

# L'amalgame – une question de conviction

*Survol et évaluation  
de la littérature actuelle*

*Hermann Metzler et Carlo Metzler  
(adaptation française de Serge Roh)*

*Mots-clés: mercure, amalgame, recyclage*

(Texte allemand, illustrations et bibliographie voir page 753)

## Introduction

L'amalgame est utilisé en médecine dentaire depuis 150 ans. Les alchimistes, les métallurgistes et les pharmaciens connaissaient déjà depuis longtemps la capacité du mercure à dissoudre des métaux comme l'or ou l'argent et à les restituer par chauffage. Des intoxications aiguës ou chroniques étaient également abondamment décrites. Le grand intérêt actuel pour les effets secondaires de l'amalgame rappelle des situations analogues vécues au sujet de la saccharine, de l'iode, de l'aspirine ou du formaldéhyde. Des protocoles de recherche mal adaptés, accompagnés parfois d'excès insensés sur des animaux de laboratoire, conduisent à de fausses conclusions et à de malheureuses généralisations. Toutefois les banques de données actuelles permettent à chaque scientifique de consulter une abondante littérature sur une problématique particulière. Bien que la plupart d'entre-elles ne recouvrent intégralement que les 30 dernières années, un chercheur consciencieux peut se déplacer dans une bibliothèque s'il désire consulter des documents antérieurs. Il peut également obtenir des informations intéressantes en consultant le réseau Internet s'il parvient à évaluer avec objectivité les innombrables documents qui y sont rassemblés pêle-mêle.

Ayant reçu pour tâche d'aborder plus précisément les problèmes associés au recyclage de l'amalgame, les auteurs ont étudié de manière différenciée l'évolution des différentes formes du mercure, incluant également ses bilans et ses cycles ubiquitaires ou anthropologiques. Ce travail semblait nécessaire car la dernière publication en langue allemande sur ce thème remonte déjà à plusieurs années (IDZ 1992).

Après avoir consulté plusieurs centaines de références littéraires mentionnant des connaissances anciennes et récentes, les auteurs présentent en quatre chapitres de nombreuses notions oubliées ou nouvelles. Le paragraphe initial aborde le bilan mercuriel de la nature et du corps humain. La seconde partie décrit la toxicité du mercure et de ses combinaisons chimiques. Le troisième chapitre examine plus particulièrement le comportement de l'amalgame et de ses diverses combinaisons moléculaires avec d'autres métaux. Ses propriétés physico-chimiques ainsi que les effets de la corrosion et des dégradations thermiques sont étudiés également. Le dernier alinéa traite des problèmes de recyclage et d'élimination de l'amalgame, considéré comme un alliage stable et non comme un composé mercuriel labile. Un dépôt dans une décharge correctement organisée permet la restitution lente du mercure dans son cycle universel et doit être considéré comme positif. Un recyclage onéreux, nécessitant beaucoup d'énergie et occasionnant un risque supplémentaire de contamination n'est pas nécessaire, d'autant qu'il n'existe (actuellement) aucune prescription légale en ce sens dans le monde.

## Bilans et cycles

*Sols:* Depuis l'aube de l'humanité, la présence du mercure dans les sols, jusqu'à 1 mètre de profondeur, représente près de 100 millions de tonnes. Les terres cultivables, en raison des apports agro-chimiques, peuvent présenter des valeurs atteignant 0,039 mg/kg (prairies de Basse-Autriche) à 1,8 mg/kg (rizières japonaises). La moyenne européenne est d'environ 120 gr/ha. (ÜLLMANN, 1984a). Le mercure contenu dans les sols est la principale source de contamination des produits alimentaires. Il peut également s'évaporer, augmentant ainsi sa teneur atmosphérique (en plus de sa concentration normale, des émissions volcaniques, de la combustion des énergies fossiles et des déchets). Les émissions naturelles dans l'atmosphère représentent environ 100 000 t/an. La production anthropologique tota-

le est d'à peu près 10 000 t/an qui, additionnée aux émissions précisées ci-dessus, donnent une production artificielle d'environ 20 000 t/an correspondant à environ 20% des émissions produites par la nature. Diverses sources aléatoires peuvent enrichir ainsi ces données d'environ 5%.

*Eau:* La concentration du mercure dans les océans est de 70 millions de tonnes. L'érosion naturelle en ajoute chaque année 5 000 tonnes. Ces données représentent une concentration ubiquitaire moyenne dans l'eau (y c. l'eau potable) de 0,00001 mg/l. En comparaison, la valeur limite tolérée dans l'eau de consommation en Allemagne est de 0,001 mg/l.

*Air:* Les émissions atmosphériques naturelles (éruptions volcaniques, érosions dues au vent et dégazage des sols) représentent environ 150 000 t/an alors que les émissions anthropologiques sont d'à peu près 20 000 t/an. Les différentes concentrations mercurielles relevées en différents points du globe terrestre et publiées à ce jour (POISSANT, 1995; LINDBERG, 1995; IVERFELDT, 1995; HIOKI & ESAKA, 1993) permettent d'affirmer que la concentration atmosphérique globale moyenne de notre planète est approximativement de 1 ng/m<sup>3</sup>. Il faut mentionner toutefois que les concentrations observées se situent à la limite des capacités analytiques des appareils de mesure les plus sophistiqués.

Les concentrations maximales mesurées sur des places de travail en Allemagne varient entre 0,05 mg/m<sup>3</sup> et 0,1 mg/m<sup>3</sup> (1993). En Suisse, la concentration atmosphérique moyenne dans les cabinets dentaires s'élève à 0,00153 mg/m<sup>3</sup> (WIRZ, 1993).

