



Projet CHILD 1.1

GEFID# 9684

Réduction de la pollution due
aux produits chimiques nocifs
et aux déchets dans les « hotspots »
méditerranéens et mesure des
progrès vers les impacts.



Mediterranean
Action Plan
Barcelona
Convention



MedWaves
the UNEP/WHO Regional
Activity Centre for SCP



Résumé exécutif

Saïd TLIG

Décembre 2024

Plan d'action pour la Méditerranée

Plusieurs facteurs peuvent amplifier les menaces de cette pollution chimique, et peuvent endiguer la pauvreté, le manque en termes de capital économique, et sont source du manque d'équité et d'accès à la santé au pourtour de la Méditerranée. Ces enjeux sont encore plus aggravés en raison de la diversité socio-culturelle, des conflits liés au genre, et des disparités quant aux capacités d'adaptation des groupes et sous-groupes sociétaux à la variabilité de plus en plus accentuée des conditions environnementales, écologiques et climatiques.

Le Plan d'Action pour la Méditerranée du PNUE (PNUE/PAM) est un programme de l'environnement de l'ONU destiné à soutenir les pays membres de la Convention de Barcelone pour la protection du milieu marin et du littoral de la mer Méditerranée. Ce plan d'action est mis en œuvre par le Centre d'activités régionales pour la consommation et la production durables (SCP/RAC), qui est rattaché à l'Agence des déchets de la Catalogne (Agència de Residus de Catalunya (ARC), actuel Medwaves.

Le Plan régional sur le mercure qui stipule que « les parties doivent adopter les mesures appropriées pour isoler et contenir les déchets contenant du mercure afin d'éviter toute contamination potentielle de l'air, du sol ou de l'eau », a en outre été adopté et mis en œuvre en 2012 par les signataires de la Convention de Barcelone. Plus récemment, la Convention de Minamata sur le mercure entrée en force le 16 Août 2017, a donné un élan supplémentaire à l'élaboration des évaluations initiales de la Convention de Minamata (EIM), l'une des activités habilitantes soutenues par le FEM pour les pays en développement et les pays émergents.

Objectifs du travail

Le présent travail s'organise en trois parties séparées :

- Analyse du contexte institutionnel et réglementaire du mercure : mettre en exergue les points forts mais aussi les carences réglementaires à surpasser visant l'alignement du droit Tunisien sur la réglementation internationale en la matière en vue de la réduction des apports nocifs du mercure pour l'environnement et ses impacts sur la santé humaine.
- Inventaire national du mercure pour l'année 2022 en Tunisie : identifier les principales catégories de sources d'apports de mercure dans l'environnement et améliorer la réglementation en vue d'une réduction de ces apports et d'une lutte efficace contre les dangers de cet élément.
- Evaluation de l'état de la contamination des eaux de ruissellement, de l'air, des milieux lagunaires et zones côtières par le mercure, mais aussi d'anciens sites miniers ayant servi à la production de mercure vierge. Cette évaluation est destinée à dégager les critères de base en termes de teneurs limites tolérées pour le mercure, seul moyen de justifier les amendements de textes réglementaires en application, et dans l'alternative, la proposition de nouveaux textes de lois sur la gestion du mercure et de ses rejets.

Mercure dans le droit international et régional

Conscient de la nocivité extrême des espèces de mercure et de ses composés, le 25^{ème} Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en février 2009, a décidé d'établir la nouvelle Convention de Minamata. Il s'agit du premier instrument qui est juridiquement et internationalement, suffisamment contraignant pour la gestion du mercure et de ses composés. L'objectif majeur fixé est de réussir au moyen et long termes (2030) son éradication des processus industriels.

La Tunisie est Partie à de nombreuses conventions qui s'appliquent directement ou indirectement à la lutte contre le mercure et ses composés. Le pays a signé la convention de Minamata en octobre 2013, dont le processus de ratification est actuellement bien avancé.

Parmi les conventions qui visent indirectement les impacts du mercure sur l'environnement et sur la santé humaine peuvent être cités :

Convention de Bâle (1989) : sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets dangereux et de leur élimination, ratifiée par la Tunisie en 1999 (loi n° 99-78 ; 2 août 1999).

Droit international sur l'immersion des déchets en mer : la réglementation à ce sujet date de 1958. La communauté internationale s'est engagée depuis la Convention de Genève, pour l'interdiction de l'évacuation, de l'immersion, ou incinération en haute mer des déchets radioactifs ou autres (CG ; article 25).

Convention de Barcelone (1978) relative à la protection (Medprogramme) de la mer Méditerranée contre la pollution, et protocole connexes, ratifiée par la Tunisie en vertu de la Loi n°77-29 du 30 juillet 1977.

Protocole d'Aarhus (1998) sur les métaux lourds persistants, rattaché à la Convention de Genève (1979) sur la pollution transfrontière à longue distance.

Convention de Bamako (1998) : Cette Convention de Bamako a été négociée par douze nations de l'Organisation de l'Unité Africaine à Bamako, au Mali, en janvier 1991, et est entrée en vigueur en 1998. Elle interdit l'importation en Afrique ainsi que le déversement ou l'incinération de déchets dangereux dans les océans et les eaux intérieures, établit le principe de précaution et prévoit une gestion saine de ces déchets sur le continent.

Convention de Stockholm (2001) relative aux polluants organiques persistants (PoPs) ratifiée par la Tunisie (Loi n° 2004-18 du 15 mars 2004) et la **Convention de Rotterdam** (1998) ; ratifiée en vertu de la Loi n° 2015-43 du 03 novembre 2015, sur la procédure de consentement préalable et en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet de commerce international, ne sont pas directement liées au mercure.

Droit Européen et conformité à la Convention de Minamata : En 2008, un règlement global relatif au mercure a été adopté. Des dispositions spécifiques à certains aspects du mercure et des composés du mercure ont été accomplies, et plus récemment un nouveau règlement CE n°1102/2008 du 22 octobre 2008, a été adopté, abrogeant celui de 2008. Ces règlements ont souvent constitué une source d'inspiration pour le droit Tunisien. Les dispositions du droit Européen visant à encadrer, à restreindre, voire à interdire l'utilisation du mercure et ses composés sont énoncées dans de nombreux règlements adoptés depuis les années 2000, et dont le dernier en date concerne l'interdiction de l'usage des amalgames pour l'obturation dentaire (*Règlement (UE) 2024/1849*,) à partir du 1^{er} janvier 2025.

Alignement du droit Tunisien sur les dispositions du droit international et de la convention de Minamata sur le mercure

La constitution de 2022, notamment dans son article 47, et les réglementations nationales s'érigent en un arsenal juridique suffisamment performant pour lutter contre les atteintes du mercure à l'environnement, et surtout à la santé humaine.

Il faut noter que la Tunisie s'est toujours engagée à ratifier les conventions internationales en la matière, et dont la dernière en date est la convention de Minamata dont le processus de ratification sera très prochainement achevé. De plus, Le droit Tunisien relatif à l'environnement et à la santé demeure pertinent pour servir de cadre général à la gestion du mercure et de ses composés. Il s'agit des réglementations relatives à la lutte contre la pollution, la remise en état des lieux, la protection de la santé, la prévention du risque au travail, la protection du consommateur, etc. Ce droit prend aussi en considération les activités minières et les hot-spots en agissant pour le recensement des sites pollués dans le cadre de la nouvelle stratégie nationale de transition iconologique (axe 4), et s'engageant à en assurer la dépollution. Ce fût le cas de la mise en sécurité de l'unité chlor alkali en 2019, et des études de dépollution de ce site à Kasserine, depuis 2009.

Parmi les réglementations adoptées anticipant l'application des dispositions de Minamata, peuvent être cités l'adoption de normes des eaux de boisson humaine (NT 09.14), des rejets d'eaux usées, de l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, des teneurs limites de polluants de source fixe, de teneurs limites concernant les seuils d'alerte dans l'air ambiant, l'interdiction de mise sur le marché de thermomètres à mercure et leur usage dans les établissements de santé, etc. Le recensement est aussi fait des stocks de mercure de plus de 50 tonnes, ou de stocks importés de l'ordre de 10 tonnes comme stipulé dans la convention de Minamata (article 3).

Points forts et carences à surpasser du droit concernant le mercure

L'intérêt primordial accordé par les instances aux questions de sauvegarde de l'environnement et de la santé humaine, ont suscité la signature de la Convention de Minamata dès octobre 2013. Le droit Tunisien est de même très favorable à intégrer un régime spécifique au mercure : import/export ; extraction minière, fabrication de produits, rejets et émissions,... De nombreuses composantes de ce droit sont conformes aux exigences des principales conventions internationales pour la lutte contre les dangers du mercure, et en particulier la Convention de Minamata. Au plan institutionnel, nombreux sont les intervenants selon l'étape du cycle de vie du mercure ou de ses composés, mais sans risques notables de conflits de compétence.

Cependant, en l'absence de dispositions claires portant sur les dangers du mercure et de ses composés, leur fabrication, leur usage, et leurs rejets et émissions à la source ne facilite pas la tâche des intervenants pour le suivi et contrôle des impacts sur la santé et sur l'environnement.

Il peut ainsi être recommandé d'accélérer la ratification de la Convention de Minamata et de mettre en place un Groupe de travail pour entamer la réflexion quant à l'intégration du mercure et de ses composés dans le tissu institutionnel et réglementaire, et sans alourdir le paysage institutionnel dans la mesure du possible.

Au plan d'une mise à jour de la réglementation spécifique au mercure un certain nombre de propositions peuvent être esquissées. Ces propositions nécessitent néanmoins une analyse du bilan des rejets de mercure en Tunisie, mais aussi une évaluation des teneurs du mercure dans les eaux de ruissellement, dans les émissions et rejets de cet élément (eau, air, sol, biote, milieu marin proximal). Une confrontation des données aux standards internationaux, et notamment aux directives de l'OMS (année 2022), permettent ensuite d'apporter les amendements et la mise à jour de la réglementation Tunisienne sur le mercure. C'est l'objet de la deuxième et de la troisième partie de ce travail.

Bilan des rejets de mercure de l'année 2022

Ce bilan a été établi grâce au Toolkit niveau 1 (révisé 2019). Les données des activités (produits de consommation, production et utilisation de pétrole et d'hydrocarbures, rejets et émissions de mercure, produits de consommation, etc.) proviennent des bases de données nationales notamment celle de l'Institut National de la Statistique, des rapports annuels d'activités des entreprises, et des données de la littérature nationale et internationale. Les résultats des rejets globaux de mercure sont ensuite confrontés au bilan de l'année 2015 établi à l'aide du Toolkit niveau 1 (révisé 2015). L'objectif majeur de cette comparaison est de dégager les efforts conduits notamment par les ministères de l'Environnement de la santé notamment, et le ministère de l'industrie, de l'énergie et des mines pour infléchir la quantité annuelle de ces rejets de l'année 2015 à l'année 2022, ce qui répond en premier lieu aux dispositions de la convention de Minamata.

Il s'avère que les principales catégories sources de rejets et émissions de mercure sont les thermomètres à Hg, les amalgames dentaires, les déchets (déchets ménagers et assimilés et eaux usées), les piles et batteries, la production de ciments, mais aussi les sources de lumière. Les émissions globales pour l'année 2022 sont évaluées à **7,24 tonne Hg/an**. La majorité des émissions est livrée à l'air (1,76 tonnes), alors que les rejets dans l'eau (0,88 tonnes) et dans les sols (0,4 tonnes) sont modestes. Les déchets généraux monopolisent de leur côté une quantité de mercure de 4 tonnes.

Ces résultats sont ensuite comparés aux rejets de mercure de l'année 2015, soit une quantité de **12,81 t/an**. Cette comparaison montre que les rejets et émissions de mercure ont été largement infléchis de 2015 à 2022. Cet infléchissement peut s'expliquer par de nombreux facteurs liés aux modes de gestion du mercure :

- L'interdiction de la mise sur le marché de thermomètres à mercure et leur usage pour mesurer la température interne chez l'homme (Circulaire n°36 du Ministre de la santé, en 2018) ;
- La réglementation de l'application des amalgames dentaires pour les personnes fragiles, et l'instauration des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires et privés (voire circulaires N° 1- et N°2-2023 du ministre de la Santé).
- L'abandon progressif des sources de lumière à mercure ajouté au profit des sources de lumière LED, entre autres pour les difficultés de plus en plus oppressantes de pouvoir s'en procurer sur le marché international en réponse aux exigences et délais limites imposés à l'abandon de la fabrication et du commerce de ce type de produits de consommation suite aux exigences et à l'application des dispositions de la convention de Minamata et de ses Annexes A et B, notamment.

En sus de ces réglementations pertinentes visant directement le mercure et ses dangers, la Stratégie Nationale de Transition Ecologique 2030-2035 a été adoptée. L'axe 4 de cette stratégie est spécifiquement dédié à la "Production et consommation durables et lutte contre la pollution" dont en particulier celle liée au mercure et ses points chauds.

Importance de la ratification de la convention de Minamata par la Tunisie

La Tunisie gagnerait à ratifier cette convention sur le mercure qui est un polluant hautement toxique et indestructible/persistant. Il s'agit à proprement parler d'un polluant éternel. Cette ratification qui se conforme aux efforts actuels de lutte contre cet élément doit cependant :

- s'aligne sur les orientations de la nouvelle stratégie nationale de transition écologique, notamment son Axe 4 : "Asseoir les bases de l'économie verte, bleue et circulaire dans le cadre de modes de consommation et de production durables et éradiquer à terme les points chauds de pollution, décontaminer et réhabiliter les sites pollués" ;
- garantir les objectifs de la politique nationale en matière de développement durable :
 - Protéger l'environnement et la santé humaine contre les effets nocifs de l'exposition au mercure ;
 - Réduire la pollution par le mercure provenant des activités humaines ;
 - La ratification doit renforcer l'engagement de la Tunisie en tant que partenaire mondial responsable ;
 - Cette ratification doit fournir un avantage net pour le pays.

Mercure dans l'environnement

L'évaluation de l'ordre de grandeur des teneurs en mercure dans l'eau, l'air et le sol et dans les produits de consommation alimentaire, est capitale pour la définition et le choix des teneurs limites autorisées lorsqu'il s'agit d'établir des normes réglementaires ou des réglementations.

Notons aussi que la Tunisie a disposé (1963-1998) d'une unité Chlor-Alkali à la SNCPA (Kasserine) utilisant le mercure, qui s'est soldée par la formation d'un point chaud local qui avait fait jusqu'ici l'objet de nombreuses études et de travaux visant la dépollution de ce site.

L'analyse des teneurs du mercure dans les eaux de ruissellement, l'air, les sols, les sédiments marins et dans le biote ont permis de déterminer l'ordre de grandeur des teneurs moyennes du mercure dans différentes matrices de l'environnement. Les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs maximales tolérées pour le mercure dans l'air, l'eau et le sol, par la réglementation de pays partenaires (France, Canada, Union Européenne, etc.), les recommandations de l'OMS, mais aussi celles adoptées dans les normes nationales et réglementations relatives à la gestion des émissions et rejets de mercure.

Il s'avère que les teneurs maximales tolérées pour le mercure dans les normes et réglementations suivantes sont très restrictives :

- NT 09.14 relative à l'eau de consommation humaine ;
- NT 106.03 relative aux eaux usées traitées utilisées pour l'agriculture ;
- L'arrêté du 26 mars 2018 relatif aux rejets des eaux usées dans le milieu récepteur.

Ces teneurs maximales tolérées pour se protéger des dangers du mercure doivent donc être révisées, ce qui conduit à la proposition de mises à jour des normes et de la réglementation nationale en la matière.

Il n'existe cependant pas dans le pays de normes relatives aux teneurs du mercure dans les sols pour les protéger des apports et rejets anthropiques de cet élément, pour réglementer l'occupation de ces sols, ou pour se prononcer sur leur état de contamination qui peut conduire à la nécessité de leur dépollution.

Enfin dans les milieux lagunaires et dans le domaine marin proximal, les teneurs en mercure dans les sédiments et dans le biote semblent enregistrer des teneurs modestes à élevées en cet élément liées notamment aux rejets hydriques dans les émissaires naturels et par canalisation des eaux usées traitées vers la mer.

Gestion du mercure et des déchets de mercure des toints chauds

Thermomètres à Hg : Cette partie de l'étude a été conduite par questionnaire administré à 21 grands hôpitaux et hôpitaux régionaux de plus de 500 lits. Les résultats indiquent un abandon pratiquement total de l'usage de ces thermomètres. Cependant la quantité de thermomètres obsolètes et sphygmomanomètres avariés retrouvée dans ces hôpitaux est dérisoire. Il s'avère ainsi que ces produits de consommation obsolètes ont été mélangés aux autres déchets de soins éliminés par les sociétés autorisés à cette fin.

Points chauds miniers et industriels : La Tunisie a produit du mercure vierge dans ses deux districts miniers d'Oued Maaden et de Jebel El Arja Sidi khalifade 1936 à 1973. Quelques centaines de tonnes produites ont été exportés, ou utilisées dans l'unité Chlor-Alkali de la SNTC/SNCPA à Kasserine à un rythme d'environ 8 tonnes par an de 1963 à 1973. Cette unité a été abandonnée en 1998 et remplacée par une nouvelle unité à membrane, sans mercure.

L'unité Chlor-Alkali à Kasserine a fait l'objet de nombreuses études de dépollution de 2009 à 2019, et a définitivement été mise en sécurité suite à des travaux de dépollution du Ministère de l'Environnement (2018-2019). Le mercure récupéré (environ 270 Kg) et les déchets de l'Unité démantelée sont conservés dans un hangar dédié en attendant le traitement définitif de ces déchets. Le site de cette ancienne unité est clôturé et mis en défens de tout usage ou construction.

Les deux sites d'oued Maaden et de Jebel El Arja Sidi Khalifa font actuellement l'objet d'étude pour l'évaluation de la pollution par le mercure et la proposition de programmes de dépollution.

Production de piles à mercure et de sources de lumière à mercure ajouté :

La seule société SOTUPILE fabricant les piles a abandonné le procédé concerné depuis 1997, et la société Fawaniss à Sousse s'est déjà convertie à la fabrication de sources de lumière LED. Une deuxième société Afrolight à Ben Arous, commercialisant les sources de lumière est spécialisé dans les produits LED sans mercure ajouté.

Notons enfin qu'il n'existe pas d'industries utilisant des procédés de synthèse d'intrants organiques (granulés) ou du chlorure de vinyle basés sur l'usage du mercure et ses composés comme catalyseurs.

Mines abandonnées, terrils miniers et phosphogypse : La Tunisie dispose de nombreuses mines mais qui sont pour la plupart fermées depuis les années 1970. Ces mines peuvent contenir du mercure en quantité notable, et les terrils abandonnés et anciennes haldes des laveries peuvent être riches en mercure qui peut être livré au ruissellement du réseau hydrographique notamment dans la haute vallée de l'oued Méjerda. Le phosphogypse comme "by-product" de l'industrie des engrais à Gabes et Sfax est rejeté en grandes quantités dans le domaine marin proximal. Les rejets datant de plusieurs décennies peuvent être cause de la pollution des sédiments marins par le même et même la contamination des fruits de mer et poissons. Les études sont cependant rares pour pouvoir se prononcer sur la contamination locale par le mercure et ses impacts sur la santé humaine. Ceci nécessite l'adoption de programmes de biosurveillance et d'analyse du risque interne et externe de l'imprégnation humaine par le mercure.

Programmes et protocoles de gestion du mercure et des déchets de mercure des points chauds

L'analyse dans ce rapport a permis de proposer des programmes et protocoles de gestion du mercure et de ses déchets depuis l'étape de la collecte jusqu'à l'élimination en décharge, en considérant les spécificités de chaque type de produit à mercure ajouté ou de point chaud.

Traitement des sédiments et eaux contaminés : Des procédés de **traitement** des eaux contaminés par le mercure existent. Ils sont généralement basés sur la précipitation du mercure par des produits organiques, mais les coûts de traitement sont dissuasifs.

Pour des sédiments contaminés par le mercure, la dépollution repose sur deux procédés essentiels : la désorption thermique, et la stabilisation dans un liant (ciment + plâtre par ex.) puis la mise en décharge. La désorption thermique s'effectue à des prix abordables mais la technique n'existe pas en Tunisie. La stabilisation du mercure et des déchets de mercure dans un liant est beaucoup moins coûteuse et doit s'effectuer sur le site de la décharge définitive.

Déchets des amalgames dentaires et séparateurs d'amalgames avariés : La Circulaire n°1 du-2023 du 11 janvier 2023 du Ministre de la Santé stipule l'installation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires et cliniques privés, et cabinets publics des hôpitaux. L'application de cette circulaire conduit à la nécessité d' La Circulaire n°1 du-2023 du 11 janvier 2023 du Ministre de la Santé stipule l'installation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires et cliniques privés, et cabinets publics des hôpitaux. L'application de cette circulaire conduit à la nécessité d'instaurer un système de collecte des déchets d'amalgames et de séparateurs avariés, notamment dans les cliniques et hôpitaux publics, la collecte par des sociétés autorisées, le stockage provisoire dans les centres de collecte locaux et régionaux sous la responsabilité de l'ANGed, puis la stabilisation et l'élimination définitive de ces déchets. L'attention du décideur est alors attirée sur la complexité de ce système et les difficultés qui peuvent se poser pour l'ANGed pour la gestion de ce type de déchets dangereux à l'échelle du pays. Aussi le raisonnement et l'analyse conduisent à l'idée

de proposer l'abandon de la mise sur le marché des amalgames dentaires et leur usage en obturation (plombage) dentaire.

Traitement des déchets de l'unité Chlor-Alkali à Kasserine : Deux techniques sont proposées pour le traitement et l'élimination des déchets de mercure stockés provisoirement sur le site de la SNCPA à Kasserine. (i) traitement *in situ* : la découpe à froid et le traitement de ces déchets dans une unité de désorption thermique, puis l'élimination des déchets dans une décharge contrôlée. (ii) traitement *ex situ* : le démantèlement de tout le hangar et ses déchets à mercure, le transport jusqu'à une décharge contrôlée créée pour le besoin, la découpe à froid des hétéroclites, la stabilisation des déchets à mercure, puis l'élimination dans une décharge dédiée à créer dans la région.

Cas des deux sites miniers d'Oued Maaden et de Jebel El Arja-Sidi Khalifa : à l'Oued Maaden, les sols sont très riches en mercure, et les produits issus de la dépollution peuvent être stabilisés et enterrés dans une décharge contrôlée choisie à l'emplacement de l'ancienne carrière d'exploitation du mercure de la Kedouat El Oulahiss dans la zone. Les anciennes installations minières de Jebel El Arja-Sidi Khalifa se prêtent aussi au démantèlement en plus du décapage des sols superficiels qui peuvent s'avérer contaminés. Il est conseillé d'éliminer les déchets issus des travaux de dépollution dans les galeries de l'ancienne mine du Jebel EL Arja, qui seront ensuite répertoriées, condamnées, contrôlées et suivies selon un programme à établir.

Contrôle et suivi du mercure dans l'environnement, bases de données

Le pays dispose déjà de réseaux de suivi de la qualité de l'air et de l'eau (ANPE). Seule la qualité des sols n'a pas disposé de réseau de suivi. Il est suggéré d'étendre les deux réseaux de suivi de la qualité de l'air et des eaux aux métaux toxiques les plus préoccupants dont en particulier le mercure, de définir les responsabilités, d'accorder les moyens matériels et analytiques nécessaires, de définir les sites de suivi et contrôle et de développer les deux bases de données existantes (RSQA et RSGE).

Pour les sols, il est suggéré de développer un nouveau réseau de suivi et de contrôle de la qualité des sols (RSQS) en définissant des sites de suivi à une cadence annuelle, voire biennale, d'effectuer les analyses et de développer une nouvelle base de données pour la qualité des sols. Seuls les moyens humains, techniques et analytiques, en plus des besoins matériels, demeurent à être solutionnés.

Biosurveillance (produits de consommation, santé humaine, aliments pour bétail)

La biosurveillance visant à prévenir l'intoxication des produits de consommation et de l'imprégnation des individus par des matières toxiques, relèvent de la responsabilité du Ministère de la Santé et des attributions de l'ANCSEP et de l'INSSPA (Institut National de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires). Le contrôle et le suivi de la qualité des eaux de boissons relève de l'Office National du Thermalisme et de l'Hydrothérapie.

Contrôle et suivi de la qualité des produits alimentaires : Il n'existe pas de moyens analytiques, ou de base de données sur la qualité des produits de consommation. Pour la

qualité de ces produits, il convient d'attirer l'attention sur la nécessité de renforcer les capacités humaines, mais aussi matérielles et analytiques de l'ANCSEP et de l'INSSPA pour le suivi et le contrôle régulier du mercure dans les produits de consommation pour l'homme et pour le bétail. Les données d'analyse régulière gagneraient aussi à être saisies dans une base de données dédiée.

En dehors des capacités humaines à renforcer et des moyens financiers à allouer, la technique d'analyse du mercure par le Direct Mercury Analyzer (DMA 800, apparaît la plus adaptée. Il s'agit en effet d'une technique très rapide, applicable sur les produits alimentaires frais (légumes, poissons, etc.) qui permettrait à l'ANCSEP, en cas de disponibilité, d'aller de l'avant dans ce type de suivi et contrôle et la construction d'une base de données dédiée.

Contrôle et suivi de la qualité de l'air ambiant dans les établissements de soins et dans les lieux publics hautement fréquentés : Le contrôle et le suivi de la qualité de l'air pour le mercure, sont très importants pour prévenir les risques d'imprégnation des individus par le mercure. L'appareil idéal qui permet d'assurer l'analyse du mercure dans l'air ambiant est le JEROME.

Dépistage du mercure chez l'homme : Il s'agit de dépister le mercure chez des personnes déjà atteintes par cet élément ou qui peuvent présenter des symptômes de sa maladie (hydrargyrie). Toutefois, aucun programme de ce type ne peut faire l'objet de conception, d'officialisation, d'application ou de divulgation de ses résultats quel qu'en soit le moyen (article, publication, rapport technique, etc.), sans l'avis préalable des deux Commissions d'Ethique Médicale (CNEM) et de Protection des Données Personnelles (CPDP) relevant du Ministère de la Santé.

Un programme national de dépistage du mercure chez l'homme à concevoir, implique ainsi la responsabilité du corps médical concerné, l'ANCSEP, l'INSSPA, la DHMPE, la Direction Générale de la Santé Publique et le Ministère de la Santé en général, et demeure assujéti à l'avis de deux Commissions CNEM et CPDP, et même celui de l'Instance Indépendante de Protection des Données Personnelles.

Conclusions : Analyse des valeurs maximales tolérées/recommandées du mercure en Tunisie et implications réglementaires

Les teneurs maximales tolérées du mercure dans les eaux de boisson humaine, dans les rejets d'eaux usées ou dans les eaux usées traitées utilisées pour l'agriculture sont analysées dans la réglementation et confrontées aux données les plus récentes des standards de l'OMS, du Parlement Européen, du Canada, etc. Il s'avère clairement que les teneurs maximales tolérées par la réglementation Tunisie sur le mercure nécessitent une révision profonde. En effet, les teneurs maximales tolérées en vigueur tolérées dans les normes et autres textes réglementaires, sont très restrictives. A la lumière de recherches conduites sur les teneurs en mercure dans les eaux de ruissellement et de nappes, celles-ci sont en moyenne de l'ordre de 5 ng/L. Or, la teneur limite maximale tolérée pour le mercure dans les eaux de boisson humaine est de 1 ng/L, donc inférieure à celle des eaux de ruissellement. De même, la teneur maximale tolérée pour le mercure dans les eaux de rejets est de 0,5 à 10 ng/L, c'est-à-dire une teneur très proche de celle des eaux de ruissellement de surface.

Dans ce rapport, les teneurs du mercure dans l'air, l'eau et le sol sont discutées à la lumière des données en Tunisie mais aussi dans le Monde. A la lumière des résultats obtenus, plusieurs réglementations en vigueur (lois, normes, arrêtés ministériels, etc.) sont révisées pour les teneurs maximales du mercure tolérées du mercure. Ainsi, cinq textes de réglementation modifiant ceux en vigueur sont proposés. Un arrêté est aussi proposé pour évaluer la contamination des sols, leur suivi, et le contrôle de leur occupation (usage). Une Circulaire du Ministre de la Santé est également proposée pour l'interdiction de mise sur le marché et l'usage des amalgames dentaires en plombage (obturation) dentaire.



Projet CHILD 1.1

GEF ID# 9684

Réduction de la pollution due
aux produits chimiques nocifs
et aux déchets dans les « hotspots »
méditerranéens et mesure des
progrès vers les impacts.



Partie 1

Amélioration du dispositif institutionnel et réglementaire de la gestion du mercure en Tunisie

Décembre 2024

Sommaire

Sommaire	1
Titre des Tableaux	1
Abréviations	2
1 Introduction	3
2 Mercure dans le droit régional et international	4
2.1 Cadre juridique international relatif au mercure et composés du mercure.....	5
2.1.1 Conventions traitant indirectement du mercure.....	5
2.1.2 Convention de Minamata sur le mercure	6
2.2 Evolution du droit Européen et conformité à la Convention de Minamata.....	7
3 Evolution du droit Tunisien et alignement sur les dispositions du droit international et de la convention de Minamata sur le mercure	9
3.1.1 Constitution 2022.....	10
3.1.2 Réglementation nationale	10
3.1.3 Encadrement juridique et institutionnel du mercure.....	11
3.1.4 Activités minières.....	11
3.1.5 Produits soumis à la taxe environnementale	12
3.1.6 Valeurs limites du mercure dans les ressources et produits	13
4 Cadre institutionnel	18
4.1 Intervenants ministériels	18
4.1.1 La Douane Tunisienne	19
4.1.2 Ministère de la santé	19
4.1.3 Ministère chargé de l'Agriculture.....	19
4.1.4 Ministère de l'Environnement	20
4.1.5 Ministères chargés de l'industrie et du commerce.....	20
4.1.6 Ministère chargé des mines et de l'énergie	20
4.1.7 Ministère des Affaires Etrangères, de la Migration et des Tunisiens à l'Etranger	21
4.2 Etablissements publics.....	21
4.2.1 Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits (ANCSEP)	21
4.2.2 Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)	22
4.2.3 Agence Nationale de Gestion des Déchets (ANGed)	22
4.2.4 Institut de la santé et de la sécurité au travail (ISST)	23
4.2.5 Pharmacie Centrale de Tunisie	23
4.2.6 Direction de la Pharmacie et du Médicament	23
4.2.7 Entreprises nationales	24
4.2.8 Rôle de la Société Civile.....	24
5 Synthèse et recommandations	24
ANNEXES	27

Titre des Tableaux

Tableau 2. Produits soumis à la taxe pour la protection de l'environnement.....	12
Tableau 3. Liste des déchets dangereux cités dans l'Annexe I du décret 2000-2339 du 10 octobre 2000.	16

Abréviations

ANCSEP	Agence Nationale de Contrôle Environnemental et Sanitaire des Produits
ANER	Agence Nationale de l'Évaluation des Risques (= ANCSEP)
ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
CE	Communauté Européenne
CG	Convention de Genève
CIN	Comité Intergouvernemental de Négociation
CoP	Conférence des Parties
DGPCQPA	Direction Générale de Production et de Contrôle Qualité des Produits Alimentaires
DGSV	Direction Générale des Services Vétérinaires
DPM	Direction de la Pharmacie et du Médicament
ISST	Institut de Santé et de Sécurité au Travail
MARHP	Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de la Pêche
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MAL&E	Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement
NT	Norme Tunisienne
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONAS	Office National de l'Assainissement
ONGs	Organisations Non-Gouvernementales
PAM	Plan d'Action pour la Méditerranée
PCT	Pharmacie Centrale de Tunisie
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POPs	Produits organiques persistants
RAC	Agence des déchets de la Catalogne (Agència de Residus de Catalunya).
SCP/RAC	Centre d'activités régionales pour la consommation et la production durables
UE	Union Européenne

1 Introduction

Depuis l'avènement de l'ère industrielle, la mer Méditerranée continue à subir des pressions anthropiques diverses liées à l'urbanisation côtière dominante, soutenue et à l'industrialisation, aux rejets de polluants, à la dégradation des écosystèmes côtiers, à l'érosion côtière, et à une surexploitation des ressources naturelles. Ces signes de dégradation manifeste s'aggravent de jour en jour par les effets attendus des changements pervers et accélérés du climat au cours de siècle. Les conséquences sont la dégradation du milieu de vie, la perte de moyens de subsistance, l'endiguement de la pauvreté et une dégradation de la situation socio-économique, notamment dans les pays de la rive Sud de la Méditerranée.

Dans un souci de mitigation de ces impacts et pour pallier la dégradation de l'environnement à une échelle régionale, des conditions socioéconomiques et du milieu de vie, plusieurs instruments juridiques et des programmes d'étude et de suivi environnemental et social ont été développés. Ainsi, le programme pour la Méditerranée (Medprogramme) a été adopté et mis en œuvre dans le cadre de l'application de la Convention de Barcelone (1978) et de nombreuses autres conventions (Londres, 1972 ; Oslo, 1972 ; Bâle, 1989 ; Rotterdam, 1998 ; Bamako, 1998 ; Stockholm, 2001 ; etc.). L'objectif majeur commun de ces conventions est l'interdiction de l'immersion en mer et surtout la limitation de la commercialisation, de l'usage, des rejets sur sol et en mer, et des échanges transfrontières des produits aussi dangereux que les PoPs et le mercure.

Malgré ces efforts, les risques liés à la vulnérabilité des écosystèmes et des communautés aux polluants et aux substances dangereuses demeurent importants. Plusieurs facteurs qui peuvent amplifier les menaces de cette pollution chimique, peuvent également endiguer la pauvreté, le manque en termes de capital économique, et sont source du manque d'équité et d'accès à la santé. Ces enjeux sont encore plus aggravés en raison de la diversité socio-culturelle, des conflits liés au genre, et des disparités quant aux capacités d'adaptation des groupes et sous-groupes sociétaux à la variabilité de plus en plus accentuée des conditions environnementales, écologiques et climatiques.

Lutte contre la pollution mercurielle

Le Plan d'Action pour la Méditerranée du PNUE (PNUE/PAM) est un programme de l'environnement de l'ONU destiné à soutenir les pays membres de la Convention de Barcelone pour la protection du milieu marin et du littoral de la mer Méditerranée. Ce plan d'action est mis en œuvre par le Centre d'activités régionales pour la consommation et la production durables (SCP/RAC), qui est rattaché à l'Agence des déchets de la Catalogne (Agència de Residus de Catalunya (ARC).

Le principal mandat du Centre (SCP/RAC) qui relève du PNUE, poursuivi durant les trois dernières décennies est de lutter contre la production de polluants organiques persistants, et des substances hautement polluantes et toxiques dont en particulier le mercure. Il s'agit d'assurer l'aide aux parties contractantes des Conventions de Barcelone et de Stockholm pour remplir leurs engagements au titre de ces traités, de les soutenir dans leur transition vers des modes de consommation et de production durables et vers une économie circulaire.

Le Plan régional sur le mercure qui stipule que « les parties doivent adopter les mesures appropriées pour isoler et contenir les déchets contenant du mercure afin d'éviter toute

contamination potentielle de l'air, du sol ou de l'eau », a en outre été adopté et mis en œuvre en 2012 par les signataires de la Convention de Barcelone. Plus récemment, la Convention de Minamata sur le mercure entrée en force le 16 Août 2017, a donné un élan supplémentaire à l'élaboration des évaluations initiales de la Convention de Minamata (EIM), l'une des activités habilitantes soutenues par le FEM pour les pays en développement et les pays émergents.

Dans le cadre de la mise en application de la Convention de Minamata, l'OMS a aussi élaboré et adopté le nouveau programme fixant les principales orientations de la lutte contre les dangers du mercure dans le secteur de la santé pour la région de Méditerranée Orientale. Il s'agit d'aider les parties à "mettre en place des pratiques sûres pour la collecte et l'élimination des déchets hospitaliers contenant du mercure et de développer des stratégies de remplacement du mercure ». Plus récemment, le Secrétariat de la Convention de Minamata a présenté une analyse des priorités nationales issues des évaluations initiales de Minamata lors de la 14^{ème} Conférence internationale sur le mercure en tant que polluant mondial (ICMGP 2019).

Objectifs du travail

Le présent travail s'organise en trois parties :

- Analyse du contexte institutionnel et réglementaire du mercure : il s'agit de mettre en exergue les points forts mais aussi les carences réglementaires à surpasser visant l'alignement du droit Tunisien sur la réglementation internationale en la matière (notamment la Convention de Minamata) en vue de la réduction des apports nocifs de cet élément pour l'environnement et ses impacts sur la santé humaine.
- Inventaire national du mercure pour l'année 2022 en Tunisie : cette partie permet d'identifier les principales catégories de sources d'apports de mercure dans l'environnement et d'améliorer la réglementation en vue d'une réduction de ces apports et d'une lutte efficace contre les dangers de cet élément. Il s'agit de mettre en exergue les mesures réglementaires instaurées par la Tunisie pour infléchir les émissions et rejets de mercure dans le milieu récepteur. Cet inventaire est aussi destiné à apporter l'aide à la décision nécessaire pour la ratification très prochaine de la Convention de Minamata par la Tunisie ;
- Evaluation de l'état de la contamination des milieux lagunaires et zones côtières par le mercure, mais aussi d'anciens sites miniers ayant servi à la production de mercure vierge. Cette évaluation est destinée à dégager les critères de base en termes de teneurs limites tolérées pour le mercure, seul moyen de justifier les amendements de textes réglementaires en application, et dans l'alternative, la proposition de nouveaux textes de lois. Les textes à proposer serviront à l'amélioration de la gestion du mercure dans le pays (normes limites admissibles des teneurs en mercure, textes globaux de limitation ou d'interdiction de l'import/export, de l'utilisation de produits à mercure ajouté, avec des échéanciers précis dans le temps, etc.).

Le but ultime de ce travail est ainsi d'améliorer la gestion du mercure et de ses contaminations potentielles en conformité avec le droit Tunisien et la réglementation internationale en la matière, afin de préserver l'environnement et la santé humaine.

2 Mercure dans le droit régional et international

La communauté internationale, consciente de la nocivité extrême des espèces de mercure et de ses composés, a décidé lors de la réunion du 25^{ème} Conseil d'Administration du Programme

des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en février 2009, d'établir la nouvelle Convention de Minamata. Il s'agit du premier instrument qui est juridiquement et internationalement, suffisamment contraignant pour la gestion du mercure et de ses composés. L'objectif majeur fixé est de réussir au moyen et long termes (2030) son éradication des processus industriels.

Un Comité intergouvernemental de négociation (CIN) a été institué en 2010. Cinq sessions de négociations à Stockholm en Suède, à Nairobi au Kenya, à Chiba au Japon, à Punta del Este en Uruguay) et à Genève en Suisse, se sont soldées par l'adoption de la Convention de Minamata en janvier 2013 sous l'égide du PNUE, en présence de 140 États. Deux autres CIN ont été tenus à Bangkok en novembre 2014, et à Amman en Jordanie en mars 2016.

Cette convention constitue un traité international dans le domaine de la chimie et des déchets de produits chimiques survenu 12 ans après l'adoption de la Convention de Stockholm (2001). La référence à 'Minamata' rend un hommage particulier aux nombreuses victimes sinistrées par le mercure au Japon à compter de 1932 et dont le désastre pourrait continuer de nos jours.

La première Conférence des Parties à cette convention s'est tenue du 24 au 29 Septembre 2017 à Genève, en Suisse, et la deuxième s'est tenue du 19 au 23 novembre 2018 au Centre International de Conférences de Genève, en Suisse. La Conférence a été précédée le 18 novembre 2018 de réunions préparatoires des groupes régionaux et d'autres groupes.

2.1 Cadre juridique international relatif au mercure et composés du mercure

2.1.1 Conventions traitant indirectement du mercure

La Tunisie est Partie à de nombreuses conventions qui s'appliquent directement ou indirectement à la lutte contre le mercure et ses composés.

Convention de Bâle (1989) : sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets dangereux et de leur élimination, ratifiée par la Tunisie en 1999 (loi n° 99-78 ; 2 août 1999). Celle-ci s'applique aux déchets de mercure typiquement dangereux ; aussi l'article 11 traitant de ces déchets, de la Convention de Minamata appelle à la coopération renforcée entre les deux conventions. Par exemple, des lignes directrices sur la gestion du mercure ont été adoptées lors de la 12^{ème} CoP (mai 2015) de la Convention de Bâle.

Droit international sur l'immersion des déchets en mer : la réglementation à ce sujet date de 1958. La communauté internationale s'est engagée depuis la Convention de Genève, pour l'interdiction de l'évacuation, de l'immersion, ou incinération en haute mer des déchets radioactifs ou autres (CG ; article 25). D'autres dispositions internationales le stipulent aussi, dont la Convention de Londres (1972) sur l'immersion des déchets, et la Convention d'Oslo 1972 ratifiée par la Tunisie en 1976 (Loi n°76-17 du 21 janvier 1976), sur la prévention de la pollution marine par l'immersion de déchets par les navires et aéronefs.

Convention de Barcelone (1978) relative à la protection (Medprogramme) de la mer Méditerranée contre la pollution, et protocole connexes, ratifiée par la Tunisie en vertu de la Loi n°77-29 du 30 juillet 1977. Les lignes directrices concernant les meilleures pratiques environnementales pour une gestion rationnelle des sites contaminés au mercure, ont été adoptées lors de la 19^{ème} CoP en février 2016.

Protocole d'Aarhus (1998) sur les métaux lourds persistants, rattaché à la Convention de Genève (1979) sur la pollution transfrontière à longue distance.

Convention de Bamako (1998) : Cette Convention de Bamako a été négociée par douze nations de l'Organisation de l'Unité Africaine à Bamako, au Mali, en janvier 1991, et est entrée en vigueur en 1998. Elle interdit l'importation en Afrique ainsi que le déversement ou l'incinération de déchets dangereux dans les océans et les eaux intérieures, établit le principe de précaution et prévoit une gestion saine de ces déchets sur le continent. Bien qu'elle traite indirectement du mercure, elle impose le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination, et dont certaines réglementations ont été intégrées dans la Convention de Minamata. La Tunisie est partie à cette convention (Loi n° 92-11 du 3 février 1992, portant ratification de la convention de Bamako sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux et sur le contrôle des mouvements transfrontières et la gestion des déchets dangereux produits en Afrique).

Convention de Stockholm (2001) relative aux polluants organiques persistants (PoPs) ratifiée par la Tunisie (Loi n° 2004-18 du 15 mars 2004) et la **Convention de Rotterdam (1998)** ; ratifiée en vertu de la Loi n° 2015-43 du 03 novembre 2015, sur la procédure de consentement préalable et en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet de commerce international, ne sont pas directement liées au mercure. Néanmoins, les procédures et expériences acquises grâce à l'application de ces deux conventions, peuvent être utiles à l'application des dispositions de la Convention de Minamata.

Malgré le maintien de l'autonomie juridique, la fusion des secrétariats des conventions de Bâle, de Stockholm et de Rotterdam en un secrétariat exécutif commun, en plus d'une tenue conjointe de leurs CoPs avec des sessions conjointes sur les sujets transversaux, ont déjà engagé le rapprochement entre ces instances depuis 2007.

2.1.2 Convention de Minamata sur le mercure

L'objectif premier de cette convention est de protéger la santé humaine et l'environnement contre les émissions et rejets anthropiques du mercure et de composés du mercure. Ses dispositions légales portent sur tout le cycle de transfert et de vie du mercure, grâce au contrôle et à la réduction d'un large éventail de produits de consommation, de procédés et d'industries qui utilisent, émettent et rejettent du mercure.

Cette convention traite aussi de l'extraction minière et la production primaire du mercure (vierge), ses échanges transfrontières, son stockage dans les conditions les plus sûres, et son élimination comme déchet spécial hautement toxique.

Le repérage des populations à risque, l'amélioration des soins médicaux, et la formation des professionnels de santé dans le diagnostic et le traitement des effets du mercure sur la santé et sur l'environnement, devraient également être attendus de l'application de la convention.

Cet outil juridique comporte trente-cinq (35) articles et cinq (05) annexes qui peuvent être subdivisés en quatre rubriques principales :

Dispositions opérationnelles : il s'agit des obligations des parties à réduire les émissions et rejets anthropiques de mercure et composés de mercure dans l'environnement :

- Contrôle des sources d'approvisionnement et de commerce du mercure (article 3) ;

- Abandon définitif et élimination progressif de l'utilisation du mercure dans les produits et procédés de fabrication (articles 4, 5 et 6, annexes A et B) ;
- Contrôle de l'utilisation du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle d'or (article 7, annexe C) ;
- Contrôle des émissions atmosphériques et des rejets de mercure dans l'eau et le sol (articles 8 et 9 ; annexe D) ;
- Stockage provisoire, déchets de mercure et sites contaminés par le mercure (articles 10, 11 et 12).

Soutien aux parties : ce sont des dispositions de contrôle de l'approvisionnement en mercure, ses échanges commerciaux, son stockage et le renforcement des capacités dans le domaine :

- Constitution de la Caisse du Fonds pour l'Environnement Mondial et d'un programme international spécifique pour renforcer les capacités et l'assistance technique (article 13) ;
- Renforcement des capacités, assistance technique et transfert de technologies (article 14) ;
- Constitution d'un Comité de Mise en Œuvre et de respect des obligations (article (15)).

Information et sensibilisation : ayant pour objet le suivi et contrôle des niveaux divers :

- Aspects sanitaires (article 16) ;
- Echange d'informations (article 17) ;
- Information, la sensibilisation et l'éducation du public (article 18) ;
- Recherche développement et la surveillance (article 19) ;
- Plans de mise en œuvre (article 20) ;
- Etablissement des rapports (article 21) ;
- Evaluation de l'efficacité des activités (article 22).

Organisation administrative :

- Etablissement d'une Conférence des Parties (article 23) et d'un Secrétariat de la convention hébergé par le PNUE (article 24) ;
- Procédures de règlement des différends, d'amendement de la convention, d'adoption et amendements des annexes, du droit de vote, de signature, de ratification (acceptation, approbation ou adhésion), d'entrée en vigueur, de droits de réserve, de retrait, de dépositaire, et de textes faisant foi (articles 25 à 35 ; annexe E).

Cette juridiction ne doit pas occulter l'avènement de la Convention de Minamata, dans la continuité d'un cadre réglementaire international et régional antérieur qui n'a jusqu'ici traité du mercure que de manière non-spécifique.

2.2 Evolution du droit Européen et conformité à la Convention de Minamata

L'Union Européenne a lancé dès 2005, sa stratégie de lutte contre le mercure, en adoptant des règlements de l'utilisation et du commerce de cet élément, et des produits en contenant. En 2008, un règlement global relatif au mercure a été adopté, mais qui demeure lacuneux. Des dispositions spécifiques à certains aspects du mercure et des composés du mercure ont été accomplies, et plus récemment un nouveau règlement CE n°1102/2008 du 22 octobre 2008, a été adopté, abrogeant ainsi celui de 2008.

Le dernier règlement interdit l'exportation de mercure métallique et de certains composés et mélanges à mercure, et organise le stockage en toute sécurité de ces substances. A partir du 15 mars 2011, l'exportation à partir de l'Union Européenne, de mercure métal (Hg), de minerai à cinabre, de chlorure de mercure (calomel Hg_2Cl_2), de litharge (HgO) et de mélanges à mercure métallique dont la teneur atteint 95% de la masse, est interdite. Seules les exportations à des fins de recherche-développement, d'analyses, ou pour des applications médicales sont autorisées.

Les dispositions visant à encadrer, à restreindre, voire à interdire l'utilisation du mercure et ses composés sont énoncées dans les textes suivants :

Règlement UE n°649/2012 du 4 juillet 2012 sur les exportations et importations de produits chimiques dangereux ; celui-ci vise à mettre en œuvre la convention de Rotterdam ;

Règlement CE n°1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges à mercure qui fixe des prescriptions uniformes, conformément au système général harmonisé (SGH) des Nations Unies ;

Règlement CE n°1907/2006 du 18 décembre 2006 (règlement REACH : Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals), entré en vigueur en janvier 2007, sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, et les restrictions applicables à ces substances dont le mercure et ses composés. Ce règlement institue une Agence Européenne des Produits Chimiques, et son Annexe XVII applique des restrictions à la fabrication, au marché, et à l'utilisation de produits dangereux, visant en partie le mercure et certains de ses composés.

Directive 2006/66/CE du 6 septembre 2006 relative aux piles et accumulateurs, et aux taux de déchets de piles et d'accumulateurs ;

Directive 2011/65/UE du 8 juin 2011 limitant l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques qui ne doivent pas contenir plus de 1% en poids de mercure ;

Directive 2000/53/CE du 18 septembre 2000 stipulant que les états membre doivent veiller à ce que les matériaux et composants des véhicules mis sur le marché à partir du 1^{er} juillet 2003, ne doivent pas contenir du mercure, et que tous les équipements de véhicules en contenant doivent être retirés lors de traitement de dépollution.

Règlement CE n°1223/2009 du 30 septembre 2009 interdisant l'utilisation du mercure et de ses composés dans les produits cosmétiques, à l'exception de quelques utilisations dans des produits pour la zone oculaire ;

Directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 sur les émissions industrielles (dite IED), ayant pour objectif de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement par la prévention et la réduction intégrées de la pollution provenant des activités industrielles et agricoles (Annexe 1). Les conditions d'autorisation des activités doivent être conditionnées par le choix des meilleures techniques disponibles pour prévenir toute pollution potentielle.

Règlement CE n°166/2006 du 18 janvier 2006 portant création d'un registre européen des rejets et des transferts de polluants, permet le suivi des émissions industrielles. Les seuils sont fixés à 10 Kg/an dans l'air et 1 Kg/an dans le sol et l'eau.

Directive 1999/31/CE organisant la mise en décharge de déchets par enfouissement dans le sol, vise à prévenir/réduire autant que possible, les impacts négatifs de cette pratique sur les eaux de surface et souterraines, le sol, l'air ou la santé humaine, en introduisant des exigences techniques strictes.

Adaptation aux dispositions de la Convention de Minamata

Règlement (UE) 2017/852 du 17 mai 2017 adopté par l'Union est entré en vigueur au 1^{er} janvier 2018. Il vise à mettre l'UE en conformité totale avec les exigences de la convention précédente, et de mettre à jour la réglementation européenne sur le mercure.

Il s'articule autour de certaines dispositions :

- Restrictions au commerce et à la fabrication du mercure, des composés de mercure, et des produits contenant du mercure ajouté, interdiction de l'exportation, et des importations à d'autres fins que l'élimination du mercure en tant que déchet, et instauration d'une procédure pour d'éventuelles dérogations (article 4). Une liste est aussi établie de produits contenant du mercure fabriqués dans l'Union, qui doit être interdite à compter du 1^{er} janvier 2021 (article 5).
- Restriction, voire interdiction du mercure et de ses composés dans des procédés industriels et autres procédés de fabrications à compter du 1^{er} janvier 2018.
- Réduction de l'utilisation du mercure dans l'orpaillage ;
- Restriction d'utilisation d'amalgames dentaires au mercure et de mettre en place des séparateurs d'amalgame pour traiter les déchets d'amalgames ;
- Stockage et élimination des déchets de mercure selon des dispositions du règlement de 2008 qui permettent le stockage permanent de déchets de mercure en sous-sol, sous forme liquide (article 11).

3 Evolution du droit Tunisien et alignement sur les dispositions du droit international et de la convention de Minamata sur le mercure

Il s'agit de rendre compte ici des atouts du droit Tunisien en comparaison avec les exigences du droit international, les directives et règlements européens, et plus spécifiquement les dispositions de la Convention de Minamata dont le processus de ratification par la Tunisie est en cours. L'objectif essentiel de cette analyse est dégager les carences réglementaires et de proposer les améliorations correspondantes nécessaires.

La future ratification de la Convention de Minamata impliquera au niveau international, la participation de la Tunisie aux Conférences des Parties à la Convention, aux réunions ad-hoc d'experts internationaux, et aux réunions du Comité de Conformité de la Convention de Minamata. Les experts nationaux en charge des négociations de ce traité doivent continuer à suivre les travaux.

La ratification programmée impliquera au niveau national, une charge administrative quant à l'élaboration de procédures de consentement mutuel lors d'importations ou d'exportations de mercure, et aux communications régulières au titre des dispositions de l'article 21 sur la mise en œuvre de cette convention, dont les procédures ont été définies à la Première Conférence des Parties.

Notons que la Tunisie s'est déjà dotée d'un arsenal juridique consistant, concernant les déchets dangereux. Ainsi, le mercure et ses déchets sont classés parmi ces déchets dangereux (décret 2000-2339, du 10 octobre 2000). La signature acquise et le prochain acte de ratification de ladite convention viendront renforcer cette juridiction nationale. Les principales réglementations existantes qui s'appliquent en la matière sont analysées ci-dessous afin de dégager les points forts, mais aussi les carences à surpasser pour se conformer à la juridiction internationale.

3.1.1 Constitution 2022

▪ Dans son préambule, la Constitution (2022) stipule *"... Nous œuvrerons avec constance et sincérité pour que le développement économique et social se poursuive sans embuches et sans récession dans un environnement sain ..., et pour que le développement durable se fasse dans un environnement sain exempt de pollution."*

L'article 47 stipule aussi que *" L'Etat garantit le droit à un environnement sain et équilibré et contribue à la protection du milieu. Il incombe à l'Etat de fournir les moyens nécessaires à l'élimination de la pollution de l'environnement."*

3.1.2 Réglementation nationale

La protection de l'environnement a été réglementée par les principaux textes de lois suivants :

- Loi n° 88-91 du 2 août 1988 portant création d'une Agence Nationale de Protection de l'Environnement, modifiée par la Loi n°92-115 du 30 novembre 1992,
- Loi n°93-120 du 27 décembre 1993 portant promulgation du Code d'Incitations aux Investissements, et
- Loi n°2001-14 du 30 janvier 2001 portant simplification des procédures administratives relatives aux autorisations délivrées par le ministère de l'environnement et de l'aménagement du Territoire dans les domaines de sa compétence.

Comme précisé précédemment, la Tunisie est Partie aux conventions internationales

- de Barcelone (1978) relative à la protection (Medprogramme) de la mer Méditerranée contre la pollution, et protocole connexes,
- de Bâle (1989) : sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets dangereux et de leur élimination,
- de Rotterdam (1998) sur la procédure de consentement préalable et en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet de commerce international ;
- de Bamako (1998) : sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux et sur le contrôle des mouvements transfrontières et la gestion des déchets dangereux produits en Afrique,
- et la Convention de Stockholm (2001) : relative aux polluants organiques persistants (PoPs).

Cet 'engagement' à la ratification des textes (conventions, traités, protocoles) explique la mise à jour continue de la réglementation, et l'adoption de textes fondamentaux en matière d'environnement : codes minier, du travail, des hydrocarbures, des eaux, de l'assainissement, et le projet déjà élaboré du code de l'environnement, et lois relatives aux déchets et à la qualité de l'air.

Cette mise à jour de la réglementation avait conduit à une mise en œuvre institutionnelle dans différents secteurs. Certaines institutions créées sont dotés d'un mandat global (Ministères chargé de l'Environnement, ANPE,...), alors que d'autres, sont de mandats plus spécifiques (Ministères chargés de l'industrie, de l'énergie et des mines, de la santé, de l'agriculture, des affaires sociales, du travail, du commerce, La Douane Tunisienne... ; et établissements publics dont ANGEd, ANCSEP, ISST, ...). Cette coexistence de textes et de structures est certes avantageuse, mais elle peut avoir ses inconvénients en termes de conflits de responsabilités.

3.1.3 Encadrement juridique et institutionnel du mercure

L'encadrement juridique et institutionnel du mercure et de ses composés revêt plusieurs aspects de réglementation :

- La réglementation visant directement le mercure et/ou ses composés, constitue un cadre qui pourrait régir ces produits, surtout en l'absence d'un texte global et spécifique. Ce sont des lois, décrets et arrêtés relatifs aux émissions, aux rejets liquides, aux rejets atmosphériques, à des activités d'extraction minière et d'hydrocarbures, ou industrielles (ciments, cosmétiques, denrées alimentaires, eaux minérales et potables conditionnées,... ;
- Le Droit Tunisien relatif à l'environnement et à la santé demeure pertinent pour servir de cadre général à la gestion du mercure et de ses composés. Il s'agit des réglementations relatives à la lutte contre la pollution, la remise en état des lieux, la protection de la santé, la prévention du risque au travail, la protection du consommateur,... ;

Cependant, en l'absence d'une structure spécialisée juridiquement mandatée pour la gestion des déchets dangereux, et du mercure/composés du mercure en particulier, les intervenants en matière de santé, de transport/élimination, de contrôle des produits (import/export/consommation), de contrôle des activités industrielles, agricoles, de gestion des déchets, des rejets et émissions, sont au demeurant nombreux.

3.1.4 Activités minières

Le code minier (Loi n° 2003-30 du 28 avril 2003) classe le mercure dans les substances minérales métalliques et semi-métalliques du 3^{ème} Groupe (article premier), qui peut être extrait notamment en association à d'autres métaux de base (Pb, Zn, Cu, Sb, ...) dans les mines polymétalliques.

Or, la Convention de Minamata opte pour un régime restrictif des « sources d'approvisionnement en mercure et commerce », et impose aux Etats Parties :

- d'agir en sorte qu'aucune activité d'extraction minière primaire de mercure en dehors de celles qui existaient à la date d'entrée en vigueur de la convention à son égard ne soit menée sur son territoire ;
- de ne permettre la poursuite des activités de cette extraction minière que pendant une période maximale de 15 ans après cette date. Au cours de cette période, le mercure obtenu ne peut servir qu'à fabriquer des produits contenant du mercure ajouté conformément à l'article 4, ou être utilisé dans des procédés visés par l'article 5. A défaut, il doit être éliminé conformément aux dispositions de l'article 1, par des opérations qui ne débouchent pas sur la récupération, le recyclage, la régénération, la réutilisation directe ou toute autre utilisation ;
- de recenser les stocks de mercure ou composés de mercure (article 3) ;

- de procéder à éliminer l'excédent dans le cadre d'une gestion écologiquement rationnelle ;
- de ne procéder à l'exportation qu'en application des dispositions de la convention (points 6 et 7 de l'article 3).

Il en ressort que la ratification de la Convention de Minamata de la Tunisie, aura un impact significatif sur l'industrie extractive minière en général (minerais polymétalliques) et du mercure (cinabre, métacinabre) en particulier.

3.1.5 Produits soumis à la taxe environnementale

L'article 58 de la Loi n° 2002-10 du 17 décembre 2002 portant loi de finance pour l'année 2003, dispose : « Est instituée au profit du fonds de dépollution, une taxe pour la protection de l'environnement due sur les produits repris au tableau ci-après... ».

Tableau 1. Produits soumis à la taxe pour la protection de l'environnement.

N° de position	Numéro de tarif	Désignation des produits
Ex2 8-05	28051990016 28054010006	Lithium Mercure
Ex 28-25	28252000006 28253000002 28259050008	Oxyde et hydroxyde de lithium Oxydes et hydroxydes de vanadium Hydroxydes de mercure
Ex 28-27	28273980058	Chlorure de mercure
Ex 28-33	28332930018 28332970014	Sulfates de cobalt Sulfates de mercure

Il en ressort que les composés du mercure dans ce tableau, importés, fabriqués, utilisés,..., sont permis moyennant le paiement de la taxe environnement.

De même la présence de mercure ajouté dans les piles, les commutateurs et relais, les lampes, les tubes fluorescents, les cosmétiques, les pesticides, les instruments de mesure dont les thermomètres et autres appareillages médicaux,..., soumet ces produits au régime contraignant de la Convention de Minamata.

L'article 4, paragraphe 1^{er} de cette convention dispose « Chaque partie fait de sorte, en prenant des mesures appropriées, qu'aucun des produits contenant du mercure ajouté figurant dans la première partie de l'Annexe A, ne soit fabriqué, importé ou exporté à la date d'abandon définitif fixée pour ces produits, sauf en cas d'exclusion spécifiée à l'Annexe A ou en vertu d'une dérogation enregistrée pour une Partie conformément à l'article 6 ». D'après cette annexe, l'année 2020 constitue la date d'abandon définitif, à partir de laquelle la production, l'importation ou l'exportation du produit ne sera plus autorisée.

A la ratification de la Convention de Minamata, la Tunisie sera obligée de se conformer aux dispositions de l'article 6, et notamment à :

- recenser les stocks de mercure ou composés de mercure de plus de 50 tonnes ;
- procéder à l'élimination de l'excédent conformément aux directives sur la gestion écologiquement rationnelle prévue par la convention ;
- veiller qu'il n'y ait aucune importation de mercure en provenance d'un Etat non-Partie à la convention ;
- faire de sorte qu'il n'y ait aucune exportation de mercure sauf dans les conditions prévues dans le paragraphe 6 de l'article 3 de la convention ;

- entamer le processus d'abandon définitif des produits contenant du mercure ajouté à échéance de 2020.

3.1.6 Valeurs limites du mercure dans les ressources et produits

L'existence du mercure dans certaines ressources et dans certains produits a déjà été réglementée en fixant une valeur limite de la teneur tolérée.

Eaux utilisées à des fins agricoles

Le décret 89-1047 du 26 juillet 1989, fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, tel que modifié par le décret 93-2447 du 13 décembre 1993, a été l'élément déclencheur de l'adoption de la norme NT 106.03 enregistrée en 1989, portant normes des eaux traitées à des fins agricoles. Suite à cette adoption, des textes d'application ont été promulgués.

- Arrêté du ministre de l'économie et des finances du 18 mai 1990, portant homologation de la norme tunisienne relative aux spécifications des eaux usées traitées à des fins agricoles ;
- Arrêté des ministres de l'agriculture, de l'environnement et de l'aménagement du territoire, et de la santé publique du 28 septembre 1995 approuvant le cahier des charges fixant les modalités et les conditions particulières de l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles.

L'importance de cette norme réside dans la fixation de la valeur limite des substances dans les eaux usées traitées, y compris le mercure.

Utilisation des boues résiduaires à des fins agricoles

L'article 24 de la Loi n° 96-41 du 10 juin 1996 relative aux déchets stipule : « Des décrets fixeront les conditions et les modalités de gestion de certains déchets particuliers tels que les déchets des hôpitaux et les boues des stations d'épuration des eaux usées... ». Ainsi, la gestion de ces boues demeure soumise à une réglementation spécifique. Il s'agit d'une soumission partielle qui ne concerne que l'utilisation de ce produit dans le domaine agricole. La réglementation à cet usage s'est soldée par l'adoption de la norme NT 106.20 de 2002, l'approbation du cahier des charges par arrêté du 19 décembre 2006 et la publication du décret 2007-13 du 3 janvier 2007.

Norme NT 106.20

Adoptée en 2002, cette norme a constitué durant 7 ans, la seule disposition applicable à l'épandage agricole. Elle est inspirée des normes, directives et réglementations internationales, et couvre tous les aspects saillants en relation avec la valorisation des boues en tant que matière fertilisante des sols, avec un respect strict des teneurs limites en métaux du produit, y compris celle du mercure (10 mg/Kg MS : Matière solide).

L'arrêté conjoint des ministres chargés de l'Agriculture, et de l'Environnement du 29 décembre 2006 a approuvé le cahier des charges type concernant les conditions d'utilisation des boues provenant des stations de traitement des eaux usées, dans le domaine agricole ainsi que les modalités de leur gestion par l'exploitant agricole. Plus tard adopté le décret n° 2007-13 du 3 janvier 2007 a été adopté, fixant les conditions et les modalités de gestion des boues provenant des stations de traitement des eaux usées en vue de leur utilisation dans le domaine agricole.

L'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles et l'utilisation des boues dans les activités agricoles qui peuvent présenter des dangers pour l'eau et le sol, sont prises en considération par la Convention de Minamata. L'article 5 de cette convention consacré aux rejets, pourrait s'appliquer aux eaux usées et aux boues résiduelles. Cet article portant sur « le contrôle et dans la mesure du possible, sur la réduction des rejets de mercure et composés de mercure, souvent exprimées en « quantité totale de mercure », dans le sol et l'eau par sources ponctuelles pertinentes... », impose aux Etats Parties, d'identifier les catégories de sources ponctuelles pertinentes, de prendre des mesures pour contrôler les rejets et d'élaborer un plan national énonçant les mesures à prendre à cette fin, et notamment les valeurs limites de rejet (de mercure), les meilleures techniques disponibles, ... ».

A la lumière de ces informations, la réglementation tunisienne en matière de gestion des eaux usées traitées et des boues résiduelles utilisées à des fins agricoles, cadre bien avec les dispositions de la Convention de Minamata.

Mercure dans les denrées alimentaires

La réglementation à ce sujet a été mise à jour dans l'arrêté des ministres de la santé, de l'industrie, du commerce et de l'artisanat, de l'agriculture, et de l'équipement et de l'environnement, du 12 mai 2013. Cet arrêté fixe la liste des teneurs maximales tolérées pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et les méthodes de prélèvement d'échantillons et d'analyses pour le contrôle officiel. Cet arrêté a abrogé toutes les dispositions antérieures contraires et notamment la norme tunisienne NT 117.02 (1983) homologuée par l'arrêté du 25 janvier 1986.

Cette nouvelle réglementation vient combler le vide juridique et harmoniser les normes tunisiennes en conformité avec l'évolution de la réglementation internationale pour les denrées alimentaires.

Le mercure a été pris en compte dans les teneurs limites tolérées maximales pour les contaminants. L'arrêté du 12 mai 2013 précédent, définit la limite maximale de teneur comme étant « la concentration maximale de cette substance devant être légalement autorisée pour ce produit », et interdit de mettre sur le marché des denrées alimentaires lorsqu'elles contiennent des contaminants qui dépassent la limite maximale. Il interdit aussi d'utiliser les denrées alimentaires qui présentent des teneurs dépassant les limites maximales comme ingrédients alimentaires. L'annexe 1 de l'arrêté est claire en ce qui est de la limite du mercure dans les produits de la pêche et la chair musculaire de poissons (0,5 à 1,0 mg/Kg de poids à l'état frais). Cette annexe 1 fixe aussi la teneur limite maximale de chlorure de vinyle monomère dans les aliments destinés à la consommation humaine.

L'article 5 de la Convention de Minamata précise le régime juridique des procédés de fabrication utilisant le mercure ou des composés de mercure, et renvoie à l'annexe B qui cite la production de vinyle monomère. Chaque Etat Partie prend les mesures pour limiter l'utilisation du mercure ou des composés de mercure dans les procédés énumérés dans cette annexe.

L'arrêté ministériel du 12 mai 2015 en Tunisie, impose les méthodes de prélèvement d'échantillons les modalités d'analyse pour le contrôle officiel des limites de teneurs de certains contaminants dans les denrées alimentaires. Dans le cas précis du mercure, le rapprochement clair de la réglementation européenne et du *Codex Alimentarius* est remarquable.

Pour le cas précis du mercure dans les denrées alimentaires, le droit Tunisien répond à l'objectif de la Convention de Minamata. Cette dimension de protection de l'environnement et de la santé pourra être renforcée par le projet de Loi n° 2016-78, déposé par le gouvernement auprès de l'Assemblée des Représentants du Peuple.

Dans la perspective de son adoption, cette loi couvrira la fabrication, la transformation, le transport, le stockage, l'import/export et la distribution des produits. Elle consacrera les principes de précaution, de transparence et de traçabilité, et mise en place d'une instance nationale pour la sécurité sanitaire et la qualité des produits alimentaires.

Mercure dans les piles électriques

L'arrêté du ministre de l'Industrie et de l'Energie du 1^{er} juillet 2003, portant homologation des Normes Tunisiennes relatives aux piles électriques, précise le régime de ces produits, et notamment le seuil de mercure toléré. L'article 3 interdit l'usage des piles électriques contenant plus de 0,0005% (5mg/Kg) en poids de mercure, ou de 0,025% (250mg/Kg) de cadmium, y compris dans le cas où ces piles sont incorporées dans les appareils. Pour les piles composées d'éléments de type bouton contenant plus de 2% en poids de mercure ne sont pas soumises à cette interdiction.

Dans l'Annexe A, partie 1, de la Convention de Minamata, les piles, à l'exception des piles boutons, sont concernées par cette réglementation (d'interdiction) de produits contenant du mercure ajouté, dont la production, l'importation ou l'exportation ne sera plus autorisée (date d'abandon définitif) en 2020 sauf ... en vertu d'une dérogation enregistrée par une Partie conformément à l'article 6 de la convention.

La réglementation Tunisienne sur les piles électriques se conforme donc bien à la réglementation autorisée par la Convention de Minamata, mais elle devrait changer en vertu de cette même convention au cas où la Tunisie procède à sa ratification.

Mercure dans les produits cosmétiques

L'arrêté du ministre chargé de l'industrie du 23 janvier 2007, a homologué les normes Tunisiennes relatives aux conditions de fabrication et d'étiquetage des produits cosmétiques et d'hygiène.

En se référant à la convention de Minamata, les cosmétiques à teneur en mercure supérieure à 1 ppm (1 mg/Kg), y compris les savons et crèmes de blanchiment de la peau, mais à l'exclusion des cosmétiques pour la zone oculaire dans lesquels le mercure est utilisé comme agent de conservation pour lequel aucun substitut efficace et sans danger n'est disponible, sont soumis à l'abandon définitif en 2020, sauf en vertu de dérogation enregistrée pour une Partie.

Utilisation du mercure ou de ses composés dans le secteur industriel

En Tunisie, la mention de ces composés dans des procédés de fabrication, est assez rare. Les normes réservées aux ciments (homologuées en 1996, 1997 : arrêté du ministre de l'industrie du 3 avril 1997 portant homologation de la norme Tunisienne relative aux valeurs limites d'émission des polluants des cimenteries, en 2007 et en 2010), aux métaux, produits métalliques, industrie des matériaux de construction, produits sidérurgiques, industries mécaniques et métallurgiques, et aux produits pétroliers et carburants, n'évoquent pas le mercure et/ou ses composés.

L'article 13 du décret 2010-2519 du 28 septembre 2010 fixant les valeurs limites à la source des polluants de l'air, dispose : 'Les valeurs limites à la source de polluants de l'air pour les unités de production de ciment sont fixées dans l'annexe 6 du décret. Cette annexe prévoit : « les teneurs en métaux lourds des émissions gazeuses en provenance du four,..., respectent les valeurs limites suivantes : (1) le cadmium (Cd), le thallium (Tl) et le mercure (Hg) gazeux et particulaire) = 0,2 mg/m³ pour la somme Cd+Tl+Hg ». Cette norme basée sur la somme des teneurs de trois éléments différents par leurs comportements et leurs nuisances, peut cependant ajouter de l'ambiguïté à l'application de ce décret.

Il en découle que de par la loi, la précision sur les teneurs en mercure dans les produits n'est ni généralisée, ni systématique.

Mercure des rejets dans le milieu récepteur

Le décret n° 85-56 du 2 janvier 1985 relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur, exige le traitement obligatoire de ces rejets. L'article 8 mentionne le traitement préalable des composés dangereux qui doivent être éliminés : (...) d- Mercure et composés du mercure(...). En application de ce décret, la norme NT 106.002 a été enregistrée en 1989, et homologuée par l'arrêté du ministre de l'économie nationale du 20 juillet 1989.

Plus récemment, cette norme a été abrogée par l'arrêté du Ministre des Affaires Locales et de l'Environnement et le Ministre de l'Industrie et des Petites et Moyennes Entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur.

Mercure dans la réglementation relative aux déchets

Les déchets contenant du mercure sont soumis au Droit commun des déchets (Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et élimination et ses textes d'application, notamment le décret n° 2000-2339 du 10 octobre 2000 fixant la liste des déchets dangereux comme suit.

Tableau 2. Liste des déchets dangereux cités dans l'Annexe I du décret 2000-2339 du 10 octobre 2000.

Code	Désignation
07	Déchets provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon.
070401	- Boues contenant du mercure
08	Déchets des procédés de la chimie minérale
080403	- Déchets contenant du mercure
19	Déchets ménagers et déchets assimilés provenant des commerces, des industries et des administrations, y compris les fractions collectées séparément
190196	- Tubes fluorescents et autres déchets contenant du mercure
200403	- Piles sèches au mercure

L'article II fixe la liste des constituants dangereux et attribue au mercure et composés du mercure le Code C11, et l'article III la liste des caractéristiques de danger de tous les constituants arrêtés.

La loi de 1996 précédente stipule l'obligation d'élimination des déchets par tout détenteur, et l'obligation de récupération des déchets dont le producteur est responsable en application du « principe pollueur-payeur ». Les autorités compétentes peuvent mettre en place un système obligatoire d'élimination des déchets ou le cas échéant les (producteurs) obliger à participer à un système de récupération ou d'élimination des déchets (article 9).

Les entreprises assurant la collecte et la gestion des déchets dangereux sont soumises à une autorisation préalable du ministre en charge de l'environnement, dont les conditions d'octroi sont précisées par le décret n°2009-1064 du 13 avril 2009.

Le transport des déchets dangereux est soumis à la Loi N° 97-37 du 2 juin 1997 relative au transport par route des matières dangereuses, et de ses textes d'application : décrets et arrêtés.

Notons que la Tunisie a aussi adhéré à « L'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) », conclu à Genève au 30 septembre 1957.

Mercure dans la réglementation des émissions

La qualité est gérée par la Loi n° 2007-34 du 4 juin 2007 sur la qualité de l'air et le décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010 fixant les valeurs limite à la source des polluants de l'air de sources fixes, édicté en application de cette loi. L'annexe 1 de ce décret mentionne : « a) Rejets de cadmium, mercure et thallium, de leurs composés : si le flux horaire total de cadmium, mercure et thallium et de leurs composés dépasse 1g/h, la valeur limite de concentration est de 0,05 mg/m³ par métal et de 0,1mg/m³ pour la somme des métaux (exprimés en Cd+Hg+Tl) ».

Le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant, ne fait pas mention des teneurs limites du mercure dans l'air ambiant, et devrait donc être amendé.

Il en ressort que la réglementation relative à la pollution de l'air par les métaux lourds/mercure est dans l'ensemble conforme aux dispositions de la Convention de Minamata.

Législation Tunisienne sur les sites contaminés

Depuis l'adoption de la Loi relative à la création de l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement, du 2 août 1988, l'obligation de dépollution est devenue une règle générale et commune à tous les secteurs. De même la Loi n° 95-70 du 17 juillet 1995 relative à la conservation des eaux et du sol, considère que le sol est une composante de l'environnement, qui doit être « protégé, préservé, mis en valeur et rénové (article 3) ». Ceci conduit à l'obligation de ne pas polluer et le cas échéant, l'auteur de la pollution est tenu « à l'élimination, à la réduction et éventuellement à la récupération des matières rejetées » ainsi qu'à la réparation des dommages qui en résultent.

Il n'existe cependant toujours pas de normes limites pour les teneurs en mercure des sols selon leur occupation.

Aspects sanitaires

Plusieurs textes juridiques reconnaissent la dimension sanitaire de la protection de l'environnement contre les déchets dangereux.

- Le code du travail (article 152-2) impose à tout employeur « de prendre les mesures nécessaires et appropriées pour la protection des travailleurs et la prévention des risques professionnels », dont les risques sanitaires.

- La création de l'Institut de Santé et Sécurité au Travail (Loi 90-77 du 7 juillet 1977) participe à la formation, aux études, recherches en matière de sécurité et de santé et fournit l'assistance technique nécessaire.
- En matière de consommation, la Loi n° 92-117 du 7 décembre 1992, a mis en place les principes fondamentaux liés aux produits mis à la disposition des consommateurs et la responsabilité en la matière.
- L'article 3 de la Loi n° 94-41 du 7 mars 1994 relative au commerce extérieur stipule : « Sont exclus du régime de la liberté de commerce extérieur tous les produits touchant à la sécurité, à l'ordre public, à l'hygiène, à la santé, à la morale, à la protection de la faune et de la flore et au patrimoine culturel ».

Les dispositions les plus récentes concernent l'interdiction de l'importation et de l'usage des thermomètres à mercure mais aussi la limitation de l'usage des amalgames dentaires contenant Hg, dans le domaine médical. En effet :

- La circulaire n° 36 du Ministre de la Santé relative à l'interdiction de mettre sur le marché des thermomètres médicaux à mercure destinés à mesurer la température interne de l'homme, se réfère également à la Loi n° 63 du 29 juillet 1991, relative à l'organisation sanitaire, et à la loi n° 92-117 du 7 décembre 1992, relative à la protection du consommateur et notamment ses articles 7 et 20.
- Instauration de la mise en place de séparateurs d'amalgames dans les cabinets privés et publics et l'élimination des déchets mercuriels issus de l'amalgame dentaire (Circulaire N°1- 2023 du Ministre de la Santé) ;
- Interdiction du traitement dentaire par des Hg-amalgames pour les enfants de moins de 15 ans et pour les femmes enceintes et les femmes allaitantes (Circulaire N°2 du 4 janvier 2023 du Ministre de la Santé).

Ces dispositions du Droit Tunisien, relatives à la protection de la santé humaine et à la sensibilisation des travailleurs et des consommateurs, correspondent aux dispositions de la Convention de Minamata, notamment l'article 6 consacré aux aspects sanitaires.

4 Cadre institutionnel

La Convention de Minamata renvoie à la compétence de chaque Etat Partie de désigner « les autorités chargées d'exécuter les obligations découlant » de la convention ou du règlement.

La multiplicité des intervenants peut refléter la réalité du cycle du mercure et des composés du mercure, qui pose le problème de la reconnaissance ou non par ces intervenants des différents impacts des produits sur l'environnement et sur la santé. La variabilité du mandat et de la nature de compétences de chaque intervenant et ses capacités de décision, en dépendent également.

4.1 Intervenants ministériels

Le cadre institutionnel se rapportant aux produits dangereux, et en particulier le mercure, se compose de structures se rapportant directement à ces produits, et d'autres ayant affaire directe ou constituant un cadre affectant le cycle de ces produits. Il est donc nécessaire d'assurer la coordination de l'action conjointe vis-à-vis de cette complexité du cycle du mercure et de ses impacts pervers.

Les ministères les plus concernés sont : celui des finances (La Douane Tunisienne), le ministère de l'agriculture, le ministère de la santé publique, le ministère de l'Industrie, le ministère du commerce, le ministère des mines et de l'énergie, le ministère en charge de l'environnement, et le ministère en charge du travail.

4.1.1 La Douane Tunisienne

Elle contrôle à la frontière l'import/export des produits conformément à la réglementation en vigueur. Ces services sont dotés des pouvoirs de contrôler, de vérifier, d'arrêter et de saisir les produits non conformes à la réglementation en vigueur et d'engager la procédure de poursuite judiciaire.

L'article 12 du décret n° 94-1744 du 29 août 1994 relatif aux modalités de contrôle technique à l'importation et à l'exportation et aux organismes habilités à l'exercer, dispose : « L'exportation des produits figurant sur la liste prévue à l'article premier est subordonnée à la présentation d'un certificat de contrôle. Ce certificat est délivré par les contrôleurs du service concerné, au vu de la déclaration préalablement déposée en douane, et après vérification des produits par lesdits contrôleurs ».

L'intervention des services de douane est complémentaire de celles des différents services techniques des administrations compétentes par produit identifié, en particulier le mercure et composés de mercure.

L'article 3 du même décret précise : « Le contrôle technique à l'importation est effectué selon la nature du produit, par les différents services techniques de l'Administration tel que prévu au tableau A annexé au présent décret ou par tout autre organisme agréé par l'Administration à cet effet ».

4.1.2 Ministère de la santé

Ce ministère demeure compétent dans le contrôle des produits pour vérifier leur impact sur la santé humaine. Le service du contrôle et la lutte contre la pollution de la Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement, prépare chaque année une liste des produits interdits et une liste des produits autorisés dans le secteur d'hygiène publique. Le ministère de la santé contrôle en principe les produits pharmaceutiques, les médicaments, et le matériel et équipements de santé.

Toutefois, une mention claire de la nécessité de contrôler les produits contenant du mercure ou des composés de cet élément s'impose. Pour assurer ses différentes tâches ce ministère se fait aider par des établissements publics placés sous sa tutelle et par des comités techniques.

- Comité Technique de Sécurité Sanitaire et Environnementale des Produits Chimiques utilisés dans le domaine de la santé (arrêté du ministre de la santé du 4 septembre 2012).
- Comité technique d'études des produits chimiques et biologiques, créé par décision du ministre de la santé du 12 octobre 2000, hébergé à l'ANCSEP.
- Comité technique de prévention des risques sanitaires liés aux jouets pour enfants (décision du ministre de la santé du 12 octobre 2000), hébergé par l'ANCSEP.

4.1.3 Ministère chargé de l'Agriculture

Ce ministère a compétence en matière de pesticides à usage agricole. Il autorise la fabrication, la formulation, le conditionnement, la vente, et la distribution des pesticides. A partir de 1985,

il a été créé le Laboratoire de Contrôle et d'Analyse des Résidus de Pesticides relevant de ce ministère chargé de contrôler la conformité de tous des pesticides proposés à l'homologation, dont ceux à mercure. Deux commissions techniques ouvrent pour le contrôle des produits chimiques :

Le ministère de l'agriculture a la responsabilité de contrôler les pesticides à mercure :

- La commission technique d'étude des produits pesticides à usage agricole (DGPCQPA) ;
- La commission technique des produits de nettoyage et de désinfection (DGSV).

4.1.4 Ministère de l'Environnement

Ce ministère a mandat global en matière de protection de l'environnement. Selon l'article 1^{er} du décret 2005-2933 du 1^{er} novembre 2005 et le décret n°2016-117 du 27 août 2016, fixant les attributions du ministère en charge de l'environnement, le ministère est chargé de *« proposer en collaboration avec les ministères et organismes concernés, la politique générale de l'Etat dans les domaines de la protection de l'environnement, de la conservation de la nature, de la promotion de la qualité de la vie, et de concrétiser les impératifs de la durabilité du développement dans les politiques générales et sectorielles et de veiller à leur mise en œuvre »*.

En matière de produits dangereux, le ministère joue un rôle important dans les études, la proposition de textes juridiques et de plans de mise en œuvre des conventions onusiennes dont il est le point focal.

Pour ce qui est du mercure/composés de mercure, ce ministère peut :

- Initier le travail pour la ratification de la Convention de Minamata ;
- Réunir un groupe de travail sur la prise en considération du mercure et de ses composés dans les textes juridiques, les plans directeurs, les programmes... ;
- Mener la réflexion sur les meilleurs mécanismes juridiques et institutionnels pour intégrer cette convention dans le droit et le tissu institutionnel Tunisien.

4.1.5 Ministères chargés de l'industrie et du commerce

Les deux secteurs (commerce et industrie) fusionnés en 2017, sont soumis à la réglementation d'avant cette date. Ce ministère accorde les autorisations pour l'ouverture des établissements industriels et pour l'importation de produits, équipements, ..., pouvant contenir du mercure ou des composés de cet élément. Il fixe (et participe à la fixation) les normes et les valeurs limite des teneurs en métaux et composés toxiques de certains produits, de rejets et d'émissions. Il contrôle l'import/export et prend les mesures pour limiter, voire interdire, certaines activités jugées dangereuses pour la santé et pour l'environnement, notamment celles liées au mercure.

4.1.6 Ministère chargé des mines et de l'énergie

Il contrôle ces deux secteurs, étant habilité à l'octroi de concessions d'exploration et d'exploitation, au contrôle et suivi de ces activités, la remise en état des sites exploités,... Sa participation à tout effort de lutte contre les rejets de mercure associés aux activités minières et d'exploitation d'hydrocarbures, est donc essentielle.

4.1.7 Ministère des Affaires Etrangères, de la Migration et des Tunisiens à l'Etranger

Ce ministère contrôle les échanges avec l'étranger en matière de politique ; il est aussi responsable de la coopération technique internationale et de promotion des investissements

4.2 Etablissements publics

4.2.1 Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits (ANCSEP)

Créée en 1999 (décret 99-789 du 5 avril 1999) comme étant un établissement public destiné à assurer la coordination entre tous les intervenants en matière de contrôle sanitaire et environnemental des produits. L'article 2 du décret de création stipule : « *L'agence,..., a pour mission d'assurer la coordination et la consolidation des activités de contrôle sanitaire et environnemental des produits exercées par les différentes structures de contrôle concernées. Elle assure également le suivi que nécessite l'accomplissement de son activité. Dans ce cadre, elle est chargée notamment de :*

- *Préciser les attributions des organismes de contrôle relevant de sa coordination en concertation avec les départements et les organismes concernés ;*
- *Veiller au respect de la réglementation et normes nationales et internationales en matière de contrôle sanitaire et environnemental des produits ;*
- *Se prononcer sur les problèmes et les différends concernant l'application des normes et des règles en vigueur et notamment celles relatives aux procédés et aux résultats des analyses ;*
- *Contribuer à la formation et l'information en matière de contrôle sanitaire et environnemental des produits ;*
- *Développer les relations scientifiques et techniques avec les organismes internationaux de même vocation ».*

L'ANCSEP a créé des sous-comités et des unités spécialisées dont le sous-comité du contrôle technique de la sécurité sanitaire des aliments chargé des contaminants dans le but d'évaluer la situation actuelle des contaminants, établir les stratégies de contrôle de certains contaminants, de renforcer les études épidémiques relatives aux contaminants, et rechercher les moyens d'amélioration des textes réglementaires et des critères utilisés dans le domaine des contaminants, donc le mercure et ses composés.

Ce mandat et cette activité très larges en termes sanitaires et environnementaux, couvre entre autres produits, le mercure et les composés de mercure dans les produits et dans l'environnement. Ceci peut surement déboucher sur un conflit de compétence avec d'autres départements et établissements.

Les missions et attributions de l'ANCSEP sont fixées par le décret n°99-769 du 15 avril 1999). Cette loi a d'abord instauré un cadre juridique afin de préserver la santé humaine et prévenir les risques sanitaires liés à la consommation de produits alimentaires. De plus, les efforts récents pour une nouvelle réforme du système national de la sécurité sanitaire des aliments, ont abouti à la promulgation de la Loi 2019-25 du 26 février 2019 relative à la sécurité sanitaire des denrées alimentaires et de nourritures des animaux.

Les structures qui ont été mises en place sous tutelle du Ministère de la Santé pour mettre en œuvre la politique de l'Etat en matière de protection des consommateurs et de sécurité sanitaire figurent :

- (i) l'Institut National de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires (INSPA) qui est une autorité unique en matière de gestion et de communication des risques ; et
- (ii) l'ANCSEP qui sera migrée de sa mission actuelle de coordination des activités de gestion des risques, en une agence d'évaluation des risques baptisée l'Agence Nationale d'Evaluation des Risques (ANER) qui se veut d'être la référence nationale en évaluation des risques pour l'aide à la décision.

4.2.2 Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)

L'ANPE est compétente pour contrôler les pollutions de l'environnement par les substances liquides, solides, gazeuses ou autres (Loi n°88-91 du 2 août 1988 modifiée par les Lois n° 92-115 du 30 novembre 1992 et n° 93-120 du 27 décembre 1993, et n° 2001-14 du 30 janvier 2001). Elle est dotée du mandat de contrôle des pollutions et des dégradations de l'environnement, dresser des procès-verbaux, transmettre les dossiers à la justice et/ou procéder à la transaction en la matière ?

Cette agence est chargée d'assurer la police des établissements classés. La réglementation des établissements classés dangereux, insalubres et incommodes résulte des articles 293 à 324 du code du travail (Loi n° 66-27 du 30 avril 1966 ; décret d'application n° 2006-2687 du 9 octobre 2006).

Les établissements de gestion des déchets sont considérés dangereux, insalubres et incommodes au sens de l'arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des PME du 15 novembre 2005 établi à cet effet.

L'ANPE est chargée d'assurer le contrôle des établissements et de percevoir la redevance annuelle de contrôle qu'ils doivent verser à cet effet, dont le produit a été affecté à son budget depuis 1991. Elle reçoit également les études d'impact sur l'environnement (décret 2005-1991 du 11 juillet 2005), les plans de dépollution, la réhabilitation des sites et la remise en état des lieux.

4.2.3 Agence Nationale de Gestion des Déchets (ANGed)

C'est le principal responsable des décharges contrôlées. L'ANGed intervient pour le stockage, l'élimination et la valorisation des déchets (décret n° 2005-2317 du 23 août 2005). Elle pourrait intervenir en matière de gestion des déchets à mercure ou composés à mercure.

Le décret précédent de création de l'ANGed lui attribue les missions suivantes :

Participer à l'élaboration des programmes nationaux et des textes en matière de gestion des déchets, et la réalisation et l'exécution des projets et procédures qui sont inscrits dans ces programmes ;

Contribuer à aider et à consolider les groupements ou les structures régionales que les collectivités locales seraient amenées à créer dans le cadre de la gestion des ouvrages relatifs aux déchets ;

Assister les industriels dans le domaine de la gestion des déchets, promouvoir les programmes de valorisation des déchets, et gérer et maintenir les ouvrages spécifiques relatifs aux déchets dangereux réalisés par l'état ;

Gérer les systèmes publics de reprise et de gestion des sacs d'emballage et des emballages utilisés, et les systèmes de reprise des huiles lubrifiantes et des filtres à huile usagés prévus par la réglementation en vigueur (Loi n° 96-41 du 10 juin 1996; décret 97-1002 du 2 juin 1997 modifié par le décret n 2001-843 du 10 avril 2001, et décret n 2002-693 du 1^{er} avril 2002).

L'ANGED agit par le biais de commissions !

- Commission technique consultative d'octroi des autorisations d'exercice des activités de gestion des déchets dangereux ;
- Commission technique consultative d'octroi des autorisations d'immersion des déchets ou autres matières en mer.

4.2.4 Institut de la santé et de la sécurité au travail (ISST)

Il a été créé par la Loi n° 90-77 du 7 août 1977, modifiée par la Loi 96-9 du 6 mars 1996. Il est organisé par le décret 2000-705 du 5 avril 2000. Cet institut est chargé de mener les études et réformes en matière de santé et de sécurité au travail, de proposer les règlements et les réformes dans ces secteurs, de mener les campagnes de formation, d'information et de sensibilisation.

Par référence à l'arrêté conjoint des ministres chargés des affaires sociales, et de la recherche en date du 12 octobre 2012, cet organisme peut jouer un rôle important pour la recherche, la formation et la sensibilisation aux dangers du mercure dans les lieux de travail, dans les industries extractives, les installations de traitement des déchets, ...

4.2.5 Pharmacie Centrale de Tunisie

Elle a été créée par la Loi n°90-105 du 26 novembre 1990, organisée par le décret n° 91-555 du 20 avril 1991, et chargée de l'approvisionnement national en médicaments, produits pharmaceutiques, objets de pansement, instruments, accessoires et autres fournitures nécessaires à la médecine humaine et vétérinaire. Le législateur lui reconnaît le monopole de l'importation des médicaments et de tous autres produits déterminés par arrêté du ministre chargé de la santé du 25 octobre 1994. La PCT informe par les moyens les plus appropriés le corps médical et pharmaceutique de tous les produits et articles en rapport avec ses missions.

La mission de la PCT est renforcée par celle du Laboratoire national de contrôle des médicaments. Ces deux établissements peuvent contribuer sensiblement au contrôle des médicaments, produits pharmaceutiques, vétérinaires et d'hygiène, cosmétiques,..., qui peuvent contenir du mercure.

4.2.6 Direction de la Pharmacie et du Médicament

La DPM est un département technico-administratif du Ministère de la Santé qui gère tous les aspects administratifs liés à la pharmacie, au médicament et aux activités apparentées. C'est aussi l'organe de coordination des activités du Système National d'Assurance Qualité des Médicaments, qui procède également au Contrôle Technique à l'Importation des médicaments, des accessoires médicaux et des produits cosmétiques à vente limitée aux pharmacies.

La DPM est responsable de la délivrance des autorisations d'importation, de mise sur le marché mais aussi de l'utilisation des médicaments et des appareillages médicaux dans les établissements de santé publique.

Cette direction qui assure actuellement la tutelle des organismes étatiques en matière de médicament, a bénéficié depuis le 17 Mai, 1998 du statut de Centre Collaborateur de l'Organisation Mondiale de la Santé en matière d'enregistrement des médicaments et de réglementation pharmaceutique.

4.2.7 Entreprises nationales

Les entreprises nationales dont la Société Nationale d'Electricité et de Gaz, la Compagnie des Phosphates de Gafsa, le Groupe Chimique Tunisien, les Industries Chimiques Maghrébines, la société El Fouledh, l'Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières, l'Office National des Mines,..., sont concernés par les rejets, notamment pour la sensibilisation des cadres et des travailleurs aux dangers liés de mercure et composés de mercure.

4.2.8 Rôle de la Société Civile

Les organisations de la société civile très ancrées dans le tissu social, se sont complètement libérées en 2011. Environ 361 associations sont aujourd'hui actives dans le domaine de l'environnement et de la santé. Le ministère en charge de l'environnement coordonne bon nombre d'activités notamment la sensibilisation du public aux dangers de produits hautement toxiques dont ceux mercuriels. Ces ONGs joueront sûrement un grand rôle dans la formation, la communication et la sensibilisation aux dangers du mercure et de ses composés, et l'application d'une stratégie nationale de lutte contre ce fléau.

5 Synthèse et recommandations

L'intérêt primordial accordé par les instances aux questions de sauvegarde de l'environnement et de la santé humaine, ont suscité la signature de la Convention de Minamata dès octobre 2013.

L'accélération du processus de ratification de ladite convention nécessite l'inventaire national précis des rejets de mercure dans le pays, et l'examen approfondi du Droit Tunisien et la mise de ses dispositions en conformité avec la Convention de Minamata. L'analyse du contexte institutionnel et juridique met en exergue les points forts à consolider, et les carences à dépasser.

Atouts à consolider

Au plan juridique, le droit Tunisien, spécifique ou commun, est très favorable à intégrer un régime spécifique au mercure : import/export ; extraction minière, fabrication de produits, rejets et émissions,... De nombreuses composantes de ce droit sont conformes aux exigences des principales conventions internationales pour la lutte contre les dangers du mercure, et en particulier la Convention de Minamata.

Au plan institutionnel, nombreux sont les intervenants selon l'étape du cycle de vie du mercure ou de ses composés. La diversité des compétences des organismes, malgré bien des points forts à consolider, peuvent poser le problème du conflit de compétence. Par exemple, l'ANCSEP est responsable du contrôle sanitaire et environnemental des produits, activités qui relèvent tout au moins en partie de la mission de l'ANPE.

Carences à surpasser

L'absence d'une disposition claire et globale portant sur les dangers du mercure et de ses composés, leur fabrication, leur usage, et leurs rejets et émissions à la source ne facilite pas la tâche des intervenