec un patch test à l'amalgame positif que chez les patients avec un patch test négatif.

Les auteurs concluent que la dépose des amalgames est indiquée chez tous les patients porteurs de RLB symptomatiques associées à des amalgames et en absence de LP cutané.

Contrairement aux nombreux effets indésirables du mercure des amalgames dentaires, suspectés mais non prouvés, le rôle d'une

sensibilisation à ce métal paraît important dans l'entretien, et peut-être l'apparition, d'un lichen plan buccal (Pang et Freeman, 1995 ; Laine, 1997. Pecegueiro, 1999 ; Koch et Bahmer, 1999 ; Mc- Givern, 2000 ; Yiannias, 2000 ; Martin, 2003 ; Wong et Freeman, 2003).

Le lichen est une pathologie dermatologique fréquente dans la population affectant souvent la muqueuse buccale. Son mécanisme demeure inconnu et son traitement s'avère souvent difficile. L'aggravation des lésions par des facteurs irritants est bien démontrée (phénomène de Koebner).

La guérison spontanée est possible. De nombreuses publications, avant 1998, avaient déjà établi une relation entre le LPB et une sensibilisation immunologique au mercure. Depuis, ces données ont été confirmées par des études prospectives, portant sur un nombre de patients (80 à 120) suffisant pour en tirer des conclusions statistiques pertinentes (Laine, 1997 ; Martin, 2003 ; Wong et Freeman, 2003).

Selon les études, 16 à 64 % des patients ayant un LPB ont une sensibilisation au mercure, ce qui est un pourcentage très supérieur aux chiffres de la population générale estimés à environ 4 % (Wong et Freeman, 2003).

La corrosion de l'amalgame paraît un facteur de risque important pour la sensibilisation (Martin, 2003).

Ainsi, la présence d'un LPB chez un sujet ayant un amalgame dentaire, mérite que soit posée la question sur la responsabilité de cet amalgame (Yiannias, 2000). Le bilan allergologique est basé sur des tests épicutanés (patch-tests) dont la lecture s'effectue 48h et 96h après et parfois même jusqu'à une à deux semaines (Koch et Bahmer, 1999). En cas de positivité de ces tests, la question suivante est d'établir la responsabilité de l'amalgame et donc l'indication de sa suppression éventuelle.

Les études prospectives permettent aujourd'hui d'affirmer que la probabilité d'une guérison du LPB, après suppression de l'amalgame, est d'autant plus élevée (entre 40 et 90 %), que l'amalgame est situé juste en regard du LPB (Koch et Bahmer, 1999 ; Laine, 1997 ; Wong et Freeman, 2003). En revanche, si les tests cutanés sont négatifs et/ou si le LPB n'est pas en regard de l'amalgame, sa suppression est inutile puisque l'on sait, par ailleurs, que la guérison spontanée survient dans près de 20 % des cas. Il n'y a donc pas alors de justification à intervenir sur ces amalgames en l'absence des deux conditions précédentes (contiguïté et sensibilisation).

En conclusion, une sensibilisation au mercure des amalgames dentaires peut être associée à un LPB. En l'état actuel des connaissances, la suppression de l'amalgame, dans le but de guérir le lichen, n'est alors justifiée que si l'amalgame est situé directement en regard de la lésion muqueuse (Rapport AFSSAPS, 2005).

2.2.2 Les effets dans l'organisme à distance

2.2.2.1 Effets rénaux

De 50 à 90 % de la charge en mercure de l'organisme transite par le rein, sous forme de mercure ionisé (Hg^{2+}). Il peut s'y combiner de façon réversible à des métallothionéines avant d'être éliminé dans les urines (Zalups, 2000). Une corrélation entre le mercure urinaire et le nombre d'amalgames est retrouvée. L'analyse de fragments de ponction-biopsies rénales réalisées en vue d'une transplantation chez 36 donneurs sains suédois a tenté d'analyser l'influence du port d'amalgames en bouche et de la consommation de poissons sur la teneur en mercure du parenchyme rénal (Barregard et coll., 1999) : cette concentration était plus élevée en présence d'amalgames (taux médian : $0,47\mu g/g$ de rein, $n = 20$) qu'en leur absence (médiane : $0,15\mu g/g$, $n = 6$) ; le taux médian était de $1,2\mu g/g$ chez des consommateurs fréquents de poisson ($n = 2$) et de $0,27\mu g/g$ chez 8 sujets mangeant du poisson moins d'une fois par semaine.

En 1998, une revue (Ekstrand, 1998) des risques potentiels de l'exposition au mercure des amalgames dentaires conclut à l'absence d'effet indésirable rénal, en se basant en particulier sur la mesure de marqueurs de la fonction rénale avant et après retrait des amalgames. Les auteurs citent un travail expérimental datant de 1995 chez le mouton, où une baisse du débit de filtration glomérulaire a été constatée mais sans anomalie à l'examen histologique des reins. Une même approche expérimentale a été menée chez le rat, ne montrant pas non plus de lésion histologique rénale (Galić, 1999).

Enfin, la seule étude épidémiologique de grande envergure actuellement disponible (Bates et coll., 2004) ne retient pas d'association entre le port d'amalgames et une insuffisance rénale : depuis 1918, l'armée néo-zélandaise dispose d'un service de soins dentaires qui lui est propre, centralisant et archivant les soins dispensés et le suivi des personnes traitées. Bates et coll. rapportent les résultats de cette cohorte de 29 680 personnes traitées de 1977 à 1997 dans des conditions

permettant de connaître avec précision l'exposition aux amalgames dentaires. Cette étude rétrospective ne montre pas d'association entre la présence d'amalgames et des diagnostics de néphrite (RR 0,82 ; IC 95 % : 0,69– 0,97), d'insuffisance rénale aiguë (RR 0,91 ; IC 95 % : 0,74 – 1,12) ou d'insuffisance rénale chronique (RR 0,80, IC 95 % : 0,74 – 1,12). Comme dans toutes les études rétrospectives, des biais sont possibles, en particulier dus à l'élimination d'observations incomplètes. Cependant, l'importance des effectifs et l'étroitesse des intervalles de confiance est rassurante sur la validité de ces résultats.

En conclusion pour les effets rénaux, l'ensemble de ces données n'est pas en faveur d'une toxicité rénale des quantités de mercure libéré par les amalgames dentaires. Malgré la négativité des études cherchant à relier une pathologie immune à une sensibilisation au mercure, malgré l'absence d'événements rénaux qui puissent en suggérer la survenue en clinique, un rapport remis au gouvernement suédois en 2003 évoquait cependant la possibilité d'une prédisposition génétique à une réactivité anormale au mercure chez environ 1 % de la population (Berlin, 2003). Cette notion apparaissait dans les recommandations de bon usage des amalgames dentaires émises en 1998 par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Elle relève plus du principe de précaution que d'une réalité clinique.

2.2.2.2 les effets neurotoxiques

Au cours des deux dernières décennies, de très nombreuses publications ont rapporté la survenue de troubles neuropsychiatriques et d'altération de l'état général imputés aux amalgames dentaires.

Les manifestations les plus souvent rapportées sont des céphalées, des myalgies, des arthralgies, des sensations vertigineuses, des difficultés mnésiques et de concentration, une anxiété, des idées dépressives et des troubles du sommeil. La régression totale ou partielle de ces troubles après le retrait des amalgames est souvent présentée comme la preuve de la responsabilité de ces derniers alors qu'elle peut ne traduire qu'un effet placebo (Garnier, 1998).

Les quelques études contrôlées publiées (Nerdum et coll., 2004) ne retrouvent pas de corrélation entre les indicateurs de l'exposition aux amalgames dentaires et au mercure d'une part, les signes allégués, les fonctions cognitives ou les performances scolaires d'autre part.

Les spécialistes scandinaves de cette pathologie indiquent que les plaintes subjectives ne doivent jamais entraîner le retrait des amalgames dentaires, qu'elles justifient de rechercher une autre pathologie susceptible de les expliquer et qu'en l'absence d'une autre explication somatique une information réaliste sur la toxicité du mercure des amalgames doit être donnée aux malades. Associés à une psychothérapie de soutien et à un renforcement des liens sociaux des malades, cette information satisferait 90% des patients (Rapport AFSSAPD, 2005).

Le mercure des amalgames a été récemment suspecté d'être un facteur étiologique dans des maladies neuro-dégénératives, en particulier de la maladie d'Alzheimer. Mais actuellement aucune étude n'a réussi à montrer un lien entre le mercure des amalgames dentaire et ces pathologies.

Il est également intéressant de noter que le mercure des amalgames dentaires est encore suspecté d'être un des facteurs étiologiques de la sclérose en plaque. Cependant la prévalence de la SEP est fortement liée à des facteurs génétiques, géographiques, environnementaux ainsi qu'à l'exposition à de nombreux agents pathogènes (notamment des virus et des bactéries) et, d'autre part, le rôle éventuel du mercure dans le phénomène de démyélinisation des neurones n'est pas établi (Rapport AFSSAPS, 2005).

Aucune étude épidémiologique sur la population générale ne permet de définir un groupe à risque particulier pour l'effet neurotoxique du mercure métallique, contrairement au méthyle-mercure. A priori, le fœtus et le nourrisson constituent le groupe à risque. Le cerveau fœtal, apparaît plus sensible que celui de l'adulte en raison de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique en cours d'installation, et aussi parce que le cerveau fœtal est le siège d'une intense synthèse protéique très sensible à l'inhibition par le mercure.

Les niveaux d'accumulation potentiellement dangereux dans l'espèce humaine ne sont pas connus (Rapport AFSSAPS, 2005).

2.2.2.3 Les autres effets

Il n'a jamais été rapporté d'acrodynie imputable aux amalgames dentaires.

Les études publiées ne mettent pas en évidence d'effet immunotoxique des amalgames dentaires. De même, les données disponibles ne mettent

pas en évidence d'effet sur la reproduction et de toxicité foétale (Garnier, 1998).

En conclusion, aucune étude n'a pour l'instant mis en évidence un lien de causalité entre le mercure des amalgames dentaires et une quelconque pathologie générale. Si la toxicité du mercure est fondée, aucun effet général relevant de l'amalgame n'a pas pu être mis en évidence.

Il est intéressant de noter que chez la plupart des individus, les amalgames apportent moins de 5µg de mercure inorganique par jour, la consommation fréquente de chewing-gum peut augmenter cette dose quotidienne. A titre de comparaison, deux repas de poisson par jour (300g) entraînent un dépassement de la dose journalière tolérable de mercure organique puisqu'ils apportent environ 30µg de méthylmercure si l'espèce est faiblement contaminé (100 µg/kg) ; si c'est un poisson fortement contaminé (environ 500µg/Kg) comme le thon, 60g par jour suffisent (Boisset et Cumont, 1996).

2.2.3 L'exposition professionnelle

Les chirurgiens dentistes et les assistantes dentaires sont les premiers et les plus exposés au mercure de l'amalgame. L'exposition a lieu au moment de la préparation, de la pose, de la dépose, de la récupération des amalgames et du polissage de la dent, offrant ainsi de nombreuses occasions de contact direct et surtout d'inhalation de vapeurs de mercure (Miquel, 2001). Les cas d'hydrargyrisme déclarés dans le milieu dentaire sont exceptionnels, néanmoins des cas d'intoxication chronique ont été décrits. Il faut rester vigilant et à l'écoute des premiers signes car les effets d'une intoxication continue à faibles doses sont mal connus (INRS, 2003).

Pour évaluer l'exposition au mercure des chirurgiens dentistes, il faut analyser trois paramètres qui sont :

- la concentration atmosphérique en mercure des cabinets dentaires ;
- la concentration de mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens-dentistes ;
- les quantités de mercure présentes dans l'organisme des praticiens.

2.2.3.1 Evaluations des concentrations atmosphériques en mercure des cabinets dentaires

Dans la plupart des études, les taux atmosphériques restent inférieurs aux valeurs moyennes d'exposition (VME). Ces données sont résumées sous forme d'un tableau qui illustre la diminution de l'exposition au mercure dans les cabinets dentaires de 1968 à 1997 (INRS, 2003).

Auteurs	Date	Cabinets étudiés	Concentration atmosphérique moyenne de mercure dans ces cabinets	Proportion de cabinets dépassant une certaine teneur atmosphérique en mercure
Joselow	1968	50	45 µg/m ³	>10% 64%
Gronka	1970	59	27 µg/m ³	>10% 76%
Stewart et Stradling	1971	/	/	> 10µg/m ³ 66%
Mantyla et Wright	1976	/	/	> 100µg/m ³ 10%
Etudes Américaines	1980	/	/	> 50µg/m ³ 10%
Nilsson et Nilsson	1986	33 publics 49 privés	Publics : 1.5 µg/m ³ Privés : 3.6 µg/m ³	/
Smith et Lewis	1987	/	/	>VME canadienne (50µg/m ³) 10%
Horsted et Bindslev	1991	/	25 µg/m ³	/
Rubin	1992	6 anciens 2 récents pour les 8	23 à 237 µg/m ³ 10 à 13 µg/m ³ 92 + ou - 8 µg/m ³	/
Langworth	1997	6	2 µg/m ³	/

Tableau 10 : évolution des concentrations atmosphériques de mercure : résultat des différentes études dans les cabinets de 1968 à 1997.

Le tableau 11 ci-dessous nous renseigne sur les valeurs moyennes d'exposition admise selon les législations :

	France	Allemagne	Russie	Oms
Valeur moyenne d'exposition admise $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	100	10	25

Tableau 11 : valeur moyenne d'exposition admise selon les législations (Miquel, 2001).

2.2.3.1.2 Evaluation de la concentration de mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens dentistes

En 1995, en Suède, Pohl et Bergman ont mesuré les vapeurs de mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens dentistes. Les valeurs moyennes étaient comprises entre 1 et $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pohl et Bergman, 1995).

Schach-Boos et coll., en 1999, ont effectué des prélèvements dans la zone respiratoire de huit chirurgiens dentistes et ont mis en évidence qu'ils inhalaient en moyenne $2,70\mu\text{g}/\text{m}^3$ de mercure pendant l'ensemble des actes avec amalgames et $0,70\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant l'ensemble des actes sans amalgames (Salignac et coll., 1986).

2.2.3.1.3 Evaluation des quantités de mercure présentes dans l'organisme des praticiens.

L'exposition des chirurgiens dentistes au mercure peut être objectivée par des mesures de concentration dans les milieux biologiques. Le mercure urinaire est un bon indicateur d'exposition mais non d'intoxication car il n'est pas corrélé à la clinique. En revanche, il existe une bonne corrélation entre le mercure urinaire et le mercure atmosphérique.

Le mercure sanguin reflète une contamination instantanée des individus et est corrélé à l'intensité de l'exposition mais pas à sa durée (Flesh et coll., 1992 ; Schach - Boos et coll., 2001).

Depuis 1968, de nombreux auteurs s'attachent à déterminer le niveau d'exposition des chirurgiens dentistes au mercure en mesurant leur mercuriurie. Rappelons que les valeurs normales ne dépassent pas $5\mu\text{g}/\text{g}$ de créatinine ou $5\mu\text{g}/\text{l}$ ou $0,01\text{ mg}/24\text{h}$ chez des sujets non exposés. Les données relatives à ces différentes études font l'objet du tableau 12 dans

lequel une diminution des mercuriuries des chirurgiens dentistes, de 1968 à 1995, est indiquée.

Depuis 1985 on observe que les teneurs en mercure et dans les urines des chirurgiens dentistes sont plus élevées que dans les groupes témoins et dans les groupes porteurs d'amalgames. Cependant, elles sont inférieures aux normes biologiques fixées pour le milieu professionnel, soit $30\mu\text{g/l}$ de sang.

Auteurs	Pays	Nombre de chirurgiens dentistes	Mercuriuries
Jaselow et coll., (1968)	Usa	50	Moyenne : 40µg/l De 0-155µg/l 6%>100µg/l
Gronka et coll., (1970)	Usa	16	De 0-320µg/l 18.8% > 100µg/l
Buchwald, (1972)	Canada	21	9,5%>100µg/l 76%>10µg/l
Baquet et coll., (1976)	France	-	Matin<5µg/l Max journalier : 27µg/l
Kelman, (1978)	Angleterre	49	De 0-100µg/l 2%>100µg/l
Association dentaire américaine -1975 à 1983 -1985 -1986	Usa	4272 1042 772	Moyenne : 14,2µg/l De 0 à 556 µg/l Moyenne : 5,8µg/l Moyenne : 7,9µg/l
Caitucoli et coll., (1982)	France (Aquitaine)	-	12%<5µg/l 52% de 5-40µg/l 36% de 40-100µg/l 8%>100µg/l
Naleway et coll., (1985)	Usa	4000	Moyenne : 14µg/l
Nilsson et Nilsoon, (1986)	Suède	180	Moyenne : 4,2µg/l
Lux, (1990)	France (Sud Ouest)	50	86%>10µg/l 40%>50µg/l 8%>100µg/l
Eley, (1995)	Usa	-	Moyenne : 4,94µg/l

Tableau 12 : évolution de la mercuriurie chez les chirurgiens dentistes : résultats de différentes études de 1968 à 1995.

Mercure urinaire en $\mu\text{g/g}$ de créatinine	Mercure sanguin en $\mu\text{g/l}$	Mercure atmosphérique en $\mu\text{g/m}^3$	Symptomatologie
35 à 50	<20	30 à 50	Effets neurologiques sub-cliniques
50 à 100	20 à 50	50 à 100 pendant plus de 6 mois	Intoxication chronique avec effets neurologiques centraux et atteintes tubulaires rénales
>500	>200	> 1000 pendant quelques heures	Intoxication aiguë

Tableau 13 : Corrélations entre les concentrations de mercure dans les urines, dans le sang, dans l'atmosphère et la symptomatologie clinique (INRS, 2003).

2.2.3.2 Origine de la pollution mercurielle dans le cabinet dentaire

Les vapeurs de mercure sont émises par le mercure liquide et les amalgames.

Quand leur température s'élève, le mercure se transforme en vapeur. Lors du travail de l'amalgame, notamment le fraisage et le meulage d'anciens amalgames ou le polissage, des poussières d'amalgame sont mises en suspension dans l'atmosphère, ces particules solides sont riches en mercure (Salignac et coll., 1986).

En effet, le mercure en suspension (vapeurs et particules), quand il se dépose, peut se dissimuler derrière les plinthes et dans des endroits inaccessibles au nettoyage régulier. Suivant la température du local, ce mercure caché peut se revaporiser et polluer l'atmosphère. Selon Afota et coll. (1983), il suffit d'une gouttelette de 2,5 millimètres de diamètre pour

amener à vapeur saturante l'atmosphère d'une pièce de 50 m³, c'est-à-dire pour avoir une concentration atmosphérique de 400µg/m³.

Il faut bien avoir à l'esprit que la densité du mercure est importante et qu'une goutte de la grosseur d'une tête d'épingle pèse 10 milligrammes. Afota et coll. (1983) ont montré que, dans une pièce de 50 m³, 20 grammes de déchets d'amalgame provoquent une pollution atmosphérique de 40µg/m³ de mercure à 22 °C, et 100µg/m³ à 60 °C. La concentration en mercure dans l'air est très dépendante de la température. Elle triple de entre 20° et 80°C (Miquel, 2001).

La contamination des cabinets dentaires est liée à l'existence :

- d'actes spécifiques polluants et de facteurs aggravants
- de sources fixes d'émission mercurielle.

2.2.3.2.1 Origine de la pollution : actes polluants et facteurs aggravants

Les activités sur amalgames puis le nettoyage et la stérilisation des instruments polluent l'atmosphère du cabinet dentaire.

2.2.3.2.1.1 Activité sur l'amalgame

Engle et coll., en 1992, ont quantifié, in vitro, la quantité de mercure libéré pendant le travail sur amalgame. Dans de bonnes conditions (spray d'eau et aspiration chirurgicale), ils enregistraient 6 à 8µg pendant la pose, 2 à 4µg pendant le polissage, 1 à 2µg pendant la trituration et 15 à 20µg pendant la dépose. En règle générale, les taux ne dépassent pas les valeurs limites d'exposition admises (Engle et coll., 1992 ; Powell et coll., 1994 ; Langworth et coll., 1997).

En 1997, à Strasbourg, Schlegel et coll. (Livardjani et coll., 1998 ; Schlegel, 2000) ont modélisé la cavité buccale et mesuré la quantité de mercure se dégageant lors de la pose d'un amalgame sans mesures préventives particulières et pendant les 48 heures suivantes. Ils mesuraient 530µg/m³ à la 4^e minute, 256µg/m³ à la première heure et 3,5µg/m³ à la 48^e heure. Ainsi, lors des premières minutes, les concentrations étaient très importantes et dépassaient les 150µg/m³. Ce seuil était encore dépassé à la 15^e minute (entre 232,06 et 673,37µg/m³). Pendant la prise de l'amalgame, l'évaporation de mercure diminuait, mais

c'est bien pendant les premières minutes que le praticien travaille dans la bouche du patient et peut être exposé à ce pic de vapeurs.

En 1999, Schach-Boos et coll. ont effectué des prélèvements dans la zone respiratoire de huit chirurgiens-dentistes. Les expositions moyennes ont été calculées en fonction des actes réalisés : ces taux varient entre 0,31 μg de mercure par m^3 lors du polissage d'amalgames secs et 6,47 μg lors de la sculpture des amalgames frais. Ils ont aussi montré qu'en fonction des techniques utilisées, ces valeurs peuvent atteindre jusqu'à 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Lors de la trituration l'utilisation de capsules pré-dosées diminue le risque de contamination accidentelle du local et limite le dégagement de vapeurs car le mélange s'effectue directement dans la capsule dont l'étanchéité devrait être parfaite. Un dégagement de vapeurs de mercure persiste lors de l'ouverture de la capsule par le praticien car l'amalgame frais a été chauffé par les mouvements rapides de l'appareil.

Après trituration, l'amalgame est, déposé dans un godet puis chargé dans un porte-amalgame. La condensation de l'amalgame a deux buts, le remplissage de la cavité dentaire et l'élimination des excès de mercure. Elle peut se faire au fouloir, manuellement ou mécaniquement (vibrations à vitesse plus ou moins grande) ou à l'aide d'un dispositif à ultra-sons. C'est la première méthode qui est la moins polluante. La condensation mécanique au fouloir à haute vitesse et la condensation aux ultra-sons échauffent l'amalgame et provoquent donc la libération de mercure sous forme de vapeurs, créant un « véritable aérosol riche en mercure » (Salignac et coll., 1986 ; Lux, 1990 ; Valade, 1993).

Pour de nombreux auteurs, c'est la dépose d'anciens amalgames qui représente l'acte le plus polluant. D'après Afota, en 1983, la dépose d'anciens amalgames par fraisage à sec représente le plus grand danger mercuriel (moyenne enregistrée à 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Indépendamment de la quantité de mercure manipulée, les techniques utilisées peuvent minimiser ou largement aggraver l'exposition professionnelle au mercure.

En 1995, Pohl et Bergman ont mesuré les vapeurs de mercure dans la zone respiratoire des chirurgiens-dentistes dans des conditions cliniques ordinaires de dépose de 50 amalgames avec repose et 80 polissages. Les valeurs moyennes étaient comprises entre 1 et 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si les mesures d'hygiène étaient respectées.

Si l'extracteur salivaire était utilisé sans l'aspiration, les niveaux de vapeurs de mercure atteignaient 2 à 15 fois la VME ($30\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Suède).

En 1997, Langwörth et coll., en mesurant le mercure atmosphérique dans la zone respiratoire des chirurgiens dentistes et de leurs assistant(e)s, constatèrent des augmentations temporaires des taux de mercure surtout pendant la préparation et l'insertion des amalgames, moins au moment du fraisage et du polissage sauf en cas de non-utilisation de l'aspiration (pic à 84 et $140\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En conclusion, le principal danger de contamination mercurielle vient de la non-utilisation du spray, il faut donc travailler sous pulvérisation abondante d'eau avec une aspiration haute vitesse pour diminuer l'émission de poussières et pour refroidir l'amalgame afin de limiter l'évaporation du mercure. Il est contre indiqué d'utiliser un condensateur à ultrasons. Le travail sous digue est préférable et polir l'obturation de façon différée.

2.2.3.2.1.2 Le nettoyage et la stérilisation des instruments

La chaleur vaporise le mercure. Or, dans le petit volume que représente un stérilisateur, de petites quantités de mercure à haute température peuvent engendrer de fortes concentrations et provoquer des pics de pollution à l'ouverture de la porte du stérilisateur (Lux, 1990). Nixon, en 1981, mesurait déjà des taux élevés de mercure près des stérilisateurs en marche, notamment en cas de fuite près de la porte du four et à son ouverture (jusqu'à $770\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Avant stérilisation, il faut donc éliminer toute trace d'amalgame sur les instruments. La stérilisation des instruments ensachés permet de diminuer l'émission des vapeurs de mercure. Au mieux, le stérilisateur devrait être sous hotte aspirante (Haikel et Alleman, 1992).

2.2.3.2.2 Les sources fixes d'émission mercurielle

En 1992, Rubin a soulevé le problème de la pollution de fond : des locaux de travail contaminés anciennement et jamais décontaminés, dans lesquels l'ambiance reste polluée malgré un équipement technique moderne limitant les risques de pollution mercurielle.

En 2000 - 2001, des mesures effectuées en fin de journée de travail, en différents points de 54 cabinets dentaires privés ont permis de déterminer cinq sources principales de pollution mercurielle (Bimal, 2001) :

séparateur, amalgamateur, triturateur, déchets mercuriels, crachoir, tuyaux d'aspiration.

Le séparateur est un dispositif récent imposé en France aux chirurgiens-dentistes depuis un décret de 1998 afin de protéger l'environnement. C'est un système qui empêche les déchets solides d'aller dans le réseau classique des eaux usées. Les déchets d'amalgames sont ainsi stockés plusieurs mois dans les locaux du praticien.

Mais compte tenu des propriétés physico-chimiques du mercure, les déchets continuent d'émettre des vapeurs mercurielles. Or, ces séparateurs sont-ils suffisamment étanches pour retenir ces vapeurs?

L'amalgamateur est l'appareil permettant de mélanger par vibration les composants de l'amalgame. Le mercure en vrac n'étant plus commercialisé, bientôt tous les chirurgiens dentistes utiliseront des capsules pré-dosées avec un triturateur, système moins polluant.

Le stockage des déchets d'amalgames et des capsules pré-dosées usagées est une source de pollution mercurielle non négligeable en cas de non respect des mesures préventives préconisées. Les résidus de coupelle, c'est-à-dire les déchets d'amalgames frais, libèrent du mercure sous forme de vapeurs.

Le crachoir, bien qu'il soit régulièrement rincé et après nettoyage en fin de journée, reste un endroit contaminé et, de ce fait, une source de pollution mercurielle. Les tuyaux d'aspiration adsorbent les vapeurs de mercure émises par les amalgames. Les solutions de nettoyage parfois utilisées par les praticiens sont inefficaces pour éliminer le mercure métal car elles ne sont que des solutions désinfectantes.

	Séparateur	Amalgamateur	Déchets mercuriels	Crachoir	Tuyaux d'aspirations
Valeur moyenne en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	141,65	23,47	48,85	12,75	144,48
Plage de variation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,6 à 5000	0,7 à 192,9	0,4 à 331,9	0,7 à 91,7	1,6 à 991,3

Tableau 14 : récapitulatif des concentrations de mercure dans l'air mesurées en différents endroits dans les cabinets dentaire (Bimal, 2001).

D'après le tableau ci-dessus on constate que la valeur moyenne recouvre des mesures très hétérogènes. La concentration varie dans des proportions considérables, selon le lieu de la mesure, dans une proportion de 1 à 1000. Ces mesures font apparaître des pics de concentration et par conséquent, des lieux à surveiller tout particulièrement.

Dans une étude complémentaire réalisée en 2001 dans une faculté de chirurgie dentaire, la concentration du mercure a été analysée en différents points de plusieurs postes de travail, en fin de semaine, en juin, août et septembre. Bien que l'activité en secteur privé soit un peu différente de celle d'une faculté, les sources de pollution mercurielle sont identiques. Les mesures ont été effectuées sur les fauteuils, dans les crachoirs, dans les tuyaux d'aspiration, au niveau de la colonne située sous le crachoir, autour du filtre du séparateur mais sans ouvrir le bouchon, enfin autour de la cassette de stockage du mercure dans le séparateur. On observe une accumulation progressive du mercure en différents points (Bimal, 2001).

Lieu de prélèvements		Juin Valeur moyenne Hg en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Août Valeur moyenne Hg en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Septembre Valeur moyenne Hg en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sur les fauteuils		4,06	8,04	11,38
Dans le crachoir		8,1	10,63	16,79
Dans les tuyaux d'aspirations	Petit tuyau	664,98	544,05	729,1
	Grand tuyau	17,95	230,47	379,06
	Colonne	8,67	17,25	18,81
Autour du filtre du crachoir		9,98	18,62	24,14
Autour du séparateur		15	24,28	3396

Tableau 15 : évolutions des concentrations atmosphériques de mercure à différents endroits du cabinet, de juin à septembre 2001 (Bimal, 2001).

Ces résultats mettent en évidence que des déchets d'amalgames restent dans les différents dispositifs du fauteuil, les tuyaux d'aspiration, le crachoir, les filtres, et continuent ainsi d'émettre des vapeurs de mercure en grandes quantités, ceci étant particulièrement marqué pour le séparateur.

En prévention, il est conseillé un nettoyage avec une serpillière humide sur laquelle on devrait ajouter, d'après Lux, une solution de bisulfite à 1 % une fois par semaine (Lux, 1990). Il est recommandé d'aérer au moins cinq minutes toutes les heures. L'utilisation d'un

aspirateur ordinaire pour le ménage du cabinet dentaire est à proscrire car le mercure aspiré formerait des amalgames avec les parties métalliques de l'aspirateur qui revaporiserait du mercure au cours des utilisations suivantes (Garnier, 2000).

Pour Kelman (1978), de simples précautions d'hygiène personnelle et environnementale suffisent à prévenir le risque d'hydrargyrisme chez les dentistes et tout effet sur la santé.

En 1998, le conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPPF) a publié les recommandations suivantes relatives à l'utilisation de l'amalgame d'argent par les professionnels de santé. Elles sont les suivantes :

Afin de limiter au maximum la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires, il faut :

- 1) - informer les professionnels et leurs employés de la toxicité du mercure et de la nécessité de respecter les règles d'hygiène et les bonnes pratiques.
- 2) - utiliser les nouveaux amalgames (dits non gamma 2) en capsules pré-dosées, afin de limiter tout risque de contamination. Les capsules d'amalgame doivent être stockées dans un endroit frais et ventilé.
- 3) - travailler dans des locaux ventilés ; le cabinet doit être aéré plusieurs fois dans la journée. S'il y a un dispositif de climatisation avec filtrage d'air, il faut respecter les consignes du fabricant pour l'entretien régulier des filtres.
- 4) - proscrire tapis, moquettes, rideaux et tissus muraux dont la décontamination est impossible.
- 5) - condenser l'amalgame par les moyens classiques (fouloir) et ne pas utiliser de condensateur à ultrasons afin d'éviter la formation d'aérosols.

Le risque mercuriel dans les cabinets dentaires a diminué ces dernières décennies, mais le problème posé par le manque d'étanchéité de certains séparateurs d'amalgame vis-à-vis des vapeurs de mercure doit être pris en compte (INRS, 2003).

La protection de l'environnement est un progrès indéniable, mais avec ce système, ce sont 14,5 à 20 tonnes de déchets d'amalgames qui seront stockés annuellement dans les locaux des dentistes. Les personnels des cabinets dentaires seront les premiers concernés (dentistes, assistantes, femmes de ménage), mais aussi les collecteurs de déchets

qui récupéreront les cassettes des séparateurs une à deux fois par an dans chaque cabinet. Une évaluation quantitative du risque est possible (INRS, 2003).

La métrologie d'ambiance n'est pas courante dans les cabinets dentaires, mais la mercuriurie peut être dosée. L'examen clinique doit rechercher des signes précoces d'intoxication mercurielle (éréthisme, tremblement intentionnel) (INRS, 2003).

Le chirurgien dentiste échappe le plus souvent à la surveillance médicale car il est rarement salarié. Les conseils prodigués pour son personnel doivent l'aider à se prémunir lui-même contre le risque mercuriel. Il faut privilégier les techniques de prévention collective, notamment la mise sous hotte aspirante de toutes les sources fixes de mercure, la bonne conservation des déchets et le respect de techniques de travail « propres ». Le masque filtrant doit être le dernier recours (INRS, 2003).

2.3 Mercure et environnement

2.3.1 Cycle du mercure dans l'environnement

Le mercure existe naturellement dans la croûte terrestre et diffuse dans l'atmosphère et dans l'eau, mais les activités humaines en ajoutent une quantité non négligeable.

De part ses propriétés physicochimiques, le mercure et ses composés minéraux ou organiques s'inscrivent dans un cycle environnemental. Tous les composés mercuriels subissent des transformations chimiques et circulent en permanence entre les différents milieux air, eaux et sols. Bien que le mercure s'inscrive dans un cycle global, sa principale réserve est dans les océans et plus particulièrement dans les sédiments (Grasmick, 1998).

Le phénomène environnemental le plus inquiétant, est la bioamplification du mercure dans la chaîne alimentaire aquatique. Dans les sédiments, il est susceptible de subir une transformation chimique, par une action essentiellement bactérienne ou sa forme inorganique peut être méthylée. Sous cette forme, il devient facilement absorbable par les poissons herbivores qui eux-mêmes sont mangés par les poissons carnivores. Ainsi s'amorce la bioamplification du mercure dans la chaîne alimentaire aquatique (Grasmick, 1998).

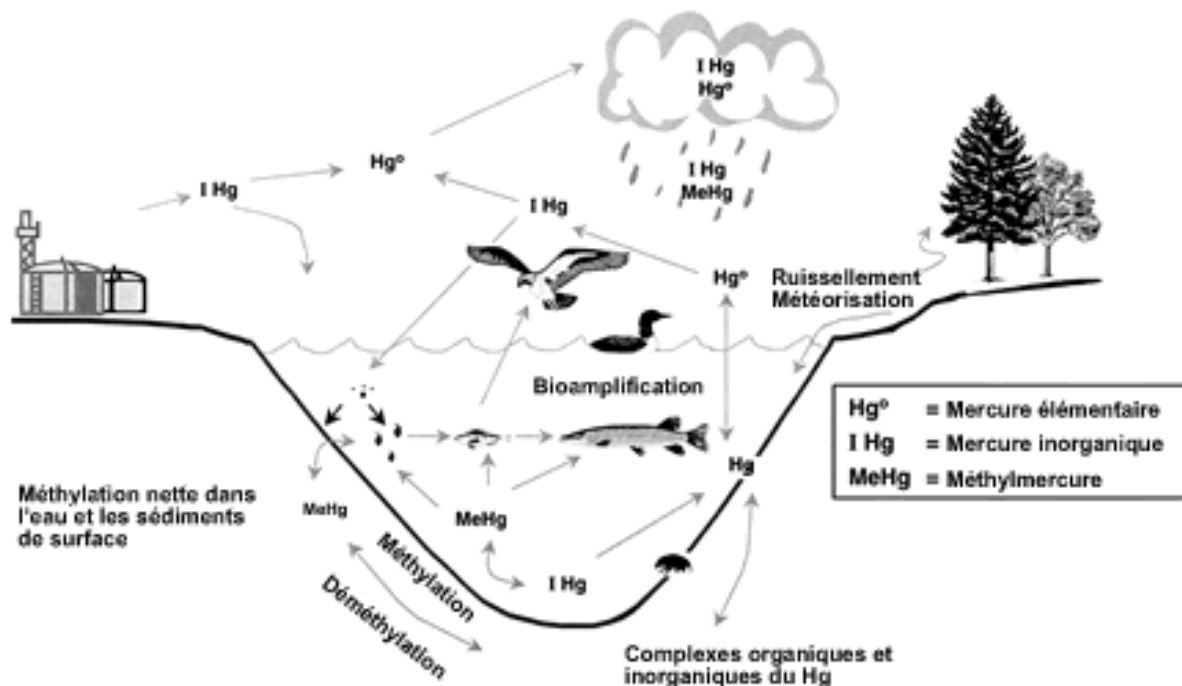


Figure 5 : le cycle du mercure (source : www.ec.gc.ca/.../html/mercury/merc_what.cfm).

Les sources de pollution de l'environnement terrestre sont nombreuses, mais elles convergent toutes soit vers l'eau, soit vers l'atmosphère. La pollution aquatique peut provenir du rejet des eaux usées de sites industriels, de stations d'épuration ou même d'un déversement accidentel : il s'agit d'une pollution de source ponctuelle. A côté, il existe les rejets réguliers de plus ou moins grande quantité : les rejets dentaires dans les eaux usées en sont l'exemple représentatif, de petites quantités certes, mais multipliées par le nombre de cabinets dentaires. Ce type de pollution peut également provenir de source diffuse. Il s'agit d'une pollution causée par des activités, agricoles par exemple ou encore des retombées atmosphériques (Conso et coll., 1998).

2.3.2 La stratégie de prise en charge du mercure : données réglementaires, nationales et internationales.

2.3.2.1 Le programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE)

Ce qui est présenté ci-dessous, est issu du rapport du PNUE de la conférence de Genève de décembre 2002 sur « l'évaluation mondiale du mercure » en coopération entre le programme des nations unies pour l'environnement (PNUE), *Food and agriculture organisation* (FAO), organisation mondiale de la santé (OMS), organisation de coopération et

de développement économiques (OCDE), *united nations institute for Training and research* (UNITAR), bureau international du travail (BIT).

Les résultats clés de ce rapport sont les suivants :

- Quelles sont les causes de préoccupation et peut-on intervenir pour modifier la situation ?

- Le mercure est présent dans l'environnement. Les niveaux de mercure dans l'environnement ont augmenté considérablement depuis le début de l'époque industrielle. Dans le monde entier, ce métal est maintenant présent dans divers milieux environnementaux et dans divers aliments (en particulier le poisson), à des concentrations qui nuisent aux êtres humains, aux animaux et aux végétaux. Il existe une exposition générale due à des sources anthropiques, et les pratiques passées ont laissé du mercure dans les décharges, les résidus miniers, les sites industriels contaminés, les sols et les sédiments. Même des régions où les rejets de mercure sont minimes, telles que l'Arctique, sont gravement touchées en raison du transport transcontinental et planétaire du mercure.

- Le mercure est persistant et circule au niveau planétaire. Les rejets de pollution par le mercure les plus importants sont les émissions atmosphériques, mais le mercure est également directement libéré par différentes sources dans l'eau et dans les terres. Une fois rejeté, le mercure persiste dans l'environnement où il circule, sous diverses formes, entre l'air, l'eau, les sédiments, le sol et le biote (subst. masc. Biol. « Tout être vivant » Husson, 1970). Les émissions actuelles s'ajoutent au réservoir mondial de mercure, continuellement mobilisé, déposé sur terre et dans l'eau et mobilisé à nouveau.

La forme sous laquelle le mercure est libéré varie selon le type de source et d'autres facteurs. La majorité des émissions atmosphériques sont sous la forme de mercure élémentaire gazeux, qui est transporté à l'échelle planétaire dans des régions éloignées de la source.

Une fois déposé, le mercure peut se transformer (principalement par métabolisme microbien) en méthylmercure, qui possède la capacité de s'accumuler dans les organismes (bioaccumulation) et de se concentrer le long des chaînes alimentaires (bioamplification), en particulier dans la chaîne alimentaire aquatique (poissons et mammifères marins). Le méthylmercure constitue donc la forme la plus préoccupante, et presque

tout le mercure présent chez les poissons est sous forme de méthylmercure.

- L'exposition au mercure a de graves conséquences. Certains groupes sont particulièrement vulnérables à l'exposition au mercure, notamment les fœtus, les nouveau-nés et les jeunes enfants, en raison de la sensibilité du système nerveux en développement. Ainsi, les parents, les femmes enceintes et les femmes susceptibles de l'être doivent être particulièrement conscients des dangers du méthylmercure. Une consommation modérée de poissons n'entraînera probablement pas d'exposition dangereuse. Cependant, les populations indigènes, ainsi que d'autres groupes qui consomment des quantités plus importantes de poissons ou de mammifères marins contaminés et les travailleurs exposés au mercure, comme dans l'extraction d'or ou d'argent à petite échelle, peuvent subir de fortes expositions au mercure et courent donc un risque.

- L'intervention peut donner des résultats. En effet, la pollution par le mercure a des effets importants aux niveaux local, régional et mondial. On peut lutter contre ces effets à chacun de ces niveaux par une série de mesures ayant pour objectif de réduire les utilisations, les rejets et les expositions. De nombreuses mesures prises en Europe, en Amérique du Nord et ailleurs ont réussi à faire diminuer les utilisations et les rejets de mercure. Les inventaires sont cependant encore incomplets dans ces régions, et certains rejets restent importants. L'ampleur des baisses des concentrations de mercure dans l'environnement et le rétablissement des écosystèmes en réponse à la diminution des rejets dépendent beaucoup, entre autres, des caractéristiques de l'écosystème local, et ces résultats pourront, dans certains cas, prendre plusieurs décennies. Une évaluation des concentrations de mercure dans des lacs de Suède indique cependant qu'on peut, à un endroit donné, obtenir en réduisant les rejets une baisse significative des niveaux de mercure dans l'environnement, comme par exemple dans le poisson frais, en l'espace d'une ou deux décennies.

Pourquoi les mesures prises au niveau local ou régional ne suffisent-elles pas ?

- Le cycle planétaire du mercure aggrave le problème. Les sources locales de rejets de mercure (telles que les installations d'incinération des déchets et de combustion du charbon), les concentrations de fond générales planétaires (réservoir mondial) comptent pour beaucoup dans la quantité totale de mercure présente dans la plupart des endroits. De même, à peu près toutes les sources locales peuvent contribuer au

réservoir mondial. Les cours d'eau et les courants océaniques sont également des voies de transport à longue distance du mercure.

- L'existence du transport à longue distance fait que même des nations rejetant des quantités minimales de mercure et des zones éloignées des activités industrielles peuvent être touchées. On observe par exemple des niveaux élevés de mercure dans l'Arctique, à grande distance de toute source de rejet important.

- Malgré les réglementations et les restrictions actuelles, nombre des utilisations et des mouvements de mercure et de produits contenant du mercure sont susceptibles d'entraîner des rejets de ce métal dans l'environnement planétaire. Pendant ce temps, les grandes quantités de mercure qui restent dans les résidus miniers, les décharges et les sédiments, ainsi que les stocks, continuent de présenter un risque de rejet pour l'avenir. Par conséquent, des actions visant à réduire, gérer et régir les utilisations, les stocks et le commerce peuvent être utiles aux niveaux local, régional, national et international, pour prévenir ou minimiser les rejets futurs.

Comment l'homme et les espèces sauvages sont-ils exposés au mercure ?

- Bien que les conditions locales puissent influencer sur l'exposition au mercure de certaines populations, la plupart des gens sont exposés principalement au méthylmercure par l'intermédiaire de leur alimentation (en particulier via le poisson) et aux vapeurs de mercure élémentaire par l'intermédiaire des amalgames dentaires et dans le cadre des activités professionnelles. La toxicité du méthylmercure a été décrite plus haut. Les vapeurs de mercure élémentaire sont également toxiques pour le système nerveux et d'autres organes. Même si le méthylmercure est la préoccupation majeure pour la population en général, les fortes expositions au mercure élémentaire sont également préoccupantes.

- On a mesuré des concentrations importantes de méthylmercure chez de nombreuses espèces de poissons d'eau douce et d'eau de mer du monde entier. C'est dans les grands poissons prédateurs et dans les mammifères piscivores qu'on trouve les concentrations les plus élevées. Des études d'exposition provenant de diverses zones géographiques indiquent qu'une proportion significative des êtres humains et des espèces sauvages de la planète est exposée à des niveaux préoccupants

de méthylmercure, du fait principalement de la consommation de poissons contaminés.

- L'utilisation de vaccins et de certains autres produits pharmaceutiques contenant des agents de conservation au mercure (tels que le thimerosal ou le thiomersal) peut également occasionner des expositions.

Comment réduire les rejets ?

La réduction ou l'élimination des rejets anthropiques de mercure exigera la maîtrise des rejets provenant de matières premières et de charges contaminées par du mercure, ainsi que la diminution ou la suppression de l'utilisation du mercure dans des produits ou des procédés. Les méthodes spécifiques de contrôle de ces rejets varient largement en fonction des conditions locales, mais sont généralement réparties en quatre groupes :

- la réduction de l'exploitation minière du mercure et de la consommation de matières premières et de produits qui génèrent des rejets;
- le remplacement des produits ou des procédés contenant ou utilisant du mercure;
- la maîtrise des rejets de mercure par des contrôles au point de rejet;
- la gestion des déchets renfermant du mercure.

La gestion des déchets contenant du mercure est devenue une question plus complexe dans la mesure où l'on collecte davantage de mercure provenant de sources diverses, dont notamment les produits de filtration des gaz, les boues issues de l'industrie du chlore, les cendres et les résidus minéraux, ainsi que les tubes fluorescents, les piles et d'autres produits souvent recyclés. Dans certains pays, le coût d'une élimination acceptable des déchets contenant du mercure est tel que de nombreux producteurs recherchent maintenant des produits de remplacement exempts de mercure. Une gestion correcte de ces déchets est importante pour la réduction des rejets dans l'environnement, et notamment de ceux résultant de déversements accidentels (comme les bris de thermomètre), de ceux intervenant au cours du temps du fait de fuites provenant de certaines applications (telles que les commutateurs automobiles et les amalgames dentaires) ou de ceux provoqués par l'incinération des déchets et la crémation.

Une combinaison judicieuse de mesures de prévention et de contrôle sera nécessaire pour optimiser les réductions de rejets de mercure.

De nombreux pays ont pris des mesures pour limiter et prévenir les utilisations, les rejets et les expositions :

- mesures et réglementations visant à maîtriser les rejets de mercure dans l'environnement;
- mesures et réglementations de contrôle des produits pour les produits renfermant du mercure;
- normes de qualité de l'environnement, spécifiant une concentration maximale admissible de mercure pour différents milieux tels que l'eau de boisson, les eaux de surface, l'air et le sol, et pour des aliments tels que le poisson;
- autres normes, mesures et programmes, tels que des réglementations relatives à l'exposition au mercure sur le lieu de travail, des exigences en matière de communication des données, des conseils concernant la consommation de poisson et des mesures pour la sécurité du consommateur.

Comment améliorer la compréhension et la coordination internationale ?

Malgré certaines lacunes dans les données, les experts sont parvenus à comprendre suffisamment les caractéristiques du mercure (y compris son devenir et son transport, ses effets sur la santé et l'environnement et le rôle de l'activité humaine), grâce à des recherches approfondies menées depuis un demi-siècle, pour savoir que les actions internationales destinées à faire face au problème mondial du mercure ne doivent plus être différées. Néanmoins, d'autres recherches et activités seraient utiles pour améliorer la compréhension et la coordination dans un certain nombre de domaines, y compris :

- l'inventoriage au niveau national des utilisations, de la consommation et des rejets dans l'environnement;
- des informations sur le transport, la transformation, le cycle et le devenir du mercure dans divers compartiments;

- l'évaluation et la surveillance des concentrations de mercure dans divers milieux (tels que l'air et le dépôt à partir de l'air) et le biote (poisson, par exemple), ainsi que des effets associés sur l'homme et les espèces sauvages, y compris les effets dus à des expositions cumulées à différentes formes de mercure;
- des données et des outils d'évaluation à des fins d'estimations des risques pour l'homme et l'environnement;
- des mesures supplémentaires pour prévenir et réduire les rejets en provenance de diverses sources;
- une collaboration entre les pays couvrant toute la gamme des problèmes scientifiques et techniques, y compris la gestion des déchets contenant du mercure et les solutions curatives;
- les informations sur le commerce et les échanges mondiaux du mercure et des matériaux contenant du mercure.

Conclusions sur le rapport :

Bien que le mercure soit peut-être un des toxiques environnementaux les plus étudiés, il demeure des insuffisances dans la compréhension de base d'un certain nombre de questions générales et globales concernant ce métal. A la lumière des informations soumises dans ce rapport, ainsi que de l'analyse et de l'évaluation de celui-ci, il est possible de proposer un classement des lacunes actuelles des connaissances sur le mercure qui sont critiques à l'échelle mondiale :

- connaissance et quantification des mécanismes affectant le devenir du mercure dans l'environnement, tels que la mobilisation, la transformation, le transport et l'absorption ; en d'autres termes, les voies de circulation du mercure dans l'environnement et de l'environnement vers l'homme ;
- connaissance et quantification dans une perspective mondiale du comportement de l'homme en relation avec les rejets de mercure, et les contributions humaines aux charges locales, régionales et mondiales de mercure ;
- compréhension des manières par lesquelles, et des degrés auxquels l'homme, les écosystèmes et les espèces sauvages sont affectés par

les niveaux actuels de mercure dans les environnements locaux, régionaux et mondiaux. En d'autres termes, les effets possibles, le nombre de sujets affectés et la gravité des effets chez ceux qui sont touchés.

Concernant plus précisément les amalgames dentaires, le PNUE précise, qu'il est possible de réduire les rejets de mercure provenant des cabinets dentaires en préparant des amalgames au mercure d'une manière plus efficace, en remplaçant ces amalgames par d'autres produits et en installant des siphons appropriés dans les systèmes d'évacuation des eaux.

Pour réduire les émissions de mercure produites par les amalgames dentaires lors de la crémation, le PNUE propose, soit de retirer les amalgames avant la crémation, ce qui n'est pas une pratique courante, soit de filtrer les émissions. Comme les systèmes d'épurations des fumées coûtent cher, l'approche privilégiée sera probablement celle de la prévention, c'est à dire l'utilisation de matériaux autres que les amalgames de mercure pour les traitements dentaires courants (Megley, 1998).

2.3.2.2 Le Parlement Européen

(Issu du rapport sur la stratégie communautaire sur le mercure, en février 2006, par le rapporteur Mario Matsakis).

L'Union européenne est le principal exportateur de mercure au monde. Ainsi, elle a été à l'origine de 30 % de la consommation mondiale en 2001-2003. D'un point de vue économique, politique et moral, il est, dès lors, impératif que l'UE joue un rôle éminent dans la résolution des problèmes mondiaux liés au mercure. Une action communautaire et un engagement international sont nécessaires à la protection de la santé humaine et de l'environnement. La stratégie communautaire sur le mercure, et l'approche globale qui l'accompagne, représentent par conséquent une contribution importante dans la lutte contre cette menace mondiale.

➤ Interdiction des exportations et stockage dans des conditions sûres

La Commission prévoit de supprimer progressivement les exportations de mercure en provenance de la Communauté et de mettre en place une interdiction de ces exportations d'ici à 2011. Or, il convient que cette interdiction entre en vigueur dans les meilleurs délais, et ce au

plus tard en 2010. En synergie avec une action internationale, une pression est en train d'être exercée, avec des actions visant à réduire la demande mondiale de mercure.

On estime qu'au cours des 15 prochaines années, l'industrie communautaire du chlore et de la soude produira environ 12 000 tonnes de mercure qu'il faudra retirer de la circulation. Ce mercure excédentaire doit être stocké dans des conditions sûres, dans des sites sécurisés, surveillés en permanence et situés dans des zones permettant une intervention immédiate et efficace en cas de besoin.

➤ Valeurs limites d'émission

La combustion du charbon constitue la principale source d'émission de mercure. Toutefois, en particulier le mercure élémentaire, dont la durée de vie dans l'atmosphère peut aller jusqu'à un an et qui peut se déplacer partout dans le monde, continuera à être rejeté dans l'environnement et à alimenter la pollution mondiale. Dès lors, il convient de mettre en place dans les meilleurs délais des valeurs limites d'émission de mercure pour les grandes installations de combustion et les activités liées. Enfin, comme l'évoque la stratégie, des mesures internationales devraient également être envisagées au titre du protocole sur les métaux lourds, dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance (PATLD).

Les émissions en provenance des petites installations de combustion n'étant actuellement pas régies par le droit communautaire, la Communauté doit fixer, dans un acte, des valeurs limites d'émission pour ces installations, sachant que l'effet cumulatif des émissions de mercure provenant de ces installations contribue de façon notable au niveau global d'émissions.

Par ailleurs, les émissions de mercure provenant des crématoriums constituent une source de pollution de plus en plus importante et devraient être contrôlées au niveau de l'UE. Les législations en la matière, déjà en vigueur au Danemark, aux Pays-Bas, en Allemagne et au Royaume-Uni, devraient être harmonisées avant qu'un plus grand nombre d'États membres n'adoptent leur propre législation. La recommandation OSPAR relative à ces émissions ne couvre que 12 des 25 États membres, et aucune sanction n'est prévue en cas de non application.

➤ Interdiction du mercure dans les dispositifs de mesure et de contrôle

La seule façon efficace de s'attaquer au problème des émissions de mercure qui résultent inévitablement de l'utilisation et de l'élimination des

dispositifs de mesure et de contrôle serait d'employer des substituts du mercure dans ces catégories de produits. Par conséquent, la mise sur le marché et l'emploi du mercure dans les dispositifs de mesure et de contrôle à usage privé et professionnel (notamment dans les ménages, les établissements de santé et les écoles) devraient être limités, tout en prévoyant certaines dérogations lorsque des solutions de remplacement appropriées ne sont pas encore disponibles. Ces dérogations devraient être limitées dans le temps afin de stimuler la recherche et le développement dans le secteur industriel concerné, de façon à encourager un passage à des substances et des techniques de substitution. Plusieurs États membres, tels que la Suède, le Danemark et les Pays-Bas ont mis en œuvre avec succès de telles limitations.

➤ Collecte et traitement des déchets contenant du mercure

Des systèmes de collecte et de traitement séparés et sûrs doivent être mis en place pour les produits contenant du mercure déjà en circulation dans la société. La plupart des déchets contenant du mercure proviennent des ménages et sont susceptibles d'être rejetés dans l'environnement de façon non contrôlée. Dans le cadre de la stratégie, la Commission devrait proposer des mesures pour traiter ce problème. De la même façon, les exigences communautaires relatives au traitement des déchets provenant des amalgames dentaires doivent être correctement appliquées.

➤ Protection contre les risques du mercure et information

Vu les propriétés de bioaccumulation et de biomagnification du mercure et les dangers associés à l'exposition à ce métal pour le développement cérébral, il est essentiel que les groupes de population vulnérables (enfants, femmes enceintes et femmes en âge de procréer) soient bien informés et avertis des risques qui peuvent découler de la consommation de poisson. Comme le recommande l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESAs), l'exposition au mercure des groupes de population vulnérables doit être surveillée, et des recommandations doivent être émises sur les apports alimentaires en poissons et fruits de mer. Cette surveillance devrait faire partie intégrante du système de surveillance de l'environnement et de la santé et du programme de biosurveillance, prévus à l'origine dans le cadre du plan d'action européen en matière d'environnement et de santé 2004-2010.

➤ Vaccins

Le mercure est présent dans les vaccins sous forme de thiomérosal, plus connu sous le nom de "thiomersal", lequel contient environ 50 %

d'éthylmercure en poids et est utilisé comme conservatif pour prévenir la croissance des microbes. Si, à ce jour, la question de savoir si la présence de thimérosal dans les vaccins a ou non des effets nocifs sur la santé humaine demeure controversée, il importe de noter que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) considérait en 1991 que l'existence d'un niveau d'exposition au mercure en deçà duquel il n'y avait pas d'effets nocifs n'avait jamais été établie. Des dispositions ont d'ores et déjà été prises dans différents États membres. En août 2004, le ministère de la santé et de la sécurité sociale britannique a annoncé la fin de l'utilisation du thimérosal dans les vaccins appliqués aux jeunes enfants. Au Danemark, le laboratoire central national du système de santé danois n'utilise pas de thimérosal dans les vaccins administrés aux enfants depuis 1992. La situation, s'agissant de l'emploi du mercure dans les vaccins, n'est pas claire dans les autres États membres.

➤ Soutenir et promouvoir une action internationale

L'Union européenne et ses États membres doivent intensifier leurs efforts au plan international et s'impliquer pour que des mesures de contrôle des émissions de mercure et de l'offre et de la demande soient prises au niveau mondial. Devant la nature transfrontalière de la contamination au mercure, des efforts doivent être menés afin de parvenir à l'établissement d'un instrument législatif international sur le mercure. Il convient de renforcer, sous la forme d'une assistance financière et technique, la coopération avec les deux principaux pays extracteurs de mercure que sont l'Algérie et le Kirghizstan, afin d'encourager la cessation graduelle de la production primaire de mercure. Il convient également d'intensifier les contacts bilatéraux menés dans le cadre de la préparation de la réunion du conseil d'administration du PNUE en 2007, avec des pays tels que la Chine, l'Inde et la Russie qui voient s'accroître leur dépendance à l'égard des combustibles solides pour leurs centrales au charbon.

Conclusions et recommandations :

Toxique pour les êtres humains, les écosystèmes et la nature, le mercure représente une menace mondiale. Le problème de la contamination au mercure est complexe et des mesures doivent être prises sur plusieurs fronts afin de réduire sensiblement les risques sanitaires et environnementaux. La stratégie de la Commission relative au mercure est un pas utile qui va dans la bonne direction. Les actions proposées dans son cadre doivent être suivies par des dispositions législatives dans les domaines suivants:

- valeurs limites d'émission pour les activités concernées;

- techniques antipollution obligatoires pour les crématoriums;
- interdiction des exportations de mercure d'ici à 2010;
- stockage sécurisé du mercure excédentaire;
- contrôle et traitement des déchets d'amalgames dentaires;
- limitation de l'utilisation du mercure dans les amalgames dentaires;
- interdiction de l'utilisation du mercure dans les dispositifs de contrôle et de mesure lorsqu'il existe des solutions de remplacement fiables.

Si d'ici 2011 les interdictions d'exportations sont réellement appliquées, nous sommes en droit de nous demander si les solutions de remplacement connues à ce jour seront effectives pour pallier la disparition de l'amalgame dentaire due à un approvisionnement devenu impossible en mercure.

2.3.2.3 La réglementation Française.

- Circulaire n° 96-267 du 18 avril 1996

Cette circulaire présente l'impact du mercure sur la santé et l'environnement et les solutions existantes pour récupérer les déchets d'amalgames en vue de leur recyclage (Cf. annexe 1).

- L'arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgames issus des cabinets dentaires rend obligatoire la récupération des déchets d'amalgames issus des cabinets dentaires à compter du 7 avril 2001 (cf. annexe 2).

Source : Gestion des déchets à risque chimique et toxique.

<http://www.sante.gouv.fr>

- Avis du CSHPF du 19 mai 1998

Relatif à l'amalgame dentaire, il donne des recommandations afin de limiter la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires (Cf. partie 2.2).

- Les obligations réglementaires

Les déchets d'amalgames dentaires ne doivent être ni abandonnés, ni rejetés dans le milieu naturel, le réseau d'assainissement ou les ordures ménagères, ni brûlés à l'air libre.

- Circulaire du 9 août 1978 : Règlement sanitaire départemental type.
(Source <http://www.environnement.ccip.fr>)

Obligations relatives aux déchets d'amalgame, conditionnement et stockage ; les déchets d'amalgames dentaires doivent être séparés dès leur production des autres déchets.

Concernant les déchets secs d'amalgames, les déchets d'amalgames contenus dans le pré-filtre et les capsules de pré-dose doivent être conditionnés dans des emballages spécifiques répondant aux critères suivants :

- identifiés à usage unique,
- étanches à l'eau en toute position,
- résistants à la perforation,
- stables,
- présentant une fermeture provisoire et une inviolabilité complète lors du transport.

Ces déchets posent peu de problème car la quantité produite par an reste faible (de l'ordre de 200 à 300 g par an et par cabinet) et se stocke aisément.

Concernant les déchets d'amalgames dentaires humides, la mise en place d'un séparateur d'amalgame est obligatoire pour tous les cabinets dentaires, publics ou privés depuis le 7 avril 2001.

Les résidus récupérés par le séparateur doivent être régulièrement éliminés afin que le rendement initial de l'appareil soit maintenu.

Les effluents liquides contenant des résidus d'amalgames sont évacués dans le réseau d'eaux usées après passage dans un séparateur d'amalgame, qui, quelles que soient les conditions de débit, retient 95% au moins en poids de l'amalgame contenu dans les eaux. Le séparateur d'amalgame doit être placé au plus près de la confluence des sources de rejet.

Pour ce qui est du suivi des déchets, trois bordereaux spécifiques aux déchets d'amalgames dentaires permettent de suivre ces derniers sur l'ensemble de la filière de valorisation:

- CERFA n° 10785*01: Bordereau de prise en charge émis par le collecteur au moment de la collecte
- CERFA n° 10786*01: Bordereau de suivi émis par le collecteur au moment de la collecte
- CERFA n° 10787*01 : Bordereau d'envoi (lorsque le producteur se charge lui-même de la transmission des déchets au prestataire chargé de la valorisation) émis et signé par le producteur de déchets et joint à l'envoi des déchets au destinataire final.

Ils doivent être conservés pendant 3 ans et tenus à la disposition de l'Ordre national des chirurgiens dentistes et des services de l'Etat.

- Arrêté du 30 mars 1998 relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires (JO du 7 avril 1998).

Concernant le transport, les déchets d'amalgames dentaires relèvent du transport de marchandises dangereuses.

Le responsable du cabinet dentaire ou de la structure concernée établit une convention écrite avec les prestataires de services, pour le traitement ou la collecte des déchets d'amalgame 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,
 - les conditions financières,
 - les clauses de résiliation.
- Arrêté du 30 mars 1998 (article 7) relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires (JO du 7 avril 1998).

Concernant l'élimination et la valorisation, les déchets d'amalgames dentaires doivent être éliminés dans une usine d'incinération des déchets dangereux. Les installations assurant la valorisation des métaux d'amalgames sont autorisées au titre des installations classées.

2.3.3 Les risques environnementaux des amalgames dentaires

Si les premières préoccupations sur l'amalgame sont d'ordre sanitaire, les premières réglementations, elles, sont d'ordre environnemental. C'est par crainte des rejets mercuriels dans les milieux aquatiques (siège de la bioamplification du mercure) que les autorités internationales se sont préoccupées de l'utilisation de l'amalgame dentaire (Miguel, 2001).

En France, la récupération des déchets d'amalgame date seulement de 2001 suite à l'arrêté du 30 mars 1998. Jusqu'à cette date, les déchets étaient soit mis à la poubelle avec les autres déchets de soins, soit éliminés dans le circuit de la collecte des eaux usées.

2.3.3.1 Le flux des déchets d'amalgame

Le groupe de travail de l'association générale des hygiénistes et techniciens municipaux (AGHTM) a évalué les flux de déchets d'amalgame dentaires entre 42,8 et 58 tonnes, ce qui représente des quantités de mercure comprises entre 21,4 et 29 tonnes par an (Rapport AGHTM, 2002).

Les déchets d'amalgames dentaires constituent l'une des sources actuelles importantes de pollution par le mercure :

- pollution des eaux usées avec :
 - concentrations dans les boues des stations de traitement des eaux usées
 - rejet dans les eaux dans les eaux de faibles teneurs qui contribuent la dispersions de micropolluants et à la contamination des chaines alimentaires

- pollution de l'air, lors de l'incinération :
 - des corps

- des déchets d'amalgame dentaires évacués avec les ordures ménagères ou avec les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI).

2.3.3.2 Les déchets mercuriels des cabinets dentaires

- On distingue trois types de déchets :
 - les déchets solides, qui sont issus des préparations, c'est-à-dire soit les résidus de coupelle lorsque l'amalgame était réalisé par le praticien, soit les restes de capsules préposées.
 - les déchets en suspension, au cours de l'intervention et de la sculpture de l'amalgame. Ils représentent 25 % de la préparation, rejetés dans le crachoir ou aspirés, mais dans les deux cas, dirigés vers le circuit d'évacuation des eaux usées.
 - les déchets en suspension issus de la dépose d'amalgames anciens. Ces déchets, souvent occultés dans les estimations de déchets d'amalgames, représentent pourtant des masses importantes, évaluées à la moitié de l'amalgame mis en bouche lors d'une précédente obturation, sachant toutefois que la dépose d'amalgames anciens n'intervient que dans environ le tiers des cas.

Avant la mise sur le marché des capsules préposées, les rejets d'amalgames étaient estimés par l'Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux (AGHTM) entre 14,5 et 20 tonnes de mercure par an.

Cette valeur devrait baisser avec le recours aux capsules pré-dosées, obligatoire depuis janvier 2001. Début 2000, seul un tiers des praticiens utilisaient les capsules pré-dosées. Le Conseil de l'Ordre des Chirurgiens Dentistes estime que la production de déchets mercuriels sera considérablement réduite avec cette mesure. De nombreux praticiens sont beaucoup moins catégoriques et estiment que l'utilisation de capsules pré-dosées, diminuera les déchets de mercure liés à la préparation mais n'aura que peu d'effets sur la production de déchets d'amalgame.

Dans les deux cas, la capsule pré-dosée évite la manipulation et les vapeurs, mais n'a que peu d'impact sur le volume des déchets d'amalgame (Miquel, 2001).

2.3.3.3 Le devenir des déchets mercuriels issus des amalgames dentaires au cabinet dentaire

Dans leur grande majorité, jusqu'en 1998, ces déchets étaient évacués avec les eaux usées.

Tout d'abord, étaient-ils vraiment évacués ? Le doute est apparu en mesurant les concentrations de mercure dans les cabinets dentaires, notamment dans le crachoir. Il a été constaté que la concentration augmentait au fur et à mesure que l'appareil de mesure descendait dans le tube qui rejoignait les canalisations (dans la limite d'accessibilité du tuyau de l'appareil de dosage). Cette caractéristique laissait supposer une éventuelle fixation progressive du mercure, que les courants d'eau ne parvenaient pas à réduire. L'idée a donc été de passer du test des tuyaux de crachoir au test des canalisations en sortie de cabinet ou d'immeuble (Miquel, 2001).

Selon une étude réalisée en Hollande en 1990, les cinq premiers mètres de conduites d'égout directement situées après l'unité de soins concentraient plusieurs kilos de restes d'amalgames sous forme de sédiments. Une étude réalisée au Danemark, rapportée par la Commission d'enquête du Conseil de l'Ordre des Chirurgiens Dentistes, évalue les résidus d'amalgames rejetés dans les égouts entre 100 mg et 800 mg par jour et par praticien, la quantité globale annuelle rejetée entre 100 et 200 grammes de mercure par chirurgien dentiste (Miquel, 2001).

Appliqués à la France, ces résultats donneraient un rejet global de 4 à 8 tonnes par an. A partir de l'étude hollandaise, l'AGHTM a chiffré la quantité de sédiments mercuriels présente dans les conduites d'égout entre 16 et 33 tonnes (Miquel, 2001).

Depuis 2001, tous les cabinets dentaires ont pour obligation de munir leur unit d'un séparateur d'amalgame (cf. figure 6), qui récupère 95% des déchets. Ils sont conçus pour empêcher les particules provenant des interventions dentaires d'être rejetées dans les eaux usées. S'ensuivent, une collecte et le retraitement des déchets selon une procédure à trois niveaux : le chirurgien dentiste remet ses déchets à un collecteur, qui rassemble les déchets épars et les livre ensuite à un retraiteur qui sépare et régénère le mercure.

Malheureusement ce délai n'a pas été tenu. On estime actuellement que 50 à 75 % des fauteuils des cabinets dentaires sont aujourd'hui équipés.

En lorraine d'après l'enquête effectuée par le Docteur Marie-Astrid Debeux, on estime à 69% le nombre de fauteuils équipés de séparateur à amalgame en 2003 (Debeux, 2002).



Figure 6 : Séparateur d'amalgame.

On observera également que le séparateur n'a aucun effet sur les vapeurs mercurielles et que le seul objectif est la limitation des résidus polluants. Cet objectif, au moins, est-il atteint ? Il est permis d'en douter.

Le circuit de traitement fait intervenir plusieurs opérateurs : le chirurgien dentiste, le collecteur, le séparateur ou régénérateur, qui assure en principe la récupération et la valorisation du déchet de mercure. A chaque étape, le « risque de perte » du mercure n'est pas négligeable :

- pour le chirurgien dentiste, il est primordial d'avoir un fauteuil en état de marche. Une fois la cassette pleine, il doit la remettre, avec les autres déchets, à un organisme spécialisé.

La collecte peut prendre différentes formes. Soit une collecte spécifique des cassettes et déchets mercuriels, soit une collecte regroupée avec les autres déchets de soins (piqûres, cotons...).

Lorsque la collecte de déchets mercuriels est regroupée avec d'autres déchets, il est alors vraisemblable que ces déchets mercuriels sont « traités » comme et avec les autres déchets, c'est-à-dire à la poubelle et en incinération.

Le collecteur rassemble les déchets dans un lieu de stockage avant de les adresser dans le meilleur des cas au « retraiteur ».

Le rôle du retraiteur est, normalement, de récupérer et d'ouvrir la cassette, de récupérer l'amalgame, de trier les métaux. Mais tout va dépendre du volume récupéré. En cas de flux réduit, il peut soit remettre la cassette en état de fonctionnement, soit la jeter.

On peut donc en conclure qu'il existe une probabilité non négligeable que le déchet mercuriel soit traité comme et avec les autres déchets, c'est-à-dire jeté à la poubelle et incinéré, d'où le transfert de pollution de l'eau à l'air. Il n'est pas possible de connaître exactement la répartition entre le circuit officiel collecte et traitement, et la pratique déviante collecte et poubelle. Le premier est certainement dominant mais il ne faudrait pas nier que la seconde demeure. De telles pratiques existent.

Ainsi, le choix d'imposer aux cabinets un équipement de récupération n'aurait finalement conduit qu'à transférer le risque sans le supprimer.

En diminuant le risque mercuriel dans l'eau, on majore le risque mercuriel dans l'air. L'un vaut-il mieux que l'autre ? Dans la mesure où le traitement des eaux est absolument incontournable et où le traitement des fumées n'est encore qu'éventuel, il est permis d'en douter (Miquel, 2001).

2.3.3.4 Le devenir des amalgames dentaires anciens

Le mercure, comme tous les métaux lourds, se transforme mais ne disparaît pas. Le mercure demeure après la mort, l'enterrement ou la crémation. Cet aspect des choses n'a été étudié que très récemment et que très partiellement. Nous n'avons pas connaissance d'étude sur le suivi

des sols des cimetières. Ils sont certainement très pollués. Des recherches peuvent être menées sur ce point (Miquel, 2001).

La crémation est d'autre part en plein essor depuis les années 1990 et les rejets mercuriels, qui en sont issus, deviennent de plus en plus importants. En 1980, cette technique n'était utilisée que pour 0,9% des obsèques, en 1994 pour 10,5% et en 2004 pour 24,95% selon les crémâtistes. En 2008, selon l'Association française d'information funéraire (AFIF), la France et les DOM TOM comptent 128 crématoriums. Le taux de crémation approcherait 28% en France et 40% dans certaines régions (site internet la crémation en France, 2009).

La crémation est très pratiquée au Japon (99,8% des décès) ainsi qu'à Hong Kong (86 %). Aux USA, la proportion est de 32 %. Dans plusieurs pays européens, le taux est très élevé : en Suisse, il est de 78,8 %, en République tchèque, il est de 78,4 % et enfin au Danemark, il est de 73,8 %. Dans les pays catholiques, elle est plus rare : le taux en Italie est de 8,5%, celui de l'Espagne est de 19,3 %, mais elle gagne du terrain en Belgique où le taux atteint les 42,23 %, elle oscille autour de 50 % aux Pays-Bas. En Norvège, ce taux est de 34 % et en Finlande de 33,7 %.

Une corrélation entre les émissions mercurielles d'une crémation et le nombre d'amalgames du défunt a été mise en évidence. Curieusement, une crémation d'un défunt sans amalgame génère également de faibles doses de mercure ; les émissions mercurielles varient d'une crémation à l'autre, dans un rapport de 1 à 100 (jusqu'à 3,5 grammes par crémation). Les émissions mercurielles sont extrêmement diffuses.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les émissions par les fumées sont très faibles. L'essentiel passe ailleurs, en particulier dans les poussières, les parois du four et les locaux adjacents car la porosité des briques laisse passer les gaz. Une étude faite dans un crématorium de Zürich a démontré que les rejets internes au crématorium étaient 1,8 fois plus élevés que les rejets externes par les fumées. Une partie des gaz est d'abord incrustée dans les parois, et se libère progressivement avec la chaleur, ce qui explique les dégagements de mercure même en l'absence d'amalgame dentaire (Miquel, 2001).

L'intoxication est surtout interne, et concerne le personnel d'exploitation. La Suède où l'on pense que « les crématoriums sont les plus grands responsables des émissions de mercure » évalue les rejets de mercure liés aux crémations à 280 kilos/an, soit près du tiers du total des émissions de mercure dans ce pays (Swedish environment, 2000).

En Suède, une capsule de sélénium est disposée dans le cercueil, près du visage, pour limiter la toxicité des vapeurs mercurielles. Cette technique est critiquée à l'étranger et semble comporter autant d'avantages que d'inconvénients. La Suède a imposé une nouvelle norme de rejet afin de réduire de 90 % les émanations (Miquel, 2001).

En France, aucune étude n'a été effectuée pour vérifier si les crématoriums respectent la réglementation qui par ailleurs ne prévoit rien sur ce sujet.

Par ailleurs, les moyens techniques et chimiques existent pour réduire les émissions au moins les émissions externes. La chambre de postcombustion, le filtrage et le brûlage des poussières, la captation du mercure par charbon actif, permettent de réduire considérablement les émanations. L'adjonction d'ampoules de sélénium, quoique contestée, est une solution expérimentée en Suède et au Royaume-Uni.

Certaines mesures plus radicales ont également été envisagées, telle l'extraction des dents traitées avant la crémation. Cette solution n'a heureusement jamais été pratiquée (Miquel, 2001).

Nulle alerte donc, mais une sage précaution sur la forme et deux recommandations :

- Le suivi des personnels travaillant dans des crématoriums doit être amélioré et les mesures d'exposition au mercure (par prélèvement de cheveux) doivent être systématisées,

- si les taux de crémation continuent de progresser au rythme de ces dernières années, et si l'amalgame continue à être massivement utilisé, des mesures de limitation des rejets de mercure semblent recommandées. Le choix de la crémation est affaire de conscience et doit bien évidemment rester un choix intimement personnel. Mais le développement de cette technique ne doit pas faire supporter d'éventuels risques par autrui (Miquel, 2001).

L'impact du mercure sur l'environnement et le surplus des déchets mercuriels polluants semblent être les raisons principales pour peut être un jour voir interdire l'utilisation des amalgames au mercure utilisés en odontologie dans la lignée des piles, batteries et thermomètres au mercure.

Des matériaux de substitutions seront donc nécessaires, nous présenterons dans le chapitre suivant les autres matériaux dont nous disposons actuellement.

3. Avantages et inconvénients de l'amalgame par rapport aux autres matériaux de restauration coronaire

Paradoxalement, si l'amalgame dentaire apparaît encore aujourd'hui encore indispensable, son remplacement, au moins dans les pays occidentaux, semble irrémédiable à relativement court terme pour plusieurs raisons (Degrange, 1998).

En effet la dentisterie restauratrice a évolué plus rapidement et plus profondément pendant les 10 dernières années écoulées qu'au cours du demi-siècle précédent. Ce changement profond tient en premier lieu à l'essor, au développement et à la diffusion sur le marché dentaire, de nouvelles technologies et de nouveaux matériaux (Degrange, 1998).

L'essor technologique n'est pas l'unique changement de la dentisterie aujourd'hui. La politique de prévention de la carie menée en France depuis plus de 30 ans, porte actuellement ses fruits. L'évolution de l'indice CAO en France est la preuve de l'efficacité de la démarche. Des lésions carieuses de plus faible volume sont traitées plus précocement et changent les critères décisionnels dans l'approche thérapeutique qui devient plus conservatrice, plus économe en tissus dentaires (Degrange, 1998).

De plus, la demande des patients a également évolué, le patient n'attend plus uniquement la restitution d'une mastication perturbée et la suppression de la douleur. L'esthétique du sourire à un rôle prédominant et prime souvent actuellement sur la demande fonctionnelle (Degrange, 1998).

3.1 Cahier des charges d'un matériau d'obturation coronaire

D'après Degrange (1990), le matériau idéal de restauration des pertes de substances dentaires liées à la carie ou à des pathologies non carieuses n'existe pas encore aujourd'hui.

Un tel matériau doit :

- restaurer les fonctions originelles de la dent (mastication, phonation, sourire) ;

- induire une réponse favorable de l'organe lésé, sans générer par ailleurs d'autres troubles pour le patient ;
- assurer un confort fonctionnel au patient, par suppression de la douleur et de tout désordre consécutif à la perte de substance.

Un tel matériau doit répondre à un cahier des charges qui regroupe principalement des critères d'ordre biologique mais aussi d'ordre chimique, physique et mécanique pour résister à l'endommagement qu'il pourrait subir dans un milieu buccal particulièrement agressif (Degrange, 1990).

Un matériau dentaire doit avant tout être biocompatible.

Selon Exbrayat (1998), la biocompatibilité d'un matériau est « l'ensemble des interrelations entre ce matériau et le milieu environnant, et leurs conséquences biologiques locales ou générales, immédiates ou différées, réversibles ou irréversibles ».

Le matériau ne doit provoquer ni inflammation, ni rejet, ni réaction immunogène ou allergène et ne présenter aucune toxicité pour les tissus.

Les qualités recherchées sont :

- résistances aux contraintes du milieu buccal : modification du pH salivaire, changement brusque de température, résistance aux forces masticatoires ;
- effets biologiques doivent être : soit le plus inerte possible, soit ayant une rémanence positive bactéricide ;
- assurer une étanchéité qui évite toute récurrence de carie, atteinte pulpaire ou sensibilité dentinaire ;
- permettre la restauration d'une morphologie initiale avec des propriétés mécaniques proches de celles de la dent et ainsi restaurer les fonctions originelles (mastication, phonation, sourire) ;
- esthétique ;
- coût acceptable sur le plan de l'économie de la santé.

La sélection d'un matériau à visée thérapeutique doit prendre en compte chronologiquement :

- une évaluation de la pathologie et de son évolution (cario-susceptibilité), des habitudes alimentaires du patient, son degré d'hygiène et de sa motivation ;
- une appréciation des séquelles : volume de la perte de substance et résistance des structures coronaires résiduelles, incidence sur la santé pulpaire ;
- une approche prévisionnelle des conditions des contraintes auxquelles sera soumise la dent restaurée.

A ce titre, il convient de bien situer le problème des biomatériaux alternatifs dans le strict cadre des indications de l'amalgame, à savoir celui du traitement des lésions des dents postérieures (molaires et prémolaires) (Degrange, 1998).

3.2 Les alternatives à l'amalgame

3.2.1 Les résines composites

Les composites sont l'association d'une matrice organique et de charges minérales, organo-minérales ou organiques.

La matrice organique assure la cohésion du matériau. Les charges minérales traitées par des agents de couplages (silanes) pour les lier chimiquement à la matrice (Degrange, 1998).

Les composites ne présentent pas de propriétés adhésives intrinsèques, ils sont donc associés à des systèmes adhésifs.

Il existe actuellement plusieurs classes de composites selon la nature des charges qu'ils contiennent, la taille et le taux de ces charges.

La génération de composites qualifiées de microhybrides présente in vivo et in vitro des performances similaires à celle de l'amalgame en termes de résistance à l'endommagement (Degrange, 1998).

➤ Avantages du composite :

- le composite ne présente pas les risques de l'amalgame lié au mercure ;

- esthétique : mimétisme quasi parfait entre la restauration et les dents adjacentes grâce aux nombreuses couleurs disponibles ;
- adaptés à la micro-dentisterie, ils permettent la préservation des tissus dentaires (la mise de dépouille n'étant pas nécessaire)
- propriétés mécaniques correctes, bonne résistance à la compression et taux d'usure acceptable;
- faible solubilité ;
- bonne aptitude au polissage ;
- Inconvénients des composites
- contraction du matériau (de l'ordre de 2 à 4% en volume) lors de la prise qui engendre un hiatus potentiellement suffisant pour une percolation bactérienne ;
- récurrence carieuse plus fréquente qu'avec un amalgame ;
- rémanence non bactéricide,
- les composants de la matrice (EGDMA ET TEGDMA) favorisent la prolifération de bactéries cariogènes à l'interface restauration-dent (Kalichi et coll., 2004);
- polymérisation incomplète des méthacrylates de l'ordre de 25% à 50% ;
- pouvoir allergisant dû aux méthacrylates non polymérisés ;
- libération de radicaux libres ;
- mise en œuvre opérateur-dépendant ;
- temps de mise en œuvre plus long ;
- mise en œuvre exigeant un milieu sec, le composite n'est donc pas indiqué pour des reconstitutions infra-gingivales et doit toujours être posé sous digue ;

- contre indiqué chez le patient à risque carieux individuel (RCI) élevé ;
- risque de nécroses sous composite qui passent inaperçues : toxicité pulpaire résultant de la polymérisation incomplète ;
- manque de recul clinique sur une technique évolutive ;
- coefficient de dilation thermique différent des structures dentaires ;
- coût élevé.

➤ Indications :

- toutes reconstructions coronaires, quand il y a suffisamment de surfaces amélairees sauf si la limite cervicale est infra gingivale ;
- intolérance aux autres matériaux.

➤ Contre indications :

- patients poly-cariés ;
- limite cervicale infra gingivale ;
- mauvaise hygiène et motivation insuffisante ;
- délabrement trop important.

Le tableau 16 peut être utilisé comme outil décisionnel entre amalgame et composite.

Facteurs	Composite	Amalgame
Position de la dent	<ul style="list-style-type: none"> - Dent visible - Force masticatoire faible (prémolaires) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dent peu visible - Force masticatoire forte (molaire)
Lésion	<ul style="list-style-type: none"> - Lésion primaire - Petite lésion - Peu de contacts entre les dents supérieures et inférieures - Présence d'émail périphérique - Isolation parfaite de la dent au moment de la pose 	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacement d'anciens amalgames - Lésion étendue - Contacts importants entre dents supérieures et inférieures - Peu d'émail périphérique - Isolation difficile de la dent au moment de la pose
Patient	<ul style="list-style-type: none"> - Hygiène soignée - Souhait d'esthétique 	<ul style="list-style-type: none"> - Carie active - Hygiène faible - Non motivé par esthétique
Praticien	<ul style="list-style-type: none"> - Rigueur et savoir-faire - Disponibilité en temps 	<ul style="list-style-type: none"> - Inexpérience des techniques adhésives - Peu de disponibilité en temps

Tableau 16 : critères de choix du matériau d'obturation (d'après Raskin et Vreven, 1996).

3.2.2 Les ciments verres ionomères (CVI)

Les ciments verres-ionomères sont apparus dans les années 1970 peu après la commercialisation élargie des résines composites (Degrange, 1998).

Les verres-ionomères ou polyalkénoates de verres et dérivés sont composés d'une poudre et d'un liquide à mélanger. La poudre étant un verre contenant du sodium, du calcium, de l'alumine, du fluor et de la silice. Le liquide est composé d'acide polyacrylique et d'acide tartrique.

La réaction de prise observée est de type acide-base. La force d'attraction initiale entre un tissu dur dentaire taillé et un ciment verre-ionomère récemment mis en place découlera essentiellement de l'attraction liée aux liaisons faibles de l'hydrogène. Il existe des CVI auto- et/ou photo-polymérisables qui existent en capsules pré-dosées.

Depuis 1970, leurs propriétés mécaniques ont augmenté, surtout avec l'incorporation de composés métalliques, comme l'argent pour les cermets, cependant elles sont encore insuffisantes pour prétendre au remplacement de l'amalgame (Degrange, 1998).

➤ Avantages des ciments verres-ionomères :

- propriétés intrinsèques d'adhésion à la dentine ;
- libération de fluor : effet prophylactique ;
- tolérance à l'humidité lors de la pose;
- technique de pose facile et rapide ;
- peu de risque de sensibilités postopératoires ;
- dilatométrie adaptée à celle des tissus dentaires.

➤ Inconvénients des ciments verres-ionomères :

- propriétés mécaniques faibles ;
- propriétés optiques moins bonnes que celles des composites.

➤ Le CVI est utilisé principalement :

- en obturation provisoire ;
- en technique sandwich ;
- en odontologie pédiatrique (les petites cavités occlusales ou occluso-proximales chez l'enfant) ;
- chez les patients souffrant d'hyposialie : irradiés, sous traitement antidépresseur et les personnes âgées.
- pour les reconstitutions coronaires pré-prothétiques sur des dents pulpées faiblement délabrées ;
- pour les reconstitutions pré-endodontiques pour mise en place de la digue.

3.2.3 Les compomères

Les compomères ont actuellement quasiment disparu du marché des matériaux dentaires.

3.2.4 L'amalgame au gallium

Les amalgames au gallium sont des matériaux plastiques à l'insertion comme les amalgames au mercure. L'idée de substituer le mercure, dans la composition de l'amalgame, par le gallium fut suggérée dès 1928 (Degrange, 1998).

Le gallium est un métal avec une structure atomique et des caractéristiques physico-chimiques semblables au mercure. Son point de fusion est de 29°C et il peut s'amalgame avec les mêmes autres métaux que le mercure. Cependant, ces alliages à base de gallium (certains ont été commercialisés) ne donnent pas satisfaction sur le plan clinique :

- difficulté de manipulation en phase plastique car ce matériau est très collant ; il nécessite d'utiliser des instruments en Téflon® (Conso et coll., 1998).
- taux d'expansion au durcissement supérieur à celui de l'amalgame : risque de fractures des parois résiduelles (Conso et coll., 1998) ;

- travail exclusivement sous digue car une contamination salivaire augmente l'expansion de prise ;
- nécessité de sceller l'amalgame avec une résine hydrophobe pour prévenir des risques de fracture due à une expansion excessive, et pour prévenir de sensibilités postopératoires (Degrange, 1998).
- fort potentiel de corrosion (Blair et coll., 1995) ;
- biocompatibilité plus qu'incertaine en raison du potentiel cytotoxique du gallium ;
- Coût de fabrication 16 fois plus important que l'amalgame au mercure pour un remboursement identique par les caisses d'assurance maladie (Eley, 1997).

Les essais des amalgames au gallium n'ont pas été concluants. En effet, d'après une étude de Navaro et coll. (1996), l'amalgame au gallium est 4 fois plus corrodable que l'amalgame. En 8 mois, toutes les restaurations au gallium montrent des changements de couleur et un aspect de surface détérioré ce qui peut entraîner la fracture des crêtes marginales (Osborne, 1991).

3.2.5 Les céramiques

Les céramiques dentaires, feldspathiques ou non, sont employées uniquement en technique indirecte. Une empreinte de la cavité coronaire est effectuée, la restauration de la perte de substance est élaborée au laboratoire de prothèse. La pièce prothétique est ensuite collée par le chirurgien dentiste (Degrange M., 1998).

Les céramiques sont constituées principalement d'oxydes et sont uniquement employées en technique indirecte. Elles ont une grande inertie chimique qui leurs confèrent une excellente tolérance biologique.

Leur essor actuel, malgré un cout élevé, est lié à leurs exceptionnelles propriétés optiques et au renforcement que leur procure le collage (Degrange M., 1998).

➤ Avantages des céramiques :

- propriétés optiques excellentes;

- bonne tolérance parodontale, état de surface peu rétentif pour la plaque dentaire.
- Inconvénients des céramiques :
 - fragilité ;
 - le coût incompatible avec une politique de santé publique ;
 - scellées avec des résines composites, ce qui pose de nouveau le problème de tolérance biologique des polymères contenus dans les adhésifs et le problème du collage ;
 - cavité de dépouille délabrante.
- Indications des inlays/ onlays céramiques
 - cavités occlusales ;
 - cavités occluso-proximales ;
 - cavités complexes avec ou sans recouvrement cuspidien ;
 - allergie à un métal ;
 - restauration des dents antagonistes déjà en céramique ;
 - dents où la préparation rétentive est difficile.
- Contre indications
 - patients non motivés ou présentant une hygiène inadéquate ou une cario-susceptibilité élevée ;
 - patients présentant des para-fonctions (bruxisme) ou une occlusion traumatogène ;
 - cavités dont les limites sont sous-gingivales ;
 - dents ayant comme antagonistes des restaurations étendues en résine ;

- patients chez lesquels on est dans l'impossibilité de réaliser un bon contrôle du champ opératoire, rendant le collage impossible.

3.2.6 Les inlays métalliques

Ce sont des restaurations métalliques coulées ou usinée (CFAO) réalisées par la technique indirecte. Elles sont généralement confectionnées en alliages précieux à bas d'or, mais peuvent être obtenus aussi à partir d'alliages non précieux (bases Ti, Ni, Co), (Degrange, 1998).

Les inlays métalliques en alliages à base d'or ont été longtemps considérés par les praticiens comme le mode de restauration de référence en terme de qualité et de longévité (Maryniuk, 1986). Toute les évaluations cliniques s'accordent à reconnaître les inlays/onlays en or comme les modes d'obturation les plus fiables.

Ses inconvénients sont le prix, incompatible avec une odontologie sociale, et de possibles réactions allergiques (Conso et coll., 1998).

Jokstad et coll. (1994) ont établi la longévité des matériaux de restauration en mesurant leur médiane de vie. Pour les inlays en or la médiane de vie serait de 20 ans, contre 12-14 ans pour les obturations amalgames et 7-8 ans pour les obturations composites.

Ces données permettent de relativiser le cout immédiat élevé des restaurations métalliques coulées qui s'avèrent donc, aujourd'hui encore, comme la référence en terme de longévité.

3.3 Tableau comparatif des caractéristiques des biomatériaux indiqués pour l'obturation de cavités occlusales ou occluso-proximales.

Il nous a semblé intéressant de présenter ci-après deux tableaux permettant de résumer les principaux avantages et inconvénients des matériaux d'obturation actuels.

	Mise en œuvre et temps de mise en œuvre	Reconstitution du point de contact	Esthétique	Coût pour le praticien et coût pour le patient	Longévité
Amalgame au mercure	Simple et Rapide	Assez facile	Mauvaise	Faible /Faible	Bonne
Composite	Délicat et Long	Difficile	Très bonne	Moyen / Faible	Correcte
Ciment Verre Ionomère	Simple et Rapide	Difficile	Moyenne	Moyen / Faible	Très faible
Compomère	Délicat et Long	Difficile	Bonne	Moyen / Faible	Faible
Amalgame au gallium	Délicat et Rapide	Assez difficile	Mauvaise	Mauvaise	Assez bonne
Inlay céramique	Délicat 2 séances	Très facile	Excellente	Très Important / Très important	Très bonne
Inlay métallique	Simple 2 séances	Très facile	Mauvaise	Important / Important	Très bonne

Tableau 17 : Comparaison des biomatériaux indiqués pour l'obturation des cavités occlusales ou occluso-proximales (Megly 2007).

	Economie tissulaire	Réalisation de la morphologie occlusale
Amalgame au mercure	Mauvaise	Correcte
Composite	Bonne	Moyenne
Ciment verre ionomère	Bonne	Non
Compomère	Bonne	Moyenne
Amalgame au gallium	Mauvaise	-
Inlay céramique	Moyenne	Excellente
Inlay métallique	Moyenne	Excellente

Tableau 18 : Comparaison des biomatériaux indiqués pour l'obturation des cavités occlusales ou occluso-proximales.

Il n'existe pas encore aujourd'hui de biomatériaux alternatifs à l'amalgame dans un certain nombre de situations cliniques. Pour le professeur Pierre Colon (Miquel, 2001) : « le recours aux composites en cas de multi-caries ou de caries récidivistes peut même être considéré comme une faute professionnelle », cette citation résume la situation actuelle : les résines composites micro-hybrides représentent aujourd'hui la seule alternative potentiellement crédible mais des progrès sont néanmoins à faire.

3.4 Toxicité des biomatériaux de restauration coronaire.

3.4.1 Les amalgames au mercure.

Cf. partie 2.

3.4.2 Les résines composites.

On ne dispose d'aucune étude statistique rapportant les incidents et accidents dus aux résines composites. Ceci est dû en grande partie au fait que ces produits quoique récents (mis sur le marché depuis 40 ans) par rapport à l'amalgame d'argent, ont constamment évolué dans le sens d'une amélioration. Elles ne restent stables dans leur compositions et les stratégies qui en découlent, que sur des périodes allant de 2 à 4 ans. Ceci est dû d'abord à de véritables progrès quant à leur composition chimique et leurs performances, mais aussi à des impératifs de promotion de vente qui n'ont rien à voir avec des problèmes de santé publique. De ce fait les évaluations effectuées sur un produit auraient risqué de concerner un biomatériau très rapidement obsolète et certainement dépassé par une nouvelle gamme de produits avant même la publication de l'étude. Nous ne disposons donc seulement que de peu d'études sérieuses relatives à l'altération possible de la vitalité pulpaire, de réaction toxique de voisinage ou allergique. Il est cependant clair que la pratique quotidienne fait constater des mortifications pulpaires, liées ou non à la présence du précédent composite ou bien des récurrences de carie sous des obturations, apparemment, peu étanches (Goldberg, 1998 (b)).

De plus, on sait qu'il existe des réactions dermatologiques induites par l'activité professionnelle chez les chirurgiens dentistes. Muksgaard et coll. (1996) estiment à 2% les allergies professionnelles dues aux di-méthacrylates. Les composants mis en causes sont le méthylméthacrylate (MMA), le 2-hydroxyéthylméthacrylate (HEMA), et/ou le tri- ou di-éthylèneglycol-diméthacrylate (TEGDMA et EGDMA) qui sont contenus dans les résines composites et les agents de collages de ces résines. Sur une population de 601 chirurgiens dentistes, 146 rapportaient des réactions aux di-méthacrylates, alors que les réactions aux métaux étaient seulement de 51 et celles relatives à l'amalgame de 5.

D'après une étude réalisée par Khamaysi et coll. en 2006 sur des patients ayant des manifestations orales tels que des chéilites, des lichens plans buccaux et des granulomes oro-faciaux, l'allergène le plus fréquent est l'HEMA après les sels métalliques (Khamaysi et coll., 2006).

Néanmoins, nulle étude n'a permis de chiffrer la réelle incidence des composites in vivo. Nous savons tout de même que les monomères non polymérisés des résines ont une action cytotoxique sur les cellules pulpaires (Goldberg, 1998 (b)).

L'étude de Gueurtsen en 1999 a évalué in vitro la cytotoxicité de 35 monomères et additifs de différentes résines composites. La cytotoxicité a été évaluée de modérée à sévère et plus particulièrement sur les fibroblastes pulpaires et les cellules desmodontales (Gueurtsen, 1999).

De plus, il apparaît que les résines ne sont pas cariostatiques, bien au contraire. Une étude, portant sur les effets des monomères libres des résines composites (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, EGDMA) sur les colonies de micro-organismes cariogènes, montre que le EGDMA et le TEGDMA favorisent la prolifération de *S. sobrinus*, et de *I. acidophilus*, de *S. mutans*, de *S. salivarius* ; or ces micro-organismes sont à l'origine de la lésion carieuse (Khalichi et coll., 2004). Il va de soi que, dans ces conditions, la récurrence de carie est favorisée par l'obturation au lieu de l'empêcher.

Les seules données dont nous disposons concernent les sensibilités postopératoires après la mise en place de composites comparées à celles des amalgames d'argent. Il ressort de cette étude que les sensibilités sont réduites de 3% après une période de 12 mois, et qu'il n'existe pas de différence apparente entre résines et amalgames (Bayne, 1992). Cependant, aucune étude systématique ne permet de discriminer entre la mort silencieuse de la pulpe par apoptose, qui est observée au cours des expérimentations animales et la disparition des symptômes (Goldberg et coll., 1998).

De même qu'avec l'amalgame d'argent, des réactions de type lichénoïdes ont été mises en évidence au voisinage de résines composites. Ces pathologies peuvent être dues soit à une sensibilité au formaldéhyde, soit au matériau composite lui-même, ou encore à la plaque bactérienne qui s'est accumulée à la surface. En effet, le composite présente une surface rugueuse même après un polissage soigneux ce qui augmente la rétention de plaque (Mongkolnam, 1992 ; Khamaysi et coll., 2006).

Les données relatives à la mutagénicité établie in vitro sur des composants isolés des résines et à la libération possible de composants de type œstrogène constituent autant d'études de laboratoire, sans relation apparente avec la situation clinique (Goldberg, 1998 (b)).

Molécule	Sigle	Fonction
Bis glycidyl ether de bis phénol A	BGE-BPA	précurseur
glycidyl methacrylate de bis phénol A	Bis-GMA	Oligomère majeur
Bis Phénol A	BPA	Précurseur
Camphoroquinone	camp	Photo-absorbant
Ethoxy Phénol A diméthacrylate	E-BPA	Précurseur
Glycidil Méthacrylate	GMA	Précurseur
1,6 Hexane diol Dimethacrylate	HDDM	Monomère
N,yN Dihydroxyethyl-p-toluidine	DHEpT	Accélérateur
N,N Diméthylaminoethyl Methacrylate	DMAEM	Accélérateur
Diméthacrylate triéthylene glycol	TEGDMA diluente	Oligomère
Diméthacrylate Uréthane	UDMA	Oligomère majeur
Methylhydroquinone		Inhibiteur
2-hydroxy-4-methoxy benzophenones		Absorbeur d'UV
2-hydroxyéthylméthacrylate	HEMA	Monomère

Tableau 19 : composants de résines composites susceptibles d'exercer une action cytotoxique sur des cultures cellulaires (d'après Hanks et coll., 1991).

3.4.2 Les ciments verre ionomères (CVI).

Un autre groupe de biomatériaux tend à prendre une place importante parmi les produits de substitution à l'amalgame d'argent : il s'agit des CVI. Leur intérêt majeur réside en la libération de fluorures, donc dans leur pouvoir en théorie bactériostatique (Goldberg, 1998 (b)). Cela étant, on sait que cette libération d'ions F^- est relativement restreinte dans le temps.

Ces produits sont en pleine mutation. L'incorporation de résines augmente leurs propriétés mécaniques, accroît leur pouvoir d'adhésion si on les combine avec des adhésifs, mais risque de diminuer, voir même de supprimer, leur pouvoir de fluoruration locale, donc de contrôle de la plaque.

Le contact direct in vivo entre CVI et la pulpe entraîne une nécrose (Paterson et Watts, 1987).

In vitro selon Kan et coll. (1997), ils peuvent combiner les effets dus à la toxicité en rapport avec la libération de fluorures caractéristique des CVI et les effets cytotoxiques dus à l'emploi de résines présentes dans les CVI modifiés par l'adjonction de résine (CVIMAR).

Une étude récente in vivo sur des pulpes de molaire de rat a démontré une relative bonne tolérance quand le CVI est placé à une distance raisonnable de la pulpe. Cependant sur une gamme de plusieurs CVI, certains se sont montrés plus agressifs que d'autres (Goldberg et coll., 1998).

Les réactions allergiques n'ont encore pas fait l'objet de publications. On peut prédire cependant que l'évolution actuelle des CVI vers les CVIMAR entrainera les mêmes problèmes d'allergie et de cytotoxicité que l'on peut prévoir avec les résines composites, la différence essentielle résidant en la diffusion de fluorures, donc sur l'action cariostatique des CVI sur les tissus dentaires et sur la plaque bactérienne adhérent à la dent (Goldberg, 1998 (b)).

4. Recommandations officielles.

4.1 Rapport du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) (1998).

Le texte suivant est issu du rapport du CSHPF rédigé suite à la séance du 19 mai 1998.

Les amalgames dentaires à base de mercure et d'argent constituent des matériaux d'obturation utilisés pour le traitement des lésions carieuses depuis plus de 150 ans. Il s'agit de dispositifs médicaux dont l'efficacité thérapeutique (en particulier, l'action bactéricide) est démontrée.

Dans certaines indications ces matériaux sont actuellement irremplaçables. Les amalgames ont fait l'objet de nombreux travaux notamment pour évaluer leur toxicité car ils sont accusés périodiquement d'être à l'origine de divers troubles.

Les amalgames dentaires libèrent, en effet, de faibles quantités de mercure qui sont partiellement absorbées. La dose quotidienne absorbée est généralement inférieure à 5 µg. D'une manière générale, l'apport de mercure lié à l'amalgame en bouche est insuffisant pour produire des effets pathologiques dose-dépendants.

La seule pathologie très probable liée aux amalgames dentaires est la survenue de rares réactions locales lichénoïdes, souvent associée à une sensibilisation au mercure. Toutefois, ces lésions peuvent également être observées avec d'autres types de matériaux.

Certains effets toxiques systémiques ont été observés indépendamment de la dose, après exposition professionnelle au mercure; c'est le cas, en particulier, des atteintes rénales glomérulaires de mécanisme immunotoxique. De ce fait on ne peut exclure qu'ils puissent être observés chez les porteurs d'amalgames, mais de tels faits n'ont pas été rapportés dans la littérature scientifique.

Par ailleurs, du fait des quantités de mercure manipulées dans les cabinets dentaires, des recommandations pour les professionnels eux-mêmes doivent être rappelées. De plus, des dispositions réglementaires viennent d'être prises pour limiter les rejets de mercure dans l'environnement.

Les biomatériaux de substitution restent actuellement plus complexes et plus coûteux à mettre en œuvre avec une longévité moindre et une biocompatibilité qui n'est pas supérieure à celle de l'amalgame. Cependant, dans ce domaine, les progrès technologiques sont très rapides (améliorations des caractéristiques mécaniques, d'adhérence, de durabilité et de biocompatibilité).

➤ Le Conseil recommande pour les patients:

Etant donné l'évaluation du rapport bénéfice/risque réalisée à partir des données disponibles, l'interdiction des obturations à base d'amalgame ne se justifie pas, non plus que leur retrait systématique. Il importe cependant de rappeler un certain nombre de précautions d'emploi:

1- les amalgames de nouvelle génération qui ont des performances et une longévité supérieure à celle des amalgames traditionnels et qui relarguent moins d'ions métalliques, doivent être utilisés au lieu des amalgames traditionnels. Ils doivent de plus être utilisés sous un conditionnement en capsules pré-dosées.

2- en cas de forte prévalence carieuse et de lésions étendues chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte jeune, l'amalgame reste le matériau le mieux adapté. Dans les cas de petites lésions, les techniques adhésives, dépourvues de mercure et mettant en œuvre des biomatériaux dédiés à cette technique, trouvent leur indication.

3- des lésions lichénoïdes observées, parfois, au voisinage d'un amalgame peuvent témoigner d'une intolérance au mercure. Cette intolérance, correctement documentée, justifie la dépose de l'obturation.

4- il ne faut pas placer des amalgames dentaires au voisinage d'autres restaurations métalliques, afin d'éviter tout risque de corrosion.

5- le fraisage et le polissage de l'amalgame entraînant une volatilisation du mercure, doivent toujours être réalisés sous refroidissement, aspiration et champ opératoire.

6- la pose et la dépose d'amalgame augmentant sensiblement la libération de mercure, il est prudent de les éviter pendant la grossesse et l'allaitement.

7- la mastication de gomme à mâcher augmente transitoirement la libération de mercure par les amalgames. Leur consommation fréquente doit être évitée par les porteurs de nombreux amalgames.

➤ Le Conseil recommande pour les professionnels :

Afin de limiter au maximum la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires, il faut :

1- Informer les professionnels et leurs employés de la toxicité du mercure et de la nécessité de respecter les règles d'hygiène et les bonnes pratiques.

2- utiliser les nouveaux amalgames en capsules pré-dosées, afin de limiter tout risque de contamination. Les capsules d'amalgames doivent être stockées dans un endroit frais et ventilé.

3- travailler dans les locaux ventilés ; le cabinet doit être aéré plusieurs fois dans la journée. S'il y a un dispositif de climatisation avec filtrage d'air, il faut respecter les consignes du fabricant pour l'entretien régulier des filtres.

4- proscrire tapis, moquettes, rideaux et tissus muraux dont la décontamination est impossible.

5- condenser l'amalgame par les moyens classique (fouloir) et ne pas utiliser de condensateur à ultrasons afin d'éviter la formation d'aérosols.

Il est vivement conseillé aux professionnels de s'équiper rapidement d'un séparateur d'amalgame, l'arrêté du 30 mars 1998, relatif à l'élimination des déchets d'amalgame issus des cabinets dentaires, rendant obligatoire la récupération de l'ensemble des déchets d'amalgame dans un délai de 3 ans.

➤ Le Conseil recommande aux pouvoirs publics :

1- bien que plusieurs études aient montré une diminution de la prévalence des caries, il est nécessaire de poursuivre et d'intensifier une politique de prévention de la carie dentaire. Les données scientifiques font apparaître que plus de 80% des lésions carieuses peuvent être évitées.

2- comme pour toute démarche thérapeutique, il est souhaitable d'apporter une information claire et objective au public et aux professionnels sur l'amalgame dentaire. A cet effet, des documents nationaux devraient être réalisés et largement diffusés.

3- il convient de développer des études afin d'évaluer le rôle éventuel de la présence d'amalgames dans diverse pathologies telles que certaines formes de néphropathies glomérulaires et les réactions d'intolérance

locale. Des investigations sont à mener auprès des professionnels également.

4- des stratégies d'innovation, de développement et d'évaluation des biomatériaux de substitution devraient être soutenues conjointement avec l'industrie et les organismes de recherche scientifique.

5- il est nécessaire d'étudier l'opportunité de soumettre les matériaux d'obturation à un régime d'autorisation préalable à leur mise sur le marché. De même, il convient de mettre en place une traçabilité continue de ces matériaux jusqu'au patient, dans le cadre du système de matériovigilance.

4.2 Position du conseil national de l'ordre des chirurgiens dentistes (ONCD)

A la suite des démêlés médiatiques qui se sont produits autour de l'amalgame, le Conseil National de l'Ordre des Chirurgiens-dentistes a constitué une commission d'enquête (dont le professeur Marc Panighi était membre) qui a rendu ses conclusions le 9 novembre 1998. (Conso et coll., 1998).

Nous livrons ci-dessous les recommandations de l'enquête.

➤ **Recommandations générales :**

- L'amalgame dentaire, comme tout alliage, est donc susceptible de se dégrader par corrosion et de rejeter l'un ou l'autre de ses composants dans de faibles proportions mesurables. Cependant, l'analyse détaillée de la littérature scientifique ne montre pas pour ce composé d'effets secondaires nocifs pour l'organisme humain, à l'exception de rares cas d'allergie et de réactions locales de type lichénoïde. Seuls ces cas typiques, lorsqu'ils sont avérés, nécessitent le retrait des amalgames et leur remplacement par d'autres matériaux.

- L'aspect le plus important du matériau est que les praticiens ne le disséminent pas dans la nature et ne se muent pas en pollueurs inconscients. L'arrêté du 30 mars 1998 impose à tout cabinet dentaire le ramassage par des sociétés spécialisées des déchets d'amalgame durcis. Pour les effluents liquides, les retenues sont effectuées avec des dispositifs installés au plus tard le 30 mars 2001, pour les équipements anciens. Il s'agit d'un séparateur monté sur l'équipement qui doit absorber au moins 95% de l'amalgame contenu dans les eaux usées.

- Il ne faut pas perdre de vue, par ailleurs, que les surplus secs d'amalgame laissés à l'air libre libèrent des vapeurs de mercure. Immerger ces déchets dans de l'eau ne suffit pas, parce qu'au bout de 8 jours d'immersion la concentration de vapeurs de mercure est la même pour les résidus secs qu'immergés (Haller et coll., 1987). Pour réduire fortement ces émissions, les débris d'amalgame peuvent être plongés dans du fixateur radiographique, neuf ou usé, ou du permanganate de potassium.

- Il semble désirable, comme le préconise d'ailleurs le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, de réaliser une étude épidémiologique rigoureuse et de grande envergure afin d'analyser sur un très grand nombre d'individus la prévalence des intolérances à l'amalgame : signes toxiques, réactions lichénoïdes.

- Les matériaux d'obturation dentaires devraient subir une autorisation de mise sur le marché au même titre que les médicaments. Une telle disposition permettrait de ne conserver à la vente que les amalgames ne développant pas de phase γ_2 sous une forme de capsules pré dosées étanches. Ce qui autoriserait la suppression des amalgames en vrac et des amalgamateurs qui occasionnent des émissions de vapeurs de mercure et permettent aisément des surdosages de mercure dans l'alliage.

➤ Recommandations pour le praticien :

Dans un souci de minimiser les altérations des amalgames dentaires dans l'environnement buccal et de limiter la pollution de l'environnement par des rejets non contrôlés, des précautions s'imposent :

1°- A la lumière de tout ce qui précède, il est nécessaire de donner au patient une information claire, précise et objective sur le type d'obturation que le praticien envisage de lui poser.

2°- le praticien dentaire a le devoir de s'enquérir d'une quelconque contre-indication médicale au mercure ou à un autre composant de l'amalgame dentaire.

3°- le praticien doit avoir le souci de travailler dans des locaux correctement ventilés et pour cela au moins une aération quotidienne fenêtres ouvertes est obligatoire. En cas d'air recyclé, il doit changer les filtres fréquemment.

4°- il faut prévoir un environnement de travail facile à décontaminer. Les surfaces doivent être commodes à nettoyer : des murs lessivables, pas de moquettes ou de parquet à interstices au sol, proscrire les tapis dans les salles de travail.

5°-il convient de surveiller toute échappée de mercure sur les surfaces : éliminer le mercure et les alliages en vrac, ne pas ouvrir de capsules pré-dosées avant trituration.

6°- pour éviter d'utiliser des amalgames contenant la phase γ_2 , le praticien doit se servir des amalgames HCSC (ternaire monophasé à haute teneur en cuivre) en capsules pré-dosées étanches.

7°- il faut éviter de se servir de peaux chamoisées pour extirper le mercure de l'amalgame trituré. Le dosage en capsule est devenu suffisamment précis pour employer l'amalgame tel quel au sortir de la capsule.

8°- la condensation de l'amalgame dans la cavité doit se faire uniquement manuellement ou mécaniquement (vitesse comprise entre 2000 et 3000 tours/min). Il ne faut jamais utiliser d'ultrasons ; ils vaporisent le mercure des alliages.

9°- sur le même plan, pour éviter des vapeurs de mercure lors du polissage ou de la dépose d'amalgames, il est nécessaire de travailler sous pulvérisation abondante d'eau avec une aspiration haute vélocité. Le travail sous digue est préférable.

10°- enfin, pour limiter le plus possible la corrosion de l'alliage, il est impératif, d'une part, de ne pas mettre les amalgames en contact avec un autre alliage, et d'autre part, de polir de façon différée l'obturation.

Le Conseil National de l'Ordre, conscient du surcroît de travail et des dépenses imposés par de telles recommandations, s'engage à aider les praticiens pour le faire savoir aux pouvoirs publics. En effet, le surcroît occasionné par la mise en œuvre de ces recommandations, auxquelles s'ajoutent le prix des matériaux et le recours fréquent d'un travail à quatre mains, n'est pas concevable en pratique courante avec les cotations et donc les rémunérations actuelles.

➤ Recommandations de veille sanitaire :

Toute évaluation de risque a pour but de déterminer la probabilité de survenue d'un danger (ici d'un effet toxique) dans des conditions définies d'exposition.

La notion d'incertitude est inhérente à la notion de risque. L'évaluation des risques d'intoxication mercurielle en relation avec la présence d'amalgame dentaire n'échappe pas à cette règle.

Cette évaluation repose, comme il a été précisé, sur l'ensemble des données toxicologiques, bio-métrologiques, cliniques et épidémiologiques disponibles à un moment donné, ce qui ne préjuge pas de la nécessité d'une réévaluation lorsque de nouvelles données seront disponibles. Dans l'état actuel des connaissances, un certain nombre de recommandations peuvent être proposées.

Comme pour toute gestion de question de santé publique, il est hautement souhaitable qu'une information précise soit donnée aux patients et qu'une collecte systématique des données cliniques soit organisée au plan national. La profession des chirurgiens-dentistes doit être fortement impliquée dans ces deux démarches.

➤ Information aux patients

Le patient attend de son praticien une information complète sur les risques potentiels pour sa santé des amalgames dentaires.

Ceci suppose que le praticien dispose lui-même d'un document complet, support à l'information, document qui pourrait être utilement rédigé, à partir des recommandations des autorités sanitaires (Conseil supérieur d'hygiène publique de France) par des professionnels de la communication et de l'évaluation du risque sous l'égide du Conseil National de l'Ordre des chirurgiens-dentistes.

Il serait par ailleurs souhaitable que les médecins généralistes soient également destinataires du document afin de permettre la gestion commune des cas particuliers (femmes enceintes, porteurs d'affections rénales ou d'antécédents allergiques).

➤ Collecte des données médicales

La collecte des données médicales et leur remontée aux autorités sanitaires obéissent aux objectifs de la loi du 1er juillet 1998 sur le dispositif national de veille sanitaire. Cette collecte doit reposer sur un

recueil systématisé des informations dentaires et médicales selon un protocole qui pourrait être établi en collaboration entre la commission des thérapeutiques et de pharmacovigilance du conseil national de l'Ordre des chirurgiens-dentistes et le ministère chargé de la santé.

Les patients exprimant des plaintes pourraient être dirigés, après examen dentaire, vers les centres antipoison ou les services de pathologie professionnelle participant au système national de toxico-vigilance.

4.3 Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques (OPECST) (2001)

Cette partie est extraite d'une étude rapportée en 2001 par le sénateur Gérard Miquel sur « Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé ». Ce rapport fait suite à une saisine de l'Assemblée Nationale sur les dangers pour la santé découlant de la présence de mercure dans les amalgames dentaires.

➤ Toxicité réelle des amalgames ?

Pour la majorité des études scientifiques internationales, aucun lien direct n'ayant pu être établi entre l'amalgame et les troubles neurologiques ou néphrologiques des patients soignés à l'amalgame dentaire.

➤ Les matériaux de substitution

Le composite a comme avantage d'être esthétique, de plus au niveau médical ce matériau est intéressant car il permet d'être économe en tissu sain. Il présente aussi des inconvénients majeurs, il favorise plus facilement la reprise de carie et sa mise en place est très exigeante pour le praticien. Enfin il y a un manque de recul clinique qui ne nous permet pas d'apprécier tous les caractères de ce matériau.

Il serait dangereux que de préconiser la dépose systématique d'amalgame pour les remplacer pas des composites, dans la mesure où les risques de dégagement mercuriel sont maximum au moment de la pose et surtout de la dépose des anciens amalgames.

La céramique est reconnue aujourd'hui comme le matériau le plus inerte pour les restaurations dentaires et d'une durée inégalée, mais son inconvénient majeur est son coût.

➤ Les déchets d'amalgame

Les quantités de mercure dans la bouche des français ont été estimées à 100 tonnes et les déchets mercuriels entre 15 et 20 tonnes.

La mise en place des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires s'est faite beaucoup moins rapidement que ce qui était prévu et les collectes se sont avérées décevantes.

Les rejets mercuriels issus de l'incinération sont une problématique à prendre en compte en France dorénavant. En effet, la Suède évalue les rejets de mercure liés aux crémations à 280 kilos/an soit près d'un tiers du total des émissions de mercure du pays. Les difficultés du recyclage ont été mises en avant.

Les recommandations complémentaires de l'OPECST

➤ Pour les patients

- 80 % des caries peuvent être évitées par la seule hygiène dentaire. L'OPECST rappelle donc l'importance de la prévention à tout âge. Celle-ci est basée sur une sensibilisation des bonnes et des mauvaises habitudes alimentaires et un suivi annuel chez le dentiste.
- le composite est le matériau de prédilection pour les lésions initiales de petits volumes.

➤ Pour les praticiens

- Gérard Miquel considère qu'avant toute chose « c'est la raison qui doit l'emporter. ».
- Attention à ne pas privilégier systématiquement le composite qui a aussi des inconvénients.
- déposer des amalgames n'est pas conseillé si l'indication n'est pas posée.
- un entretien préalable avec le patient afin d'évaluer les contre-indications du biomatériau est obligatoire avant la pose. Cet entretien doit être axé sur l'écoute, la compréhension et l'information.
- les risques mercuriels devraient être enseignés dans les universités. Le rôle du polissage, rarement opéré par les chirurgiens dentistes,

est souvent minimisé. Il devrait être normalement fait au plus tôt un jour après la pose.

- il est fortement recommandé que les autorités régulatrices rappellent régulièrement les règles professionnelles élémentaires.

L'OPESCT recommande une amélioration du suivi des amalgames passant par une formation universitaire de gestion administrative et comptable des stocks.

➤ Pour les pouvoirs publics

- Les recherches méritent d'être poursuivies dans trois domaines : les patients à risques, les matériaux alternatifs à l'amalgame d'argent, les aspects sociaux et financiers.
- une cellule d'information destinée aux praticiens visant à établir des procédures liées au contrôle de l'air dans les cabinets et aux différents aspects du débat amalgames versus composites devrait être mise en place.
- une révision de la tarification devrait être envisagée. Actuellement, la tarification de l'obturation d'une carie est la même quelque soit le matériau utilisé. Une piste de réflexion consisterait à différencier les remboursements avec une diminution de la prise en charge de la pose d'amalgame, complétée par un remboursement du polissage, les deux opérations (pose et polissage) étant remboursées au même tarif que le composite.
- il faudrait optimiser la traçabilité dans la collecte des déchets d'amalgame et réfléchir au problème de l'incinération.

4.4 Rapport de l'académie nationale de médecine 2003 (ANM).

Ce paragraphe est extrait du rapport en date du 1er avril 2004, relatif à la toxicité des amalgames dentaires au mercure, réalisé par la commission II Thérapeutique -Pharmacologie - Toxicologie (Boudène, 2003).

➤ Recommandations pour les patients

-Étant donné l'évaluation favorable du rapport bénéfice/risque en rapport avec les progrès réalisés dans la composition des amalgames actuellement sur le marché,

-l'interdiction de leur emploi ne se justifie pas, non plus que leur retrait systématique en bouche ;

- en cas de forte prévalence carieuse et de lésions étendues chez l'enfant, l'adolescent, et le jeune adulte, l'amalgame reste le matériau le mieux adapté ;
- l'observation de lésions lichénoïdes peut témoigner d'une intolérance au mercure justifiant la dépose de l'amalgame.

➤ **Recommandations pour les professionnels**

- Les amalgames de nouvelle génération (dits non-gamma 2) doivent être exclusivement utilisés ;
- utiliser ces nouveaux amalgames sous un conditionnement en capsules pré-dosées, et proscrire, pour leur pose, l'emploi d'un condenseur à ultrasons afin d'éviter la formation d'aérosols favorisant la dispersion de mercure dans l'atmosphère ;
- éviter la pose et la dépose d'un amalgame pendant la grossesse et l'allaitement ;
- ne pas poser un amalgame au voisinage d'autres restaurations métalliques ;
- effectuer le fraisage et le polissage d'un amalgame sous refroidissement, aspiration, et champ opératoire ;
- récupérer les déchets d'amalgame par la pose d'un séparateur, rendue obligatoire, sous un délai de trois ans, par l'arrêté du 30 mars 1998.

4.5. Rapport de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) 2005.

Concernant les risques liés au mercure en général, l'AFSSAPS, dans son avis du 21 octobre 2002, a recommandé de consommer du poisson au moins deux fois par semaine en précisant toutefois que « compte tenu de la sensibilité particulière du système nerveux central à l'action toxique du méthylmercure durant le développement du fœtus [...], il peut être recommandé aux femmes enceintes ou allaitantes, ainsi qu'aux jeunes enfants, de favoriser une consommation diversifiée des différentes espèces de poissons sans privilégier, à titre de précaution, la consommation de poissons susceptibles de présenter des niveaux plus élevés de méthylmercure tels que daurade, espadon, marlin, requin et thon. ».

Plus particulièrement, au sujet des risques liés au mercure des amalgames, l'AFSSAPS a rédigé en 2005 le rapport présenté ci-après, qui correspond en partie à une actualisation du rapport de 1998 du CSHPF.

La bonne qualité de l'amalgame en tant que matériau d'obturation n'est pas remise en cause lorsque l'on compare les risques et les bénéfices

connus à son sujet. C'est d'ailleurs ce qui justifie majoritairement sa présence dans les cabinets dentaires encore aujourd'hui au-delà des controverses existantes. Cependant, certaines règles de bon usage et de précautions d'emploi listées ci-après sont incontournables et font l'objet de données règlementaires.

➤ Règles de bon usage

1. L'amalgame reste le matériau le mieux adapté pour la restauration des dents permanentes postérieures en cas de prévalence carieuse élevée et de lésions multiples et étendues, notamment chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte jeune. En cas de petites lésions, les techniques adhésives, mettant en œuvre des polymères dédiés à cette technique, constituent une alternative.

2. Il faut éviter de placer des amalgames dentaires au voisinage direct d'autres restaurations métalliques afin ne pas augmenter le risque de corrosion. En particulier, il faut proscrire la mise en place d'amalgames au contact direct d'éléments en alliage de métaux précieux ou d'ancrages en laiton doré.

3. La pose, et plus encore, la dépose des amalgames augmentent sensiblement la libération de mercure. Par précaution, ces actes doivent être évités, sauf indication particulière, chez la femme enceinte, en raison d'une plus grande sensibilité du fœtus, ou allaitante. Chez la mère portant des amalgames, l'allaitement maternel n'est pas contre-indiqué.

4. Le retrait systématique des amalgames dans la population générale ne se justifie pas.

Néanmoins, la présence de lésions lichénoïdes localisées au contact direct d'amalgames peut justifier la dépose d'obturations par ailleurs satisfaisantes.

5. Compte tenu de la libération des vapeurs de mercure provoquées par l'action de peroxydes sur les amalgames, il est déconseillé d'effectuer l'éclaircissement des dents postérieures présentant de telles reconstitutions.

6. Les amalgames dentaires ne doivent pas être utilisés chez des patients ayant des antécédents d'allergie au mercure avérés et identifiés par patch tests.

7. Chez les patients dont le rein est fragilisé par un antécédent de glomérulonéphrite, les amalgames dentaires sont, par précaution, contre-indiqués.

8. Les amalgames conventionnels ayant disparu du marché, seuls sont actuellement utilisés les amalgames non γ_2 qui ont des performances et une longévité supérieures à celle des amalgames d'ancienne génération et qui sont plus résistants à la corrosion. De plus, en application de la décision du 14 décembre 2000 prise par le directeur général de l'AFSSAPS et relative à l'interdiction d'importation, de mise sur le marché et d'utilisation de certains amalgames dentaires, les amalgames doivent être utilisés sous un conditionnement en capsules pré-dosées.

9. La condensation de l'amalgame doit être effectuée par les moyens classiques (fouloir) sans utiliser de condenseur à ultrasons afin d'éviter la formation d'aérosols. 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, de préférence la digue.

➤ Hygiène du cabinet dentaire

10. Afin de limiter autant que possible la concentration de mercure dans l'atmosphère des cabinets dentaires, les règles d'hygiène et les bonnes pratiques doivent être respectées.

➤ Recueil d'information

11. Les personnes qui présentent des troubles qu'elles estiment liés à la présence d'amalgames dentaires doivent consulter leur chirurgien-dentiste et/ou leur médecin traitant qui sont invités à les orienter vers les consultations multidisciplinaires spécialisées mises en place par l'AFSSAPS. Ces consultations permettront à l'agence de recueillir des informations standardisées qui feront l'objet d'évaluation périodique.

12. Par ailleurs, il est recommandé aux chirurgiens-dentistes de noter dans le dossier des patients la marque et le numéro de lot des amalgames mis en place et de tenir ces références à disposition des patients qui le demandent.

➤ Vigilance

13. D'une façon générale, 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'AFSSAPS toute survenue d'un incident ou risque d'incident grave lors de l'utilisation d'un dispositif médical².

➤ Dispositions générales

14. Bien que plusieurs études aient montré une diminution de la prévalence des caries chez l'enfant et l'adolescent, 80 % des lésions carieuses peuvent être évitées chez cette population. Il est donc nécessaire de poursuivre et d'intensifier une politique de prévention et de traitement précoce de la carie dentaire. Par ailleurs, le taux de carie augmente pour les personnes âgées qui présentent des caries du collet, difficiles à traiter par des amalgames. Une politique de prévention doit être également mise en œuvre chez les personnes âgées.

L'amalgame dentaire est donc actuellement de moins en moins utilisé en raison de la diminution de la prévalence des caries chez l'enfant et l'adolescent, du changement de profil des indications chez les personnes âgées mais aussi en raison du développement des matériaux alternatifs plus esthétiques à base de polymères.

15. Des stratégies d'innovation, de développement et d'évaluation des matériaux alternatifs à l'amalgame doivent être soutenues conjointement par l'industrie et les organismes de recherche scientifique. Le groupe de travail souligne la nécessité d'une évaluation biologique rigoureuse de ces matériaux alternatifs à l'amalgame et de la mise en place d'études cliniques du rapport bénéfice/risque de ces matériaux à long terme.

4.6 Position de l'association dentaire française (données actuelles) (ADF).

L'ADF reconnaît les effets toxiques du mercure à fortes doses. Il n'a toujours pas été démontré scientifiquement que le mercure issu des amalgames dentaires serait responsable des pathologies qu'on lui impute. Les sujets les plus exposés restent les chirurgiens dentistes chez lesquels on n'a toutefois pas identifié de maladie professionnelle liée au mercure autres que d'éventuelles et rares allergies.

Les réactions observées en rapport avec une sensibilité au mercure sont les réactions allergiques, mais elles restent exceptionnelles (eczéma péri-buccal, brûlures, stomatodynies, et dans de rares cas, œdème et urticaire).

Des lésions lichénoïdes ont pu être observées au voisinage immédiat des obturations à l'amalgame, et disparaissent avec la suppression de l'obturation. Cependant, les amalgames ne sont pas les seules causes dans l'apparition de ces lésions. Les résines composites, matériau d'avenir, présente encore à ce jour, au moins 40 fois plus de risque allergique que celui de l'amalgame.

Selon l'ADF, pour les patients présentant des troubles de la fonction rénale, les restrictions d'usage ont été abandonnées dans les dernières recommandations, faute de preuve chez l'homme contrairement au rat. L'ADF incite tout de même à la prudence avec ces patients.

Concernant la limitation de l'utilisation chez les femmes enceintes ou allaitante, l'ADF justifie le principe de précaution et suggère de différer pendant ces périodes la pose et surtout la dépose des obturations à base de mercure compte tenu du passage infime de mercure à travers la barrière placentaire. L'ADF précise que la pose d'amalgames d'argent sur les enfants n'est en rien contre-indiquée, et est même d'autant plus justifiée que le risque carieux s'avère élevé. Cependant, la prévention et la surveillance régulière sont à promouvoir car elles permettent la détection précoce de lésions carieuses de petites tailles qui justifient l'utilisation de matériaux adhésifs dont les préparations sont moins mutilantes.

Les seules contre-indications à la pose d'amalgame sont donc les allergies et les atteintes glomérulaires. Pour tous les autres patients, l'amalgame d'argent continue d'être le matériau d'obturation de choix du secteur des dents postérieures. Il n'existe aucune raison autre que le vieillissement des obturations à l'amalgame ou la récurrence des atteintes carieuses pour décider de remplacer systématiquement les amalgames.

L'amalgame reste le meilleur matériau de restauration dentaire. Il assure de façon satisfaisante le contrôle de la plaque bactérienne et donc limite ou empêche la récurrence de la carie. Il reconstitue des points de contacts inter-dentaires de bonne qualité, et de ce fait assure la protection de la gencive. Sa résistance à la pression et à l'abrasion lui permet de répondre convenablement aux sollicitations mécaniques lors de la mastication.

La dépose de tout amalgame peut entraîner une augmentation temporaire de la teneur en mercure dans l'organisme. Cette dépose ne peut donc être acceptable que si une raison médicale le justifie. La décision de dépose d'un amalgame ne doit en aucun cas être contraire à l'éthique biomédicale, ni résulter de méthodes d'évaluation sans fondement scientifique car il s'agit alors de mesures contraires au code de déontologie.

En conclusion selon l'ADF, l'amalgame d'argent est encore supérieur à tous les autres produits utilisables pour les dents des secteurs postérieurs (prémolaires et molaires). La longévité des obturations, la qualité de la restauration des surfaces en rapport avec les surfaces dentaires adjacentes, les propriétés anti-bactériennes - donc de stabilisation de la lésion carieuse et de prévention de la récurrence - font que ce matériau est meilleur que l'ensemble des résines et ciments qui sont proposés actuellement comme substituts. Seules les incrustations métalliques ou en céramique (inlays-onlays) ont une qualité comparable. Quels que soient les progrès réels de ces derniers, il leur reste encore beaucoup à faire pour que les amalgames soient supplantés.

4.7 Rapport de l'organisation mondiale de la santé (OMS – 2005)

Dans son rapport l'OMS rappelle tout d'abord que la forme la plus toxique du mercure est lorsqu'il a été dégradé en méthylmercure. Divers troubles peuvent apparaître suite à une telle intoxication. Aucun seuil minimal n'est établi à ce jour pour l'apparition des symptômes.

L'incinération des déchets médicaux, et notamment des amalgames est la quatrième source de pollution mercurielle selon le ministre de l'environnement de la province canadienne de l'Ontario en 2002. Outre la pollution de l'air, une pollution de l'eau due à l'absence de traitement des déchets déversés existe également et un tiers de cette pollution découle directement des amalgames dentaires. En 1991, l'OMS a confirmé que le mercure présent dans l'amalgame dentaire constituait la principale source de vapeur de mercure dans les zones non industrialisées et entraînait pour les populations concernées une exposition à des concentrations supérieures à celles fixées pour les aliments et l'air.

Concernant les risques liés à l'exposition professionnelle, ils résident en particulier dans les vapeurs qui sont inodores et incolores. La plus grande précaution est donc de mise. Dans certains secteurs de soins, il existe une alternative aux produits contenant du mercure, mais l'amalgame n'est pas cité comme un matériau remplaçable, il est alors

simplement visé par une nécessité de trouver des solutions pour une gestion écologiquement viable des déchets, par une extrême vigilance lors de son utilisation, qui passe par la formation du personnel, des programmes éducatifs, des équipements de protection ainsi qu'un nettoyage adéquat de tout produit qui serait répandu.

A ce jour, ce sont les seules recommandations qui émanent véritablement de l'OMS, avec pour conclure, la volonté commune en partenariat avec le conseil d'administration du programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUE, cf. 2.3.2.) de sensibiliser les pays sur les risques liés au mercure, et ainsi, d'aboutir à une prise de conscience collective visant au minimum à l'exclusion des personnes dites à risques, dans l'attente d'une véritable alternative à l'amalgame dentaire.

4.8 Rapport de la commission européenne SCENIHR (2008)

La SCENIHR reconnaît que l'amalgame d'argent est matériau de restauration sûr. Ses propriétés de longévité, de résistances mécaniques et économiques font que l'on peut le considérer comme le matériau de choix pour la restauration de dents postérieures incluant le remplacement des amalgames existants.

Actuellement pour des raisons esthétiques et de dentisterie conservatrice son utilisation en Europe baisse. On observe également en Europe une baisse de l'entraînement à la réalisation d'amalgame dans les facultés dentaires.

Des réactions allergiques locales peuvent parfois être observées avec les amalgames dentaires. Ces réactions sont rares et l'incidence est très faible. L'amalgame dentaire est parfois accusé de provoquer des maladies systémiques et plus particulièrement des maladies neuro-dégénératives (maladie d'Alzheimer, Parkinson, sclérose en plaque, risque pour le fœtus de la femme enceinte, retard de développement neurologique chez l'enfant...). Actuellement aucune preuve scientifique ne permet de conclure que l'amalgame dentaire soit responsable d'une quelconque maladie systémique. Le principe de précaution s'appliquera tout de même chez la femme enceinte quelque soit le matériau d'obturation choisi. Dans tous les cas lors de la pose d'un matériau d'obturation dentaire, il faudra expliquer le rapport bénéfice/risque au patient.

La principale source d'exposition au mercure a lieu lors de la pose ou de remplacement d'anciens amalgames dentaires. Le remplacement d'une obturation satisfaisante à l'amalgame n'est pas justifié médicalement sauf si le patient est suspecté d'être allergique à

l'amalgame. Le mercure relâché durant la pose ou le remplacement d'une ancienne obturation est également responsable d'une exposition du personnel soignant. L'exposition au mercure est plus importante chez le personnel soignant. Pour la SCENHIR, aucune étude n'a permis de montrer que le personnel soignant souffrait d'une intoxication au mercure.

Concernant les matériaux alternatifs, ils sont très complexes sur le plan chimique et ne sont pas sans limitations cliniques et dangers toxicologiques. Certains monomères utilisés dans les résines composites sont hautement toxiques pour les cellules pulpaire et gingivales. Il a également été prouvé que certaines substances contenues dans les résines sont mutagènes in vitro. On a constaté des phénomènes allergiques probablement causés par des molécules de bas poids moléculaires chez les patients et le personnel soignant. L'incidence du signalement des effets indésirables est néanmoins très faible.

Il est difficile d'avoir des données sur les matériaux alternatifs, ce qui est dû au progrès rapide de ces derniers. Actuellement des progrès sont faits sur la polymérisation qui permet une diminution de la biodisponibilité de composants potentiellement agressifs. De plus, il est difficile de connaître la composition exacte de ces produits alternatifs.

En conclusion pour la SCENIHR la santé dentaire peut être assurée par les deux types de matériaux. Les deux sont considérés comme sûrs et sans danger pour la santé, ils sont tous associées à de très faibles taux de réactions allergiques locales et sans preuve scientifique de maladie systémique. L'amalgame reste le matériau de choix pour les lésions volumineuses et le remplacement des amalgames défectueux en raison de sa susceptibilité moindre à la reprise de carie et sa longévité supérieure.

4.9 L'association dentaire Américaine (ADA - Juillet 2009)

L'ADA considère qu'aucun autre matériau d'obturation ne permet de remplacer l'amalgame avec autant de fiabilité et d'indications à ce jour. Le Dr. Eichmiller précise d'ailleurs suite à cette affirmation qu'il ne s'agit pas de défendre plus l'amalgame qu'un autre matériau mais simplement de reconnaître objectivement les qualités des matériaux d'obturation connus à ce jour.

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, l'ADA rejoint le sentiment commun sur l'importance d'un dialogue préalable entre le patient et son praticien avant tout acte. Cette observation est d'autant plus présente aujourd'hui car récemment la position de l'ADA a évolué.

En effet, l'ADA fondait dans le passé son discours sur une étude qui avait conclu qu'aucun lien n'avait pu être formellement établi entre l'exposition au mercure et des troubles neurologiques, de la même façon qu'il n'avait toujours pas non plus été démontré que le mercure contenu dans les amalgames dentaires placés lors d'une grossesse induisait le risque d'un poids de naissance inférieur à la normale.

La F.D.A. (*Food and Drug Administration*, l'équivalent de l'agence française AFFSSAPS pour les produits de santé et AFFSA, pour le secteur de l'alimentation) avait précisé, dans un communiqué daté d'avril 2006 qu'aucune recommandation officielle n'existait. L'ADA dans son sillage avait affirmé que l'anxiété du public était injustement générée par toutes ces tentatives de discrédit lancées par les détracteurs de ce matériau qu'est l'amalgame, pourtant jugé d'une grande qualité par les professionnels.

Cependant, la situation a récemment évolué, car après avoir clamé que les amalgames ne présentaient aucun danger pour la santé, la puissante FDA américaine a reconnu, le 3 juin 2008, que le mercure dentaire pourrait présenter des risques pour le cerveau en développement du fœtus et du jeune enfant (moins de 6 ans). Ce changement de position ne repose pas sur des preuves scientifiques fermes mais sur le principe de précaution. Tout de même la FDA a changé de catégorie l'amalgame dentaire, celui-ci est passé du grade de risque 1 au grade 2. Le risque 1 étant faible et le risque 2 modéré.

En passant au grade 2, la FDA pourra réaliser des contrôles plus sévères pour plus de sécurité pour le patient. L'ADA approuve le choix de la FDA, de plus elle affirme que c'est un choix viable et sûr pour les patients.

Il est intéressant de noter que l'ADA cite dans son rapport les conclusions du rapport de la commission européenne (SCHENIHR). Ces dernières sont les suivantes :

- l'amalgame est un matériau performant et sûr pour les patients et les professionnels des santés ;
- les matériaux alternatifs ne sont pas sans limitations cliniques, de plus ils ne sont pas indemnes de problèmes de biocompatibilités ;

En conclusion pour l'ADA et la FDA, l'amalgame reste un matériau sûr et de valeur, sous réserve d'une utilisation sur des groupes qui ne présentent potentiellement pas de risques.

Enfin, concernant les problèmes environnementaux liés à l'amalgame, l'ADA reconnaît qu'il y a des efforts à faire sur la collecte des déchets et s'accorde à dire que les chirurgiens dentistes doivent être sensibilisés à ce problème afin de modifier la gestion des déchets mercuriels dans leurs cabinets.

L'ADA est à ce titre partenaire des associations qui souhaitent régulariser cette situation pour améliorer la défense de l'environnement en luttant activement contre les déchets d'amalgames.

4.10 Position de conseil dentaire européen (2009 - CED)

➤ Considérations sur le plan de la santé

Selon la Fédération Dentaire Internationale (FDI), il est tout à fait sûr et important de continuer à utiliser l'amalgame (*Consensus Statement*, 1997). C'est ce qui ressort également du rapport établi en 1998 par le groupe de travail ad hoc sur l'amalgame dentaire mandaté par la Commission européenne.

L'efficacité et la sécurité de l'amalgame dentaire dans les restaurations des dents cariées sont démontrées par une utilisation durable. Les recherches effectuées sur plusieurs dizaines d'années n'ont jamais mis en évidence un risque de santé important lié à l'utilisation de l'amalgame dentaire ni chez les patients, ni chez le personnel dentaire ni chez le public.

Le CED a salué l'adoption, en mai 2008 après une consultation publique, du rapport du Comité scientifique de l'UE sur la sécurité de l'amalgame et des autres matériaux de restauration dentaire.

Les rapports ont confirmé la position du CED sur l'amalgame dentaire et ses produits de substitution en concluant que « la santé dentaire peut être adéquatement assurée par les deux types de matériaux. Tous les matériaux sont considérés comme étant d'utilisation sûre. Tous sont associés à de très faibles taux d'effets secondaires locaux et rien n'indique qu'ils peuvent provoquer des maladies systémiques. ».

➤ Considérations sur le plan environnemental

Le CED s'est également réjoui de l'adoption, en novembre 2007, du rapport du Comité scientifique de l'EU sur les risques environnementaux et les effets indirects pour la santé du mercure présent dans l'amalgame dentaire, tout en remarquant que le rapport signale que « les informations

dont on dispose actuellement ne permettent pas d'évaluer de manière exhaustive les risques environnementaux et les risques indirects pour la santé découlant de l'utilisation de l'amalgame dentaire dans les États membres de l'UE 25/27. »

La profession considère que l'impact sur l'environnement des activités de ses membres est important et souligne que la profession dentaire a l'obligation de travailler dans le cadre légal régissant les produits contenant du mercure. Le CED demande aux États membres de veiller à la totale application et mise en œuvre des lois de l'UE sur les déchets et soutient totalement cette surveillance. Dans la plupart des États membres, les séparateurs d'amalgame sont utilisés et ils sont obligatoires dans de nombreux États. Les séparateurs d'amalgame constituent une manière efficace de réduire les déchets nocifs et de récupérer 95% des déchets des systèmes de filtration existants de l'équipement dentaire, empêchant ainsi 99% des résidus d'amalgame de s'infiltrer dans les canalisations.

Le CED encourage également les associations dentaires nationales à partager les meilleures pratiques en matière de gestion des déchets et soutient ses membres en ce qui concerne la conformité avec les obligations de gestion des déchets.

➤ L'utilisation de l'amalgame

Le consensus mondial de la profession dentaire est que l'amalgame doit continuer à faire partie de l'arsenal du chirurgien-dentiste pour répondre du mieux possible aux besoins de ses patients. Il est important que les patients ne soient pas privés de leur liberté de choix en ce qui concerne la manière dont ils sont soignés.

L'amalgame dentaire continue à être le meilleur matériau d'obturation pour la plupart des restaurations, en raison de sa facilité d'utilisation, de sa durabilité et de son excellent rapport qualité/prix. Les chirurgiens-dentistes sont les mieux placés pour identifier les besoins de santé bucco-dentaire de leurs patients. Les restrictions à l'utilisation de l'amalgame risquent de porter préjudice à la stabilité financière des systèmes de santé et d'avoir un effet sur la capacité des patients à financer leurs soins dentaires.

➤ L'importance de la prévention

Toute intervention de santé présente des risques. Le CED insiste sur l'importance d'encourager les programmes nationaux et ciblés de prévention bucco-dentaire afin de réduire ce besoin d'intervention.

Conclusion

D'après notre travail nous pouvons affirmer que toutes les études scientifiques sérieuses portant sur l'amalgame dentaire sont unanimes pour dire que ce matériau est sûr pour l'être humain. Seules des réactions allergiques peuvent être dues à l'amalgame dentaire, dont l'incidence est assez faible.

Les seules restrictions d'utilisation de l'amalgame en chirurgie dentaire sont fondées sur le principe de précaution visant à en limiter l'utilisation sur une population définie comme étant à risque (femme enceinte, enfant de moins de 6 ans, patient ayant des troubles de la fonction rénale...).

Concernant les biomatériaux alternatifs à l'amalgame, il n'existe pas encore dans un certain nombre de situations cliniques de matériau équivalent à l'amalgame. Les résines composites ont fait des progrès indéniables ces dernières années, cependant il a été montré que le taux de caries secondaires sous les obturations à la résine composite est deux fois plus important que sous des obturations à l'amalgame d'argent. Pour le professeur Pierre Colon (Miquel, 2001) : « le recours aux composites en cas de multi-caries ou de caries récidivistes peut même être considéré comme une faute professionnelle », cette citation résume la situation.

Les premières législations mettant en cause l'amalgame ont été guidées par les craintes d'une pollution environnementale générée par les déchets mercuriels provenant des amalgames.

L'impact du mercure sur l'environnement et le surplus des déchets mercuriels polluants semblent être les raisons principales pour peut être un jour voir interdire l'utilisation des amalgames au mercure utilisés en odontologie.

L'amalgame d'argent est donc un matériau d'obturation parfaitement actuel mais cette affirmation sera sans doute un jour obsolète, en premier lieu pour des causes liées à l'écologie, car il semble en effet difficile aujourd'hui de parvenir à une prise de conscience si forte qu'elle puisse faire disparaître la totalité des déchets mercuriels, et de telles pressions stigmatisent tellement ce matériau qu'on parviendra probablement un jour à trouver un matériau avec une composition sans influence sur l'environnement et qui répondra parfaitement au cahier des charges afin de remplacer définitivement l'amalgame d'argent.

Cependant, à ce jour, ce matériau n'est encore que pure fiction, dans certaines situations cliniques l'amalgame est encore incontournable et aucun travail n'a prouvé scientifiquement que ce dernier était nocif au point de l'interdire formellement.

Annexes

➤ Annexe numéro 1

Circulaire n° 96-267 du 18 avril 1996

CIRCULAIRE DGS/DE/DPPR N°96-267 du 18 avril 1996 relative à la gestion du risque mercuriel dans l'activité médicale.

L'emploi du mercure et la surveillance des rejets de mercure dans l'environnement sont une préoccupation constante des pouvoirs publics. De nombreux efforts ont été réalisés dans le domaine industriel pour limiter l'utilisation et les rejets de mercure. Les pollutions diffuses restent néanmoins un sujet de préoccupation. Une gestion inadéquate des déchets contenant du mercure, issus soit des thermomètres médicaux soit des cabinets dentaires contribue de manière importante à cette contamination diffuse.

A l'initiative de la Direction Générale de la Santé un groupe de travail a été créé sur le sujet en 1994, réunissant des représentants des secteurs de la santé et de l'environnement pour proposer des actions visant à réduire les rejets diffus de mercure d'origine médicale. Dans ce cadre, une plaquette vient d'être élaborée pour informer la profession dentaire. Elle présente l'impact du mercure sur la santé et l'environnement et les solutions existantes pour récupérer les déchets d'amalgame en vue de leur recyclage. La diffusion de cette plaquette auprès de la profession est assurée par l'Ordre National des Chirurgiens-Dentistes. Vous en trouverez ci-joint un exemplaire.

L'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, sur la gestion des rejets diffus de mercure, est en cours de publication au Bulletin Officiel.

Nous vous engageons à répondre favorablement aux demandes de renseignements qui pourront vous être adressées, l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) et l'association ONDE (Office National Dentaire pour l'Environnement-télécopie : 61 47 95 27) restant les interlocuteurs privilégiés de cette action.

Le directeur général de la santé
Le directeur de l'eau
Le directeur de la prévention des pollutions et des risques

➤ Annexe numéro 2

L'arrêté du 30 mars 1998

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

(*Journal officiel* du 7 avril 1998)

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 :

Art. 1er. - Les déchets d'amalgame issus de l'activité des cabinets dentaires, publics ou privés, sont éliminés dans les conditions définies par le présent arrêté.

Art. 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.

Art. 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.

Art. 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.

Art. 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 (1), 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 (2), 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 (3), 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.

Art. 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.

Art. 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.

Art. 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.

Art. 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.
Fait à Paris, le 30 mars 1998.

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

Liste des tableaux

- Tableau 1 : composition moyenne des alliages pour amalgames dentaires (CRAIG, 1993).
- Tableau 2 : rôle des éléments dans les propriétés physico-chimiques des amalgames.
- Tableau 3 : coefficients de dilatation thermique.
- Tableau 4 : conductivité thermique.
- Tableau 5 : modules d'élasticités comparés.
- Tableau 6 : résistance à la traction (MPa 0,5mm/minute).
- Tableau 7 : résistance à la compression.
- Tableau 8 : valeurs de fluage (Chung, 1992 ; Iglesias et coll. 1984 ; Malher et coll. 1975 ; Otani et coll. 1993 ; Sarker et coll., 1978).
- Tableau 9 : comparatif des propriétés physico-chimiques des différents produits de restauration coronaire.
- Tableau 10 : évolution des concentrations atmosphériques de mercure : résultats des différentes études dans les cabinets dentaires de 1968 à 1997.
- Tableau 11 : Valeur moyenne d'exposition admise selon les législations (Miquel, 2001).
- Tableau 12 : évolution de la mercuriurie chez les chirurgiens dentistes : résultats de différentes études de 1968 à 1995.
- Tableau 13 : corrélations entre les concentrations de mercure dans les urines, dans le sang, dans l'atmosphère et la symptomatologie clinique (INRS 2003).
- Tableau 14 : récapitulatif des concentrations de mercure dans l'air mesurées en différents endroits dans les cabinets (Bimal, 2001).
- Tableau 15 : évolution des concentrations atmosphériques de mercure à différents endroits du cabinet, de juin à septembre 2001 (Bimal, 2001).
- Tableau 16 : critères de choix du matériau d'obturation (d'après Raskin et Vreven, 1996).
- Tableau 17 : comparaison des biomatériaux indiqués pour l'obturation des cavités occlusales ou occluso-proximales (Megly, 2007).
- Tableau 18 : comparaison des biomatériaux indiqués pour l'obturation des cavités occlusales ou occluso-proximales.
- Tableau 19 : composant des résines composites susceptibles d'exercer une action cytotoxique sur des cultures cellulaires (Hanks et coll., 1991).

Liste des figures

- Figure 1 : Devenir immédiat des différentes espèces de mercure libérées par les amalgames.
- Figure 2 : tatouage de la gencive : origine de la photo d'après le site internet <http://store.leddental.com/catalogsearch/result/index/?q=VELscope&order=name&dir=asc>
- Figure 3 : lichen plan buccal sur la joue (Photographie de gauche, tirée de l'ouvrage « Pathologie de la muqueuse buccale », Ben Slama et Szpirglas, 1999).
- Figure 4 : lichen plan buccal sur la langue « (Photographie de droite, tirée de l'ouvrage « Pathologie de la muqueuse buccale », Ben Slama et Szpirglas, 1999).
- Figure 5 : le cycle du mercure (source : www.ec.gc.ca/.../html/mercury/merc_what.cfm).
- Figure 6 : séparateur d'amalgame.

Références bibliographiques

- [1] Abraham JE, Svare CW, Franck CW
The effect of dental amalgam restorations on blood mercury levels.
J. Dent. Res. ; 63 : p. 71-73, 1984.
- [2] Afota G
Les risques d'intoxication mercurielle en pratique odontologique courante.
Moyens de prévention. Thèse de chirurgie dentaire, Strasbourg, p.193,
1983.
- [3] Akagi K, Okamoto Y, Matsuura T, Horibe T
Properties of test metal Ceramic Titanium alloys. J. Proshet. Dent. ; 68 :
p. 462-467, 1992.
- [4] Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux,
Rapport de l'AGHTM, séance du 22 Avril 2002.
- [5] Bapnas MS, Mueller HJ
Fracture toughness, diametrical strength, and Factography of amalgam
and of amalgam to amalgam vonds. Dent. Mat. ; 68 : p. 462-467, 1993.
- [6] Barregard L, Svalander C, Schutz A, Westberg G, Sallsten G, Blohme I
et coll.
Cadmium, mercury, and lead in kidney cortex of the general Swedish
population: a study of biopsies from living kidney donors. Environ. Health
Perspect. ; 107 : p. 867-71, 1999.
- [7] Bayne SC.
Dental composites/glass-ionomers : clinical reports. Adv. Dent. Res. ;
1992, 6 : p. 65-77, 1992.
- [8] Berglund A
Estimation by a 24-hour study of daily dose of intra-oral mercury vapor
inhaled after release by amalgam. J. Dent. Res. . 69 : p. 1646-1651,
1990.
- [9] Berlin M
Mercury in dental-filling materials - an updated risk analysis in
environmental medical terms: an overview of scientific literature published
in 1997-2002 and current knowledge. The Dental Material
Commission Care and Consideration 2003.
- [10] Bimal
Le mercure : un risque méconnu dans les cabinets dentaires Bulletin des
Inspections Médicales d'Alsace Lorraine, BIMAL, p.23-26, 2001.

- [11] Blair FM, Withworth JM, Mc Cabe JF
The physical properties of gallium restorative materials. Dent. Mat. ; 11 : p. 277-280, 1995.
- [12] Boisset M, Cumont G
Origine et évolution de l'apport alimentaire en mercure. Rôle du poisson : Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Section de l'alimentation et de la nutrition, plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque. Tec&Doc-Lavoisier, Paris, 185-196, 1996.
- [13] Boudène C
Rapport de l'Académie Nationale de Médecine sur la toxicité des amalgames dentaires au mercure. Avril 2003 - <http://afssaps.sante.fr>.
- [14] Bowen RL, Rodriguez MS
Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. J. Am. Dent. Mat. ; 9 : p.51-56, 1962.
- [15] Bracho-Troconis C, Colon P, Bartout JD, Bienvenu Y
Influence of thermal treatments on Ag Sn Cu powders in order to reduce mercury contents in dental amalgam. J. Mat. Sci Mat. Med. ; 11: p. 1-9, 2000.
- [16] Brady AP, Lee H, Orlowski JA
Thermal conductivity studies of composite dental restorative materials. J. Biomed. Mat. Res. ; 8, 6 : p. 471-485, 1974.
- [17] Brown WS, Dewey WA, Jacobs HR
Thermal properties of teeth. J. Dent. Res. ; 49, 4 : p. 752-755, 1970.
- [18] Bryant RW, Malher DB
Modulus of Elasticity in bending of Composites and amalgams. J. Proshet. Dent. ; 56 : p. 243-248, 1986.
- [19] Burdairon G
Abrégé de biomatériaux dentaires (2^e éd). Masson, Paris, 1990.
- [20] Bismuth C, Baud F, Conso F et coll.
Toxicologie clinique 4^{ème} édition, Flammarion Médecine Sciences Paris, 1987.
- [21] Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM
Early strength of glass ionomer cements. Dent. Mat. ; 9 : p. 57-62, 1993.
- [22] Chunk K.
Effects of palladium addition on properties of dental amalgams. Dent. Mat. ; 8 : p. 190-192, 1992.

[23] Civjan S, Barone JJ , Reinke PE, Selting WJ
Thermal properties of non metallic restorative materials. J. Dent. Res. ; 51
(4) : p. 1030-1037, 1972.

[24] Cohen F
Corrosions électrochimiques des amalgames dentaires. Incidences
secondaires sur la flore buccale. Thèse. Univ. René Descartes. Paris V,
1998.

[25] Colon P, Pradelle-Plasse N, Galland J
Evaluation of the long term corrosion behaviour of dental amalgams :
influence of palladium addition and particle morphology. Dent. Mat. ; 19 :
232-9, 2003.

[26] Conso F, Descotes J, Hartmann P, Panighi M, Riviere PM
L'Amalgame dentaire et ses conséquences, d'après la commission
d'enquête du conseil de l'ordre des chirurgiens dentistes, 1998.

[27] Covey DA, Tahaney SR, Davenport JM
Mechanical properties of heat-treated composite resin restorative
materials. J. Prosthet. Dent. ; 68 : 458-461, 1992.

[28] Craig RG et Peyton
Elastic and Mechanical properties of human dentin. J. Dent. Res. ; 37, 4 :
p. 710-718, 1958.

[29] Craig RG, Peyton FA, Johnson SW
Compressive properties of enamel, dental cements, and gold. J. Dent.
Res. ; p. 40, 5 : 936-945, 1961.

[30] Craig RG
Restorative Dental materials 9th ed. C.V. Mosby, ST Louis, 1993.

[31] Davies EH et Kuhn AT
The morphological characterization of dental amalgam alloy powders.
Biomaterials ; 5 : p. 314-8, 1984.

[32] Debeux MA
Amalgame : traçabilité : Enquête réalisée auprès des chirurgiens dentistes
en Lorraine. Thèse pour le diplôme de docteur d'état en chirurgie dentaire,
Nancy, p 81, 2000.

[33] Degrange M
Critère de sélection d'un biomatériau d'obturation coronaire, Réalité
Clinique 1990 ; 1 : p. 1-15, 1990.

- [34] Degrange M
Biomatériaux alternatifs in : L'amalgame dentaire et ses alternatives.
Evaluation et gestion du risque. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de
France. Lavoisier Tec & Doc : p. 77-85, 1998.
- [35] Ekstrand J, Bjorkman L, Edlund C, Sandborgh-Englund G
Toxicological aspects on the release and systemic uptake of mercury from
dental amalgam. Eur J. Oral Sci ; 106 : p. 678-86, 1998.
- [36] Eldiwany M., Powers JM., George LA.
Mechanical properties of direct and post-cured composites. Am. J. Dent. ;
p. 222-224, 1993.
- [37] Eley BM
The futur of dental amalgam : a review of the litterature. Part 7 : Possible
alternative materials to amalgam for the restauration of posterior teeth.
Jr. Dent. J. ; 183 : p. 11-14, 199
- [38] Engle JH, Ferracane JL, Wichmann J, Okabe T
Quantitation of total mercury vapor released during dental procedures.
Dent. Mat. ; 8 (3) : p. 176-180, 1992.
- [39] Ferracane JL, Nakahima H, Okabe T
Enhanced evaporation of mercury from amalgams in non oxidizing
environments. Dent. Mat. ; 9 : p. 300-5, 1993.
- [40] Flesch F., Pilière F., Grasmick C., Garnier R., Bismuth C.
Les amalgames dentaires. Infotox ; p. 5-8, 1999.
- [41] Galić N, Prpie-Mehičić G, Prester L, Blanuša M, Krnić Ž,
Fenenčić Ž
Dental amalgam mercury exposure in rats. BioMetals ; 12 : p. 227-31,
1999.
- [42] Garnier R
Toxicité des amalgames pour les porteurs. In : L'amalgame dentaire et
ses alternatives. Evaluation et gestion du risque. Conseil Supérieur
d'Hygiène Publique de France. Lavoisier Tec & Doc, pages : p.43-65,
1998.
- [43] Goldberg M (a)
Effets secondaires locaux. In : L'amalgame dentaire et ses alternatives.
Evaluation et gestion du risque. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de
France. Lavoisier Tec & Doc : p. 39-59, 1998.

- [44] Goldberg M (b)
Toxicité des biomatériaux de restauration coronaire. In : L'amalgame dentaire et ses alternatives. Evaluation et gestion du risque. Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Lavoisier Tec & Doc : p. 87-91, 1998.
- [45] Goldberg M, Stanislowski L, Lindhe J
Biocompatibility of dental pulp cells to glass ionomer cements. Quitessence lag - GmbH., 1998.
- [46] 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. Lavoisier Tec & Doc : p. 115-119, 1998.
- [47] Gregoire G
Diffusion des amalgames dans les structures dentaires. Chir. Dent. Fr. ; 645 : p. 43-45, 1993.
- [48] Geurtsen W
W. Biological Interactions of Non-Metallic Restorative Materials with Oral Tissues. Acad Dent. Mat. Trans ; 13 : p. 75-93, 1999.
- [49] Grosman M
Le mercure des amalgames dentaires : Quels risques pour la santé et l'environnement? Quels enjeux financiers ? Montpellier, 2000.
www.hyperactif.net/images/PDE_Le_mercure_des_amalgames_dentaires_Melet_JJ.doc
- [50] Haikel Y et Alleman C
Contamination mercurielle : cabinet dentaire et environnement. L'information dentaire ; 74 (36) : p. 3153, 1992.
- [51] Hank S, Strawn SE, Wahata JC, Takagaki M
Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblast. J. Dent. Res. ; 70 : p. 1450-1455, 1991.
- [52] Horasawa N, Takahashi S, Marek M
Galvanic interaction between titanium and gallium alloy or dental amalgam. Dent. Mat. ; 15 : p. 318-22, 1999.
- [53] Iglésias AM, Sorensen SE, Carter JM, Wilko RA
Some properties of high cooper amalgam alloy comparing hand and mechanical trituration. J. Prosthet. Dent. ; 52 (2): p. 194-198, 1984.
- [54] IPCS (International Programme on Chemical Safety).
Environmentalhealth Criteria 118. Inorganic mercury. WHO, Geneva, 1991.

[55] IPCS (International Programme on Chemical Safety).
Concise International Chemical Assessment Document n°50 Elemental mercury and inorganic mercury compounds : Human health aspects. Who Geneva 2003.

[56] Innes DBK, Youdelis WG
Dispersion strengthened amalgams. J. Can. Dent. Assoc. ; 29 : p. 587, 1963.

[57] INRS
Document pour la médecine du travail, (2003) le risque mercuriel dans les cabinets dentaires : histoire ancienne ou futur proche ?, numéro 93, 1^{er} trimestre 2003.

[58] Johnson LB et Paffenbarger GC
The role of zinc in dental amalgam. J. dent. res. ; 59 (8) : p. 1412-1419, 1980.

[59] Johnson GH et Powell LV
Effect of admixed Indium on properties of a dispersed-phase High-Copper dental amalgam. dent. mat. ; 8, 6 : 366-369, (1992).

[60] Joselow MM, Goldwater LJ, Alvarez A et Herndon J
Absorption and excretion of mercury in man : occupational exposure among dentists. Archives of Environmental Health, 17 (1), p. 39-44, 1968.

[61] Joskstad A, Mjor IA, Qvist V
The age of reattachment in situ. Acta. Odontol. Scand. ; 52 : p. 234-238, 1994.

[62] Kan KC, Messer LB, Messer HH
Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass ionomer cements. J. Dent. Res. ; 76: p.1502-1507, 1997.

[63] Kelman GR
Urinary mercury excretion in dental personnel. British Journal of Industrial Medicine ; 35 (3), p. 262-265, 1978,

[64] Khalichi P, Cvitkovitch DG, Santerre JP,
Effect of composite resin biodegradation products on oral streptococcal growth. Biomaterials ; 25 : p. 5467-72, 2004.

[65] Koch P et Bahmer FA
Oral lesions and symptoms related to metal used in dental restorations: a clinical, allergological and histologic study. J. Am. Acad. Dermatol. ; 41 : 422-30, 1999.

- [66] Khamaysi Z, Bergman R et Weltfriend S
Positive patch test reactions to allergens of the dental series and the relations to the clinical presentations ; Contact Dermatitis ; 55 : p. 216-218, 2006.
- [67] Laine J, Kalimo K, Happonen RP
Contact allergy to dental restorative materials in patients with oral lichenoid lesions. Contact Dermatitis ; 36 : p. 141-6, 1997.
- [68] Langwörth S, Salltsen G, Barregard L, Cynkier I, Lind ML et Soderman E.
Exposure to Mercury Vapor and Impact on Health in the Dental Profession in Sweden. J. Dent. Res. ; 76 (7), p. 1397-1404, 1997.
- [69] Lee SY et Greener EH
Effect of excitation energy on dentine bond strength and composite properties. J. Dent. ; 22 : p. 175-184, 1994.
- [70] Legault C
Les amalgames au mercure. La gazette des thérapeutes, Octobre 2002.
<http://www.alternativesante.com>
- [71] Livardjani F, Jahanbakht R, Schlegel A, Haikel L, Jaeger A et coll.
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.
- [72] Lobner D, Asrari M
Neurotoxicity of dental amalgam is mediated by zinc. J. Dent. Res. ; 82 : p. 243-6, 2003.
- [73] Lux JP
L'intoxication infra-clinique mercurielle chez le chirurgien-dentiste. Thèse de sciences odontologiques, Bordeaux, p. 179, 1990
- [74] Mackert JR, Berglund A
Mercury exposure from dental amalgam fillings: Absorbed dose and the potential for adverse health effects. Crit. Rev. Oral Biol. Med. ; 8 : p. 410-436, 1977.
- [75] Mahler DB, Terka LG, Van Eysden J, Reibick MH
Marginal fracture vs. mechanical properties of amalgam. J. Dent. Res. ; 49 (6) : p. 1452-1457, 1970.
- [76] Mahler DB, Adey JD, Van Eysden J
Quantitative microprobe analysis of amalgam. J. Dent. Res. ; 54, 2 : p. 218-226, 1975.

- [77] Mahler DB, Adey JD, Simms LE, Marek M
Influence of liquid films on mercury vapors loss from dental amalgam.
Dent. Mat. ; 18 : p. 407-12, 2002.
- [78] Marshall GW, Marshall SJ, Letzel H, Vrijhoef MMA
Microstructures of Cu-rich amalgam restorations with moderate
deterioration. Dent. Mat. ; 3: p. 135-43, 1987.
- [79] Matsakis M
Rapport du Parlement Européen sur la « Stratégie communautaire sur le
mercure », 2006.
<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l28155.htm>
- [80] Martin MD, Broughton S, Drangsholt M
Oral lichen planus and dental materials: a case-control study.
Contact Dermatitis ; 48 : 331-6, 2003.
- [81] Mc Givern B, Pemberton M, Theaker ED, Buchanan JAG,
Thornhill MH
Delayed and immediate hypersensitivity reactions associated with the use
of amalgam. J. Dent. ; 188 : p. 73-6, 2000.
- [82] Megly M
Thèse pour le diplôme de docteur d'état en chirurgie dentaire : la
controverse sur l'amalgame d'argent dans le grand public, Nantes, 2007
- [83] Miquel G
Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport du
sénat. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et
technologiques 2001 ; p. 9-83, 2001.
<http://www.aquadoc.fr/IMG/pdf/rapportsenatmetauxlourds100-261.pdf>
- [84] Mount GJ, Hume WR
Préservation et restauration de la structure dentaire. Traduction Française
par Tennenbaum H. et Haikel Y. 1^{ère} éd De Boeck Université Paris, p. 272,
2002.
- [85] Mongkolnam P
The adverse effects of dental restorative materials review. Aust. Dent. J. ;
37 : p. 360-367, 1992.
- [86] Morrier JJ, Suchett-Kaye G, Nguyen D, Rocca JP, Blanc-Benon J,
Barsotti O.
Antimicrobial activity of amalgams, alloys and their elements and phases.
Dent. Mat. ; p. 14 : 150-7 7, 1998.
- [87] Neme AL, Wagner WC, O'Brien WJ
Effects of palladium addition on emission of mercury vapour from dental
amalgam. Dent. Mat. ; 15 : p. 382-9, 1999.

- [88] Neme AL, Maxson BB, Linger JB, Abbott LJ
An in vitro investigation of variables influencing mercury vapor release from dental amalgam. *Oper. Dent.* ; 27 : p.73-80, 2002.
- [89] Nerdrum P, Malt UF, Hoglend P, Oppedal B, Gundersen R, Holte M et coll. A 7-year prospectivequasi-experimental study of the effects of removing dental amalgam in 76 self-referred patients compared with 146 controls. *Psychosom. Res.* ; 57 : p. 103-11, 2004.
- [90] Otani H, Jesser WA, Wildorf HGF
The in vivo and in vitro corrosion products of dental amalgams. *J . Biomed. Mat. Res.* ; 54 : p.523-539, 1993.
- [91] Ott KHR, Loh F, Kroncke A et coll.
Zur quecksilberbelastung durch amalgam-fullungen.*Dtsch. Zahnartz. Z.* ; 39 : p. 199-205, 1984.
- [92] Pang BK, Freeman S
Oral lichenoid lesions caused by allergy to mercury in amalgam fillings. *Contact Dermatitis* ; 33 : p. 423-7, 1995.
- [93] Patterson JE, Weissberg BG, Dennison PJ
Mercury in human breath from dental amalgams. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* ; 34 : p. 459-468, 1985.
- [94] Paterson RC et Watts A
Toxicity to the pulp of a glass ionomer cement, *Br. Dent. J.* ; 162: p. 110-112, 1987.
- [95] Pecegueiro M, Sachse MF, Amaro J, Farinha P, Fonseca I
Oral lichen planus versus oral lichenoid eruption as a manifestation of contact allergy. *Contact Dermatitis* ; 40 : p. 333-4, 1999.
- [96] Pohl L et Bergman M
The dentist's exposure to elemental mercury vapor during clinical work with amalgam. *Acta Odontologica Scandinavica* ; 53 (1) : p. 44-48, 1995.
- [97] Powell LV
Effect of admixed indium on mercury vapor release from dental amalgams. *J. Dent. Res.* ; 68, 8 : p. 1231-1233, 1989.
- [98] Powell LV, Johnson GH, Yashar M, Bales DJ
Mercury vapor release during insertion and removal of dental amalgam. *Operative Dentistry* ; 19 (2), p. 70-74.: 1994.
- [99] Power JM et Farah JW
Apparent modulus of elasticity of dental amalgams. *J. Dent. Res.* ; 54, 4 : p. 902, 1975.

[100] Power JM, Hostetler RW, Dennison JB
Thermal expansion of composite resin&sealants. J. Dent. Res. ; 58, 2 : p. 584-587, 1979.

[101] Raskin A, Vreven J, Sabbagh J et coll.
Obturation par un matériau : résines composites.
Encycl Médi-Chir (Paris), odonto. ; 2, 23-065-E-10 : p. 21, 1996.

[102] Rapport AFSSAPS
Le mercure des amalgames dentaires. Rapport 2005.
<http://agmed.sante.gouv.fr/htm/10/dentaire/rptoct05.pdf>

[103] Revue ECOMINE
Le mercure, 1ère partie : métal, mine et utilisations. Extrait de la revue ECOMINE, BRGM, Avril 2005.

[104] Revue Géochronique
Le mercure Géochronique 2005.
http://www.industrie.gouv.fr/energie/matieres/textes/ecomine_note_avr05.htm

[105] Robertello FJ, Dishman MV, Sarrett DC, Epperly AC
Effect of home bleaching products on mercury release from an admixed amalgam. Am. J. Dent. ; 12 : p. 227-230, 1999.

[106] Roller et coll., Krauss et coll.
Rapport de l'université de Tübingen, 1997.

[107] Rotstein I, Dogan H, Avron Y, Shemesh H, Steinberg D
Mercury release from dental amalgam after treatment with 10% carbamide peroxide in vitro. Oral Surg, Oral med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod, 89 : p. 216-219, 2000.

[108] Rubien P et Yu MH
Mercury vapor in amalgam waste discharged from dental office vacuum units. Archives of Environmental Health ; 51 (4), p. 335-337, 1996.

[109] Toumelin-Chemla T, Toumelin JP et M Degrange
L'amalgame dentaire et ses alternatives – Evaluation et gestion des risques, Edition Lavoisier tec & doc, chapitre 3, p. 23-25 25, 1998.

[110] Sano H, Ciucchi B, Matthews WG, Pashley DH
Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. J. Dent. Res. ; 73 : p. 1205-1211, 1994.

[111] Sarkar NK
Creep, corrosion and marginal fracture of dental amalgams J. Oral Rehab. ; 5 : p. 413-423, 1978.

[112] Salignac P, Reiser MT, Mosbrucker R, Rouyer J, Schmitt R
Evaluation des risques liés à l'utilisation du mercure dans les cabinets dentaires. Archives des Maladies Professionnelles ; 47 (1), p. 56-57, 1986.

[113] Schach-Boos V, Jahanbakht S, Livardjani F, Flesch F, Jaeger A
Evaluation of the mercury occupational exposure of dentists. Human and Experimental Toxicology ; 2001, 20, p. 57, 2001.

[114] Schach-Boos V, Jahanbakht S, Livardjani F, Flesch F, Jaeger A.
Evaluation de l'exposition professionnelle au mercure des chirurgiens-dentistes. XIXe Journées franco-suissees de médecine du travail, Genève, 17 et 18 mai 2001.
www.grmhst.ch.

[115] Schlegel A
Modélisation de la libération des vapeurs de mercure par les amalgames dentaires. Thèse de chirurgie dentaire, université Louis Pasteur, Strasbourg, 2000.

[116] Steinberg D, Blank O, Rotstein I
Influence of dental biofilm on release of mercury from amalgam exposed to carbamide peroxide. J. Biomed. Mat. Res. ; 15 : p. 627-631, 2003.

[117] Svare CW, Peterson LC, Reinhardt JX et coll.
The effect of dental amalgam on mercury levels in expired air. J. Dent. Res. ; 60 : p.1668-1671, 1981.

[118] Swedish environment authority
Citée dans la revue Resurgam-vol43, juillet 2000

[119] Valade P
Intoxication mercurielle au cabinet dentaire. Thèse de chirurgie dentaire, université d'Auvergne Clermont-Ferrand I ; p. 101, 1993.

[120] Vimy MJ et Lorscheider FL
Intra-oral air mercury released from dental amalgam. J. Dent. Res. ; 64 : p. 1069-1071, 1985 a.

[121] Vimy MJ et Lorscheider FL
Serial measurements of intra-oral air mercury: Estimation of daily dose from dental amalgam. J. Dent. Res. ; 64 : p. 1072-1075, 1985 b.

[122] Walker RS, Wade AG, Iazzetti G, Sarkar NK
Galvanic interaction between gold and amalgam ; effect of zinc, time and surface treatments. JADA ; 134 : p. 1463-7, 2003.

- [123] Wasserman et coll.
Rapport de l'institut toxicologique de l'université de Kiel, soutenu le 23/11/1994, publication en 1997.
- [124] Wing G et Ryge G
Setting reactions of spherical-particle amalgams. J. Dent. Res. ; 44 : p. 1325-33, 1965.
- [125] Whitlock RP, Tesk JA, Widera GEO et coll.
Consideration of some factors influencing compatibility of dental porcelain and alloys. Part 1. Thermo-Physical Properties. In : Proc. 4th Int Precious metal Conference, Toronto, june 1980, Willowdale, Ontario. Pergamon Press : p. 273-282, 1981.
- [126] Willems G, Lambrechts P, Braem M et coll.
A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. Dent. Mat. ; 8 : p. 310-319, 1992.
- [127] Wong L et Freeman S
Oral lichenoid lesions (OLL) and mercury in amalgam fillings. Contact Dermatitis ; 48 : p. 74-9, 2003.
- [128] Yiannias JA, El Azhary RA, Hand JH, Pakzad SY, Rogers RS
Relevant contact sensitivities in patients with the diagnosis of oral lichen planus. J. Am. Acad. Dermatol. ; 42 : p. 177-82, 2000.
- [129] Zalups KR
Molecular interactions with mercury in the kidney. Pharmacol Rev. 2000 ; 52 : 113 – 143 J. Am. Acad. Dermatol. ; 42 : p. 177 - 82, 2000.

ROCHE Xavier : L'AMALGAME D'ARGENT, UN MATERIAU D'OBTURATION ACTUEL ?

Nancy 2010 : 144f

Th. : Chir-Dent. : NANCY-1 : 2010

MOTS CLES :

- Amalgame dentaire
- Mercure
- Toxicité
- Matériau de restauration

Depuis maintenant plus de 150 ans, l'amalgame d'argent est utilisé en Odontologie Conservatrice. Or, depuis cette date, il a toujours fait l'objet d'une polémique récurrente, essentiellement en raison du mercure qu'il contient et de ses effets supposés néfastes pour la santé.

Ce travail vise à analyser quels sont les dangers réels de l'amalgame d'argent, à travers des études scientifiques, et pas seulement sur ce que peuvent en dire ses détracteurs.

Dans un premier temps, un historique sur le mercure et l'amalgame dentaire est présenté.

Le deuxième chapitre s'attache ensuite à l'analyse critique sur la toxicité du mercure présent dans les amalgames dentaires.

Dans un troisième temps, un chapitre est spécifiquement dédié aux avantages et aux inconvénients de ce matériau.

Enfin, le dernier chapitre expose les différentes recommandations officielles qui gravitent autour de l'utilisation de l'amalgame d'argent.

Au final, ce travail doit conduire le lecteur, non seulement à se forger une opinion sur la viabilité de ce matériau très critiqué, mais également à faire preuve d'esprit critique face aux arguments de la presse grand public.

JURY :

Président :	Monsieur J-P. LOUIS	Professeur des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR J.M. MARTRETTE	Maître de Conférences des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR E. MORTIER	Maître de Conférences des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR Y. SIMON	Attaché Universitaire

Adresse de l'auteur :

ADRESSE DE L'AUTEUR
Xavier ROCHE
40 Rue des Forges
88000 EPINAL

ROCHE Xavier : L'AMALGAME D'ARGENT, UN MATERIAU D'OBTURATION ACTUEL ?

Nancy 2010 : 144f

Th. : Chir-Dent. : NANCY-1 : 2010

MOTS CLES :

- Amalgame dentaire
- Mercure
- Toxicité
- Matériau de restauration

Depuis maintenant plus de 150 ans, l'amalgame d'argent est utilisé en Odontologie Conservatrice. Or, depuis cette date, il a toujours fait l'objet d'une polémique récurrente, essentiellement en raison du mercure qu'il contient et de ses effets supposés néfastes pour la santé.

Ce travail vise à analyser quels sont les dangers réels de l'amalgame d'argent, à travers des études scientifiques, et pas seulement sur ce que peuvent en dire ses détracteurs.

Dans un premier temps, un historique sur le mercure et l'amalgame dentaire est présenté.

Le deuxième chapitre s'attache ensuite à l'analyse critique sur la toxicité du mercure présent dans les amalgames dentaires.

Dans un troisième temps, un chapitre est spécifiquement dédié aux avantages et aux inconvénients de ce matériau.

Enfin, le dernier chapitre expose les différentes recommandations officielles qui gravitent autour de l'utilisation de l'amalgame d'argent.

Au final, ce travail doit conduire le lecteur, non seulement à se forger une opinion sur la viabilité de ce matériau très critiqué, mais également à faire preuve d'esprit critique face aux arguments de la presse grand public.

JURY :

Président :	Monsieur J-P. LOUIS	Professeur des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR J.M. MARTRETTE	Maître de Conférences des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR E. MORTIER	Maître de Conférences des Universités
Juge	M. LE DOCTEUR Y. SIMON	Attaché Universitaire

Adresse de l'auteur :

ADRESSE DE L'AUTEUR
Xavier ROCHE
40 Rue des Forges
88000 EPINAL

Jury : Président : JP LOUIS – Professeur des Universités
Juges : J.M. MARTRETTE – Maître de Conférence des Universités
E.MORTIER – Maître de Conférence des Universités
Y.SIMON – Docteur en Chirurgie Dentaire

Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Présentée par: **Monsieur ROCHE Xavier, François, Louis**

né(e) à: **MONTCEAU-LES-MINES (Saône- et-Loire)** le **25 juillet 1976**

et ayant pour titre : « **L'amalgame d'argent : un matériau d'obturation actuel ?** »

Le Président du jury,



JP. LOUIS

Le Doyen,
de la Faculté d'Odontologie



Autorise à soutenir et imprimer la thèse 32 19

NANCY, le 19.02.2010

Le Président de l'Université Henri Poincaré, Nancy-1