*Production et utilisation:* Le mercure est extrait de son minerai par torréfaction à 350–400° C. La matière première obtenue est ensuite sublimée à 580° C. En 1987, la production mondiale atteignait 6000 tonnes dont 30% étaient destinés à la fabrication d'électrodes, 21% à la fabrication de batteries et de piles, 20% pour l'électrotechnique, 15% pour les colorants et 14% pour divers usages (agrochimie, agents corrosifs, thermomètres ou obturations dentaires) (HULPKE, 1993). La production totale est toutefois en recul depuis quelques années.

Pour une ville d'un demi-million d'habitants comme Göteborg le cycle du mercure engendrait en 1991 un apport de 530 kg et une restitution de 450 kg. 70 kg étaient relâchés dans l'atmosphère. Les déchets incinérés représentaient 30%, les piles et batteries 21%, l'amalgame 18%, l'électrotechnique 9%, les thermomètres médicaux 8%, l'énergie (huiles et charbon) 7% et les crématoires 2% (AXELSSON, 1995).

Le cycle ubiquitaire du mercure n'a encore jamais été décrit dans sa totalité car les connaissances actuelles sont encore insuffisantes.

*Nourriture:* 70–90% du mercure est ingéré dans les aliments, le reste provient de l'air et de l'eau. L'ordonnance limitant les quantités maximales en Allemagne autorise une concentration de 0,5 à 1 mg/kg (valeur maximale pour le poisson), ce qui représente 1 ppm, seuil qui est souvent dépassé. Les recommandations actuelles de l'OMS limite la dose maximale hebdomadaire à 0,35 mg pour un homme de 70 kg et à 0,29 mg pour une femme de 58 kg (EISENBRAND & SCHREIER, 1995).

*Salive:* Une étude réalisée au Japon a mis en évidence chez 198 jeunes hommes une concentration mercurielle salivaire de 1,48 ppb et chez 133 sujets présentant des obturations en amalgame une moyenne de 3,55 ppb (TAKATU, 1982).

Une étude suisse (18 patients dont 11 porteurs d'obturations en amalgame) a permis de mesurer des concentrations salivaires entre 11,6 ng/min et 2,1 ng/min. Les porteurs d'amalgame ingurgitent 1 µg/jour dans leur organisme ce qui équivaut à 29,2 mg pour une vie entière (80 ans après la première obturation) (LUSSI, 1993).

*Air inspiré:* Le mercure inspiré est vraisemblablement plus suspect que celui contenu dans la salive. Sa mesure est toutefois extrêmement difficile. Elle est influencée de manière significative par l'étendue, le volume, l'état de surface, la passivation et les relations stoechiométriques des amalgames. Malheureusement peu d'études mentionnent ces paramètres. On peut admettre que la sublimation quotidienne représente environ 3,4 µgr (HALBACH, 1995) ce qui signifie une inhalation de 992,8 mg après 80 ans. Cette sublimation ne doit toutefois pas être considérée comme une absorption simple, le mercure étant peu soluble dans l'eau et fortement réactif. D'autre part, la plus grande partie du mercure inspiré est expiré immédiatement lors des mouvements respiratoires successifs. Les calculs de concentration doivent aussi tenir compte de la tension superficielle très élevée du mercure.

*Sang:* Une étude incluant 395 consommateurs de poisson a démontré que la concentration mercurielle sanguine variait de 1,8 ng/g chez les gens n'en consommant quasiment pas à 6,7 ng/g chez ceux qui en consomment beaucoup (SVENSSON, 1992). L'étude de 185 femmes et de leur nourrisson a montré que mères et enfants présentaient respectivement des valeurs de 0,4 et 0,5 µg/l et qu'il n'existait pas de corrélation entre les surfaces obturées et les résultats enregistrés. Par contre, une consommation excessive de poisson se traduit également par une élévation de la concentration sanguine de mercure au-delà de la barrière placentaire, bien que cela n'affecte pas la santé des nourrissons (STOZ, 1995).

*Urine:* Des étudiants en médecine dentaire ont été examinés avant et après avoir été en contact avec de l'amalgame. Les taux mesurés en µg de mercure/g de créatinine étaient de 0,53 avant et de 2,49 après contact lors du semestre d'été, de 1,46 avant et de 2,56 après contact lors du semestre d'hiver. Pendant les vacances, ces valeurs diminuaient spontanément et fortement (PIEPER, 1989).

*Cheveux:* L'examen de 125 étudiants inuits de 12 à 17 ans a révélé des concentrations mercurielles capillaires entre 0,2 et 15,9 µg/g. L'analyse de ces valeurs démontre une corrélation avec les habitudes alimentaires des sujets (poissons) et non avec les obturations dentaires. Des psychotests n'ont pas permis de mettre en évidence une relation entre les teneurs capillaires et les performances scolaires. Ces concentrations étaient comparables aux mesures capillaires relevées sur une momie inuite datant du XV<sup>e</sup> siècle (TULINIUS, 1995).

*Autres organes:* Des autopsies effectuées dans la région de Stockholm ont révélés des teneurs mercurielles de 10,6 µgr/kg dans l'occiput et le cortex cérébral, de 25 µg/kg dans l'hypophyse, de 3,3 µg/kg dans la musculature abdominale et de 229 µg/kg dans le cortex rénal (WEINER, 1993). Ces résultats sont confirmés par les dernières études allemandes et scandinaves (WIRZ, 1990).

*Commentaires:* Tout comme dans la nature, il n'est pas possible, avec les données actuelles, d'établir le cycle global du mercure dans l'organisme humain. Il peut se présenter comme un métal élémentaire, être halogéné, oxydé ou méthylé et avoir ainsi des propriétés fort différentes.

## Toxicité

*Propriété physico-chimique:* Le mercure est le seul métal à l'état liquide à température ambiante. Sa température de fusion est de  $-38,84^{\circ}\text{C}$ , celle d'ébullition de  $+365,58^{\circ}\text{C}$ . Sa pression de vapeur à une température de  $20^{\circ}\text{C}$  est de 1,6 mbar, ce qui représente environ 13,6 mg par  $\text{m}^3$  d'air et dépasse très largement les normes autorisées ( $0,08\text{ mg}/\text{m}^3$ ) (ROEMPP, 1995a). Le mercure appartient aux sept métaux déjà connus dans l'Antiquité.

*Réactivité:* Le mercure pur est un métal très réactif. Il peut traverser le tractus intestinal dans sa forme élémentaire et être plus tard éliminé à nouveau sous une forme métallique. Déjà en 1962, le biologiste moléculaire Max Perutz découvrait que des métaux lourds, dont le mercure, pouvaient être incorporés dans certains cristaux sans perturber l'ordonnance des autres atomes. Introduit dans l'organisme par la respiration ou par la perspiration, il est partiellement métabolisé en dioxyde de mercure. Ses ions réagissent aisément avec les radicaux libres des protéines et deviennent alors de puissants inhibiteurs enzymatiques.

*Classification:* La CE classe le mercure élémentaire comme un toxique uniquement dans sa forme gazeuse, avec le danger d'un effet cumulatif lors d'inhalation. Les mesures de protection recommandées sont la fermeture étanche des récipients contenant du mercure et prendre immédiatement contact avec un médecin en cas d'accident ou de malaise.

Les autres formes moléculaires font par contre l'objet de spécifications différentes. Les composés anorganiques (chlorures, sulfures) sont classés parmi les substances très toxiques lors d'ingestion, d'inhalation ou de contact avec la peau et présentent un danger d'effet cumulatif. Les composés organiques sont classés comme les composés anorganiques à l'exception du méthylmercure (métabolite du mercure que l'on trouve chez les animaux marins) qui est classé en Allemagne dans la catégorie des produits absolument proscrits lors de grossesse. Ces classifications sont basées sur les lois de la chimie.

L'Allemagne classait initialement l'amalgame dentaire dans les prescriptions médicamenteuses, nécessitant des notices explicatives telles que celles insérées dans le compendium des médecins (pour un produit qui ne peut certainement pas être considéré comme un médicament). Certains producteurs ont même édité des feuillets sur le modèle américano-européen réglementant les composés chimiques industriels. Mais, même pour un profane, l'amalgame ne peut être classé parmi de tels produits. Aux USA, il est actuellement considéré comme un objet ou une prothèse et doit être défini et classé comme tel. Pour la CE, il est considéré comme un article médical, ne nécessitant pas, à ce titre, une adaptation aux normes imposées pour les produits chimiques. En mars 97, le groupe de travail de la CE chargé de ces problèmes semblait encore très divisé sur la classification de l'amalgame en fonction des critères de réglementation médicale. Ce serait toutefois un non-sens de le classer comme un produit chimique. Un pointillisme pseudojuridique et ignorant les lois élémentaires de la nature ne peut d'ailleurs conduire qu'à des exercices-alibis inutiles et onéreux.

*Doses, élimination, symptômes:* Certains composés mercuriels ( $\text{HgCl}_2$ ) sont classés parmi les toxiques les plus dangereux et peuvent provoquer une issue fatale rapide en cas d'ingestion même limitée (ELSTNER, 1990). Ce ne sont toutefois pas des molécules de mercure élémentaire et il est nécessaire de préciser ici qu'entre le métal élémentaire et ses composés ou alliages

il existe de profondes différences. On peut révéler de manière anecdotique que jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle les médecins pratiquaient encore des thérapies nécessitant l'ingestion de mercure liquide sans conséquences graves pour leurs patients. Lors d'une intoxication aiguë au mercure le patient se plaint généralement de nausées, de diarrhées sanguinolantes, d'un goût métallique, d'agitations, de tremblements, de crampes, de paralysies, de toux ou d'une pneumonie. Les doses correspondant à une intoxication chronique sont évaluées à  $0,08\text{ mg}/\text{m}^3$ , dose à laquelle un travailleur peut être exposé sans protection pendant une période de 8 heures. Ses symptômes sont des maux de tête, des troubles du sommeil, des tremblements, des accès de colère, des délires, des hallucinations et un affaiblissement du système immunitaire pouvant entraîner la mort en cas de maladies infectieuses. Une étude italienne publiée récemment révèle que sur 33 ouvriers exposés à des vapeurs mercurielles, seuls quelques-uns présentaient des troubles de la vision extrêmement rares (CAVALLERI, 1995). Les temps d'élimination rénale sont estimés à 40–60 jours et pour l'ensemble du corps à 130–140 jours (SKARE & ENGQVIST, 1990).

*Catastrophes:* Depuis 1932 de l'acétaldéhyde est fabriqué au-dessus de la baie de Minamata, au Japon, en utilisant du mercure comme catalyseur. Jusqu'en 1969, les eaux usées étaient rejetées sans épuration, ce qui provoqua des troubles de la vision, des paralysies et des malformations dans les populations voisines. Les poissons pêchés dans la baie présentaient des concentrations de mercure atteignant  $50\text{ mg}/\text{kg}$  (dont 80% de méthylmercure). Dans le cadre d'un programme de l'ONU 16 055 habitants ont réclamé une reconnaissance de leur état entre 1969 et 1989. 2213 intoxications au mercure furent reconnues. Un cas similaire s'est produit à Niigata entraînant la mort de 900 à 2000 personnes. En 1971–1972, en Irak, de la farine produite à partir de semences ayant mariné dans un produit à base de mercure fut utilisée pour produire du pain, intoxicant près de 6000 personnes et en tuant environ 500 (HULPKE, 1993).

*Extravagances:* L'hérésie commença avec l'utilisation de l'iode comme désinfectant, ensuite un de ses successeurs (le mercurochrome) fut soupçonné de provoquer de graves allergies. Entre 1986 et 1992, à l'hôpital La Paz de Madrid, 840 enfants furent victimes d'allergies provoquées par 72 médicaments différents (ANIBARRO, 1992).

Nous sommes réticents à avouer les milliers de personnes décédées suite à une allergie à la pénicilline en regard des millions qui ont été sauvés. On ignore combien de gens sont morts ou ont souffert de séquelles irréparables dues à des allergies à l'iode ou au mercurochrome. Des médicaments comme le Vioform et l'Entero-vioform ont sauvé des centaines de milliers d'enfants de diarrhées graves jusqu'à l'apparition au Japon (uniquement) de symptômes paralytiques dont on a prétendu qu'ils étaient dus à l'utilisation de ces médicaments, obligeant la firme productrice à payer des dommages et à les retirer du marché. On établit plus tard que ces symptômes étaient déclenchés par une association du médicament avec du nickel (TJALVE & STAHL, 1984) mais plus personne ne s'intéressait alors à ce problème. Ainsi, lorsque l'on incrimine une substance de réactions allergisantes, il est impératif de s'assurer de sa pureté. Le mercure étant capable de dissoudre presque tous les métaux, il est rarement pur. De même, les allergies au cuivre doivent absolument tenir compte de la quantité de nickel que ce métal peut encore contenir.

*Epidémiologie récentes:* Mentionnons d'abord un cas typique d'intoxication aiguë au mercure: une famille de 4 personnes voulant récupérer l'argent contenu dans l'amalgame dentaire provoqua ainsi des vapeurs tellement concentrées que malgré des traitements intensifs au Dimercaprol, tous moururent (ROWENS, 1991). Aucun cas similaire n'a jamais été mentionné parmi les travailleurs exposés professionnellement au mercure. Il est toutefois facile de réaliser les risques que prennent les chercheurs d'or et les néo-alchimistes sans instruction ni expérience.

8157 enfants de médecins-dentistes, d'assistantes dentaires ou d'odonto-techniciennes ont été examinés de manière systématique à la naissance. Les résultats montraient un taux significativement plus bas de décès et de malformations chez ces enfants que dans des groupes de contrôle. Les auteurs conclurent qu'il n'existait aucune élévation du risque de malformations parmi ces professions (ERICSON & KALLEN, 1989). De même, une étude suédoise menée sur 1190 ouvriers exposés professionnellement au mercure ne révéla aucune élévation de la mortalité ou de l'apparition de cancers (BARREGARD, 1990). Une étude similaire norvégienne sur 674 ouvriers ayant été pendant 1 an en contact avec des vapeurs de mercure, si elle dénotait une légère élévation (marginale) des cancers pulmonaires (attribués au tabagisme et à l'amiante), ne présentait par contre aucune élévation de l'incidence de cancers rénaux ou du système nerveux de même qu'aucune autre lésion nerveuse ou des organes sensoriels (ELLINGSEN, 1993). En Italie, une étude réalisée sur 1146 fabricants de bonnets de fourrure ayant été en contact professionnel avec du mercure entre 1950 et 1992 montrait que seules les femmes présentaient une élévation de l'incidence des cancers pulmonaires. Le tabac n'est pas incriminé ce qui semble peu crédible en raison des données comparatives concernant les cancers pulmonaires en Europe pour la période d'après-guerre (MERLER, 1994). Il faut préciser que des travailleurs confinés dans un milieu poussiéreux présentent une tendance accrue au tabagisme, entraînant des conséquences particulièrement fatales en présence d'amiante et pouvant provoquer une démultiplication de l'incidence susmentionnés.

Une thèse de doctorat suédoise ayant étudié le comportement de 587 jumeaux (âge moyen 66 ans) ne révèle aucun effet négatif des amalgames sur la santé physique et mentale des sujets. Elle révèle même une corrélation positive entre la présence d'amalgames et la capacité de mémorisation (BJORKMAN, 1995). Une étude originale a été réalisée à Rome sur 122 nonnes âgées de 75 à 102 ans (22 avaient encore des dents sans amalgames, 27 étaient édentées, 43 présentaient des amalgames recouvrant une surface comprise entre 1 et 99 mm<sup>2</sup> et 30 une surface supérieure à 100 mm<sup>2</sup>). 8 tests neuropsychologiques différents ne permirent pas de mettre en évidence des altérations mentales dues à la présence d'amalgame, les sœurs plus âgées présentant les mêmes capacités que leurs cadettes (SAXE, 1995). Les vieux dentistes se distinguent également dans des études épidémiologiques. 2 groupes dont la moyenne d'âge respective était de 41 et 23 ans, ont été comparés à 2 groupes de docteurs (?) d'âge équivalent. Les dentistes plus âgés montrèrent des temps de réaction plus rapides lors de tests psychomoteurs mais ils étaient plus mauvais lors de tests de mémorisation (RITCHIE, 1995). A Göteborg, 1462 femmes ont été examinées attentivement d'abord en 1968/69 puis à nouveau en 1980/81. Les examens incluant des analyses biochimiques du sang, du sérum et de l'urine ne révélèrent aucun effet négatif associé aux obturations en amalgame, particulièrement au niveau de la fonction rénale et du status du système immunitaire (AHLQWIST, 1995).

*Commentaires:* La «Basler Zeitung» annonçait le 20 novembre 1996 qu'une étude de l'Université de Tübingen avait mis en évidence chez 17 500 sujets une relation entre les obturations en amalgame et la concentration salivaire de mercure. Pour ceux qui ont lu attentivement la documentation précédente la réponse semble évidente. Un chercheur sérieux aurait pu établir une telle conclusion sans peine tout en sachant parfaitement qu'elle ne présage absolument rien de la positivité ou de la négativité du métabolisme du mercure. L'apport mercuriel des amalgames est bien inférieur à celui provenant de la nourriture. Le méthylmercure provenant des poissons est tératogène, le mercure ne l'est pas et l'amalgame encore moins.

Une des questions qui a frappé l'auteur principal en tant que chimiste et documentaliste, est de comprendre pourquoi le mercure ubiquitaire n'est pas encore devenu un minéral ou un oligo-élément indispensable à la vie. Vraisemblablement la nature a-t-elle la possibilité de faire plus facilement et à moindre énergie ce qu'elle peut faire avec le mercure.

## Amalgame

L'amalgame dentaire moderne est un alliage de mercure, d'argent, de cuivre et d'étain, contenant parfois du zinc, mais absolument pas de nickel. Lorsque les mesures stoechiométriques sont respectées par un malaxage automatique et obéissent aux prescriptions du fabricant, l'amalgame ne contient pas de mercure libre car celui-ci est intégré dans différentes molécules (par ex. Ag<sub>2</sub>Hg<sub>3</sub>).

L'amalgame est relativement résistant aux effets corrosifs salivaires, moins aux solutions électrolytiques. Sa passivation est réalisée par l'oxygène, les phosphates et les liaisons souffrées. Il est très résistant à la pression, a un coefficient d'expansion comparable à la dent et possède un effet bactériostatique. Il n'existe actuellement aucun autre matériau possédant des propriétés comparables (ULLMANN, 1984b et c, RATEITSCHAK, 1992). Il ressemble par son eutectisme et ses liaisons à l'alliage chrome-molybdène-tungstène. Il était déjà utilisé au temps des empereurs romains. L'or ayant servi à la dorure du quadriges de la basilique San Marco fut dissous à l'aide de mercure puis, après transport, redéposé sous l'effet de la chaleur. En 1527, Paracelse décrivait des pommades contenant de fines particules de mercure ou d'oxyde de mercure comme remède contre la syphilis (ROEMPP, 1995b).

*Corrosion et passivation:* Il n'existe pas encore de tests de corrosion normalisés pour l'amalgame dentaire. Ils devraient pourtant être pratiqués si on considère que des obturations en amalgame peuvent parfois rester en bouche pendant une vie entière. Cette corrosion est néanmoins difficile à mettre en évidence car elle se situe à la limite des méthodes analytiques actuelles. Un travail bien conçu et réalisé sur 18 alliages dentaires, dont 3 amalgames classiques, pour évaluer leur résistance à 2 électrolytes (HOLLAND, 1991) a démontré que la méthode utilisée, bien que parfaitement adaptée aux autres matériaux dentaires, ne donne aucun résultat concluant pour les amalgames. Les différences de valeur électro-chimique des divers ions entrant dans la composition de l'amalgame devraient théoriquement permettre l'apparition d'une corrosion classique si ces éléments se trouvaient à l'état libre, ce qui n'est toutefois pas le cas.

D'autre part, il faut également tenir compte des phénomènes de passivation et de polarisation de l'amalgame. Si des différences de potentiels critiques sont atteintes, les éléments particuliers peuvent être mis en solution et se libérer des phases dont ils dé-

pendent (MAREK, 1993). Ainsi les amalgames conventionnels, comparés aux amalgames à haute teneur en cuivre, présentent une corrosion beaucoup plus profonde, avec rupture des liaisons des atomes d'étain. Cette corrosion peut toutefois être passivée par des ions phosphates (MOBERG & JOHANSSON, 1991). D'autre part, on notera que les surfaces d'amalgame polies résistent mieux à la corrosion que des surfaces brutes (BOYER & CHAN, 1978).

*Commentaires:* La salive, le sel de cuisine ou le fluor sont des agents corrosifs. L'effet antagoniste des phosphates contenus dans les pâtes dentifrices ne nous est pas encore bien connu, il semble néanmoins raisonnable de consommer du fluor pour la prévention des lésions carieuses. D'autre part, le sel de cuisine est utilisé dans la composition des dentifrices depuis très longtemps et le fluor y est incorporé depuis des décennies ce qui crée une situation paradoxale. Le fluor est certainement très bon pour l'émail dentaire mais corrosif pour les amalgames. Les praticiens expérimentés devraient avoir constaté depuis longtemps cette corrosion si elle devait avoir une importance clinique significative.

Une ancienne étude démontre avec précision que l'étain, et non le mercure, est prioritairement relâché par l'amalgame (GMELIN, 1972). Considérant les quantités importantes d'étain utilisées dans l'industrie des conserves, cet état de fait ne devrait pas poser de problèmes supplémentaires en relation avec l'amalgame dentaire.

*Allergies:* Plusieurs études récentes ont permis d'étudier les rapports étroits qui peuvent exister entre des lésions de la muqueuse orale et la présence d'obturations en amalgame. Parmi les plus importantes, on peut mentionner plus particulièrement les publications suivantes. (Une liste plus détaillée est publiée dans la version originale germanophone de cette adaptation).

24 patients, sur 279 présentant des symptômes oraux, démontrèrent aussi des réactions positives lors de tests cutanés: 13 avec un lichen plan oral, 2 avec une leucoplasie, 4 avec une glosodynie, 3 avec une stomatite et 2 avec un œdème angiomateux récidivant. Tous, sauf 2, présentaient une réaction allergique au mercure (12) ou à l'or (13). Un patient présenta aussi une allergie au nickel, un autre à une couronne en or (ALANKO, 1996).

Sur 19 patients présentant un lichen plan oral en contact direct avec un amalgame, et dont 16 renouvelèrent l'obturation incriminée, 13 présentèrent une guérison, 1 une amélioration de son état et 1 autre développa un carcinome (PANG & FREEMAN, 1995). 51 cas de lichen plan oraux furent examinés très attentivement, 17 présentaient une allergie au mercure, 13 une candidose. L'auteur les classa selon les critères de l'OMS mais ajouta que la nature de ces lésions ressemblait plus à une blessure de contact avec l'amalgame adjacent (OSTMANN, 1994).

Dans une ville suédoise de 80 000 habitants, 137 écoliers présentant un eczéma, une rhinoconjonctivite allergique ou un asthme furent examinés en essayant de corréler la présence d'obturations en amalgame ou le status social. Aucune corrélation entre les lésions et l'amalgame ne fut mise en évidence, mais les enfants ayant un niveau social supérieur se plaignaient plus souvent de symptômes (HERRSTROM & HOGSTEDT, 1994b).

En Autriche, où l'amalgame avait commencé à être remplacé par le palladium, les taux d'allergies se sont révélés nettement supérieurs (8,3% contre 2,8%) à ceux obtenus dans une étude européenne comparable (ABERER, 1993).

En 1974, l'examen de l'activité d'une clinique dermatologique finlandaise ne dévoilait que 2 dermatites mercurielles, une as-

sistante dentaire ayant manipulé l'amalgame à mains nues et un cas de thermomètre brisé. Les deux patientes présentaient des réactions positives au mercure métallique (KANERVA, 1993).

Ces différents travaux montrent l'importance d'une discussion sérieuse avec les patients. En cas de problèmes pouvant être associés à la présence d'amalgame, cette discussion devrait être assurée par des spécialistes (LUSSI & BUSER, 1997; LUEBBE & WUETHRICH, 1996).

*Commentaires:* En hygiène du travail on parle d'allergie lorsque 2 sujets sur 100 sont sensibilisés lors de patchtests et de réactions avec des immunoglobulines. Les substances critiques ont en général des poids moléculaires compris entre 150 et 350. Il est toutefois impératif de distinguer entre les irritations réversibles et les allergies réelles, ce qui n'est pas aisé avec les agents corrosifs. D'autre part, le cuivre contient presque toujours du nickel. Cela rappelle les problèmes apparus avec les premiers stérilets dans le cadre du planning familial, car ceux-ci n'étaient pas épurés en nickel. Pour les allergies au cuivre, il n'existe guère plus de 20 cas documentés dans la littérature mondiale, alors que le nickel est un allergène reconnu et même un carcinogène (Hausen, Brinkmann, Dohn, Lexique des allergènes de contact, ECOMED).

Les médecins-dentistes doivent tranquilliser leurs patients par une meilleure information (GERBERT, 1995) car les doutes et les craintes sont souvent la cause de polémiques et de malaises. Certains articles présentés sur Internet donnent un bon exemple de la façon dont cela devrait être fait (PANIZZI, 1996; JELKEN, 1996).

Au USA, un patient a attaqué un fabricant d'amalgame (responsabilité, garantie et négligence) ainsi que son dentiste (mal-façon) et l'American Dental Association (pour avoir prétendu que l'amalgame était un matériau sûr). L'ADA, de même que les autorités sanitaires et les instituts de recherche dentaire confirmèrent devant la justice que l'amalgame est un matériau d'obturation dentaire sûr, durable et bon marché. Il n'existe aucune évidence scientifique crédible que l'amalgame soit associé à une quelconque maladie ou représente un risque pour la santé des patients qui ne sont pas allergiques à ce produit. La justice a accepté les arguments de l'ADA. Cette procédure s'est terminée en novembre 1996 (ADA, 1996).

En Suisse, il n'existe encore aucune loi réglementant l'utilisation de l'amalgame dentaire. La SSO a édité à la fin 1995 des recommandations correspondant aux règles prévalant en Suède, au Danemark ou en Allemagne. Enfin, il faut encore mentionner un dernier ouvrage (VISSER, 1993) qui confirme toutes les conclusions épidémiologiques qui ont déjà été publiées dans des petites études (WIRZ, 1992).

## Le recyclage de l'amalgame

L'élimination des déchets entraîne toujours des problèmes de sécurité qui doivent être constamment maîtrisables et contrôlés. Les fournisseurs de déchets ont rarement une idée exacte des installations et des techniques utilisées pour l'élimination ou le recyclage de leurs rejets mais ils doivent connaître les caractéristiques de ces derniers afin de les déclarer et, en cas de déchets spéciaux, les spécifier. La sécurité d'un produit est définie en fonction d'une classification du danger qu'il représente, de sa quantité, de sa dissémination, de sa capacité d'accumulation et de sa biodégradabilité. Il peut même inclure des structures plus élaborées comme des plantes ou des organes. Les analyses de risques sont des tâches qui doivent être confiées à des experts

indépendants. La CE a donc mis en place une importante infrastructure pour unifier les données de sécurité des produits reconnus et pour les rendre accessibles à tous. L'amalgame dentaire n'est pas (encore) classé, ses éléments constitutifs le sont. Dans l'Environmental Chemical Data Information Network (ECDIN, 1996) chaque scientifique relié au réseau Internet peut trouver les définitions des produits, leurs propriétés physico-chimiques, leur évaluation toxicologique, leurs données écotoxicologiques, etc. rendant ainsi possible la réalisation d'une analyse correcte des risques concernant ces substances.

**Mercurie:** La toxicologie terrestre du mercure a déjà été mentionnée. Une de ses propriétés les plus néfastes est induite par sa capacité d'accumulation dans les organismes aquatiques. Il est fortement toxique pour le plancton, peut inhiber sa croissance dès que sa concentration dépasse 0,005 mg/l et induire un taux de mortalité pouvant atteindre 95% dès 5 mg/l. Pour les autres animaux marins, selon les espèces, ces différents effets sont observables entre 0,001 mg/l et 1 mg/l. Des accumulations de mercure sont également détectables chez les moules, les crevettes, les poissons, les castors, les phoques, les loutres, les serpents, les oiseaux, les œufs, les chevreuils, les bovins, etc. Chez ces derniers il est possible de mesurer les concentrations organiques suivantes: reins 0,023 ppm, foie 0,57 ppm, poumons 0,06 ppm, muscles 0,023 ppm, rate 0,1 ppm. Des concentrations particulièrement élevées peuvent être relevées dans les œufs de poule (4,5 ppm), le foie de loutre (5,2 ppm), le foie de phoque (4,8 ppm) et le foie de raton laveur (8 ppm).

**Argent:** Avec l'argent l'inhibition de croissance du plancton s'observe dès que sa concentration dépasse 0,0013 mg/l, la mortalité dès 0,1 mg/l. On note des accumulations à la limite du ppm dans les branchies des animaux marins, le foie ou le corps entier. L'argent est encore utilisé aujourd'hui comme bactéricide et comme bactériostatique.

**Étain:** Aucune donnée n'étant connue à ce jour, on ignore les éventuelles problèmes que peut engendrer l'étain chez les organismes aquatiques.

**Cuivre:** Le cuivre est connu depuis longtemps comme agent contre les algues dont l'inhibition est constatée à partir de 0,03 mg/l. Celle du plancton est observable dès 0,01 mg/l et sa mortalité dès 1 mg/l. Chez les animaux marins, ces phénomènes apparaissent entre 0,003 et 0,024 mg/l (inhibition) et à partir de 0,4 g/l (mortalité). Le cuivre est également capable de s'accumuler dans le foie des bovins (100–154 ppm), les reins de porc (5–19,5 ppm), le foie de porc (100–170 ppm). Il est un élément essentiel, particulièrement pour les plantes.

**Zinc:** L'inhibition du plancton due au zinc est observable à partir de 0,05 g/l, la mortalité à partir de 50 g/l. Chez les animaux marins, ces phénomènes apparaissent lorsque ces valeurs atteignent respectivement 0,05 mg/l (inhibition) et 3 mg/l (mortalité). Chez les bovins, on peut trouver des concentrations assez importantes (sang 1–3 ppm, os 60–90 ppm, cerveau 30–50 ppm, reins 90–100 ppm, foie 25–140 ppm, viande 46–300 ppm). Le zinc est un oligo-élément.

**Quantité:** Dans le monde, environ 3000 tonnes de mercure sont utilisés par les dentistes chaque année pour la réalisation d'obturations en amalgame, ce qui représente environ 1 tonne pour la Suisse (WIRZ, 1993). En Belgique près de 5 tonnes sont uti-

lisées chaque année et environ 2 tonnes sont rejetées dans les eaux usées ou dans les poubelles ménagères. Seuls 5% des dentistes belges utilisent un séparateur à amalgame (DELIENS & DE DEYN, 1993). En Suisse, 95% des cabinets dentaires sont équipés de séparateurs. Leur installation est justifiée pour maintenir les taux de rejet dans les limites légales.

**Gestion des déchets:** En Belgique, l'amalgame est éliminé avec les déchets ménagers. Lorsqu'il existe un circuit sûr permettant de déposer les déchets dans une décharge organisée et non dans un centre d'incinération, ce n'est pas une mauvaise solution. De bons conditionnements et des voies d'élimination courtes sont des gages de sécurité. Les eaux souterraines ne sont en principe pas menacées si la décharge est correctement conçue et, aussi longtemps qu'aucun acide ou aucune solution oxydante ne dissocie les éléments constitutifs de l'amalgame, celui-ci reste stable pour des milliers d'années. Ainsi, une partie du mercure est fixé et retiré de son cycle universel. La méthylation biologique des liaisons mercurielles anorganiques par les organismes marins est un cas particulier qui ne concerne pas l'amalgame déposé dans le sol. Un recyclage ne serait indiqué qu'en cas de raréfaction d'éléments constitutifs de l'amalgame, ce qui n'est pas le cas actuellement.

**Recyclage:** Dans la littérature spécialisée on trouve 3 méthodes de recyclage: la distillation, l'acido-extraction et l'électrolyse. Toutes les 3 sont dévoreuses d'énergie, induisent des risques d'exposition inutiles et ne garantissent pas la pureté des produits obtenus (DESMET, 1984; LEE & FUNG, 1991; SCHWALOWSKI, 1994; NYSANBAEVA & BUKHMAN, 1983). Le transport et le tri des déchets d'amalgame sont déjà des opérations critiques. Il est donc particulièrement recommandé de transporter et de conserver l'amalgame dans une solution photochimique. Le recyclage de l'amalgame n'a d'ailleurs jamais démontré un bilan écologique favorable.

**Commentaires:** Il n'existe aucun argument pour justifier un recyclage compliqué, peu sûr et onéreux alors qu'il n'existe pas de problème réel. Même la réglementation la plus sévère (EPA, Environmental Protection Agency, USA) considère que l'amalgame dentaire ne présente aucun risque pour l'environnement (FAN, 1992).

**Réglementations:** Dans la réglementation technique suisse sur les déchets (1990), le mercure et ses alliages doivent être considérés comme des déchets spéciaux, mais pas explicitement l'amalgame. Il n'y a pas non plus de données le concernant dans la liste des ordonnances sur le transport des déchets spéciaux (1989). Dans des conditions normales (sans oxydants) l'amalgame n'occasionne aucun déchet mercuriel significatif dans les eaux usées, les bains et les boues d'épuration. Les méthodes d'analyse couramment utilisées ne distinguent pas le mercure des alliages mercuriels et de l'amalgame, ce qui peut être considéré comme une erreur en l'état actuel des connaissances scientifiques. Il existe une différence fondamentale entre des eaux usées contenant du mercure élémentaire soluble ou de l'amalgame insoluble.

En Allemagne, il n'y a pas de spécifications techniques particulières pour les déchets d'amalgame (SCHENKEL, 1988). Aucune directive ou ordonnance de la CE ne mentionne explicitement l'amalgame (CEE, 1973; 1991; 1993; 1996). Aux USA, l'ensemble des autorités a constaté après plusieurs expertises qu'il n'y avait pas d'évidence suggérant que l'amalgame dentaire contamine

les eaux usées et qu'il n'était donc pas justifié d'introduire une législation spéciale. L'amalgame n'est pas non plus classable comme un déchet infectieux (PRICE & DAVIS, 1996).

En Suisse, il existe toutefois des recommandations particulières pour le traitement des déchets d'amalgame (OFEFP, 1988; Columbia, 1996). De nouvelles recommandations ont également été publiées par la Commission pour l'Hygiène du cabinet dentaire et la Protection de l'environnement de la SSO (HAESLER, 1995).

## Discussion

Il existe de multiples façons d'aborder la discussion sur l'amalgame dentaire comme le démontre les innombrables citations relatives à ce sujet. Le préalable en est toutefois la connaissance des diverses formes que peuvent prendre les éléments utilisés et leur métabolisme biologique. Il existe ainsi une différence significative entre le méthylmercure et l'amalgame. Malgré cela, il est très étonnant de constater le manque de considération des divers interlocuteurs pour ces distinctions fondamentales que soulignent pourtant clairement les spécialistes compétents (RAETEITSCHAK, 1992). D'autre part, l'absence d'uniformisation des différentes méthodes d'analyse utilisées rend très difficile leurs interprétations quand il ne manque pas la définition complète des paramètres utilisés. Les liaisons moléculaires moins stables des composés solubles doivent être considérées de manière distincte par rapport à l'amalgame. Des données approximatives ne peuvent ainsi pas être prises en considération dans une discussion sérieuse. De plus les symptômes bioénergétiques décrits dans ces diagnostics imprécis ne sont pas toujours totalement imputables aux propriétés intrinsèques de l'amalgame. Un examen approfondi devrait être beaucoup plus sérieux pour pouvoir être évalué correctement.

## Conclusions

L'amalgame n'est pas une question de conviction. Dans le domaine de l'amalgame dentaire il existe une avalanche de faits, de données et toutes sortes de publications. Il est pratiquement impossible de réaliser une étude originale. Chacun doit donc, à partir de ce désordre, trouver ce qui lui convient. Les auteurs en arrivent donc aux conclusions suivantes:

L'amalgame, selon les données scientifiques actuelles, doit être considéré comme inoffensif pour la santé à l'exception des allergies qui lui sont associées. Les cas bioénergétiques ou sus-

pects ne peuvent pas être diagnostiqués par des méthodes alternatives non reconnues et traités selon des procédés incertains, même s'ils ne représentent qu'une infime minorité de la population (1-3%).

Un produit de substitution véritable (comparable dans son rapport qualité-prix) pour les obturations en occlusion sur les dents permanentes n'existe toujours pas. Les alternatives à l'amalgame dont on parle aujourd'hui (obturations directes en composite, inlays directs, indirects ou réalisés à l'aide d'un système informatisé) ne sont pas des substituts car leur production et leur comportement nécessitent un investissement économique et technique supérieur. Ce fait doit particulièrement être pris en compte par les responsables politiques actifs dans le domaine de la santé publique et des assurances sociales qui ont la responsabilité de maintenir des solutions thérapeutiques adaptées à l'ensemble de la population.

Lors d'une élimination dans une décharge correctement organisée, il n'existe aucun danger pour l'environnement. Les connaissances actuelles des processus de recyclage montrent leur fragilité, leurs coûts et leurs risques pour l'environnement. Un bilan écologique clair et positif à l'avantage du recyclage de l'amalgame n'a encore jamais été établi. Le fait qu'aucun article de loi ne nomme explicitement l'amalgame hors des différentes combinaisons chimiques du mercure doit être considéré comme une opportunité de pouvoir classer l'amalgame dans une catégorie particulière. Les pratiques actuelles concernant le recyclage de l'amalgame en Suisse sont le reflet des grandes prises de conscience de la fin des années quatre-vingts dont le refrain général était: «en cas de doute, on recycle!» Les connaissances actuelles devraient inciter une réévaluation de cette pratique.

Les auteurs sont conscients que certains groupes d'intérêts, d'idéologues et de journalistes ne sont pas impartiaux avec les chiffres et les faits. Ces gens doivent prendre conscience qu'ils rendent un mauvais, voire répréhensible, service à la plus grande partie de la population en clouant au pilori l'amalgame dentaire moderne de manière indifférenciée. Cela surtout au moment où l'assainissement par l'amalgame des lésions carieuses supportant les forces d'occlusion reste la seule solution à long terme socialement défendable. L'harmonie ne domine que pour une seule affirmation: la meilleure obturation dentaire est l'absence d'obturation! Ce qui signifie que les mesures de prophylaxie sont absolument nécessaires pour maintenir des dents saines. Le choix d'une obturation est déjà un échec et nécessite des compromis appropriés. Un de ces compromis, après informations et discussion avec les patients, s'appelle amalgame.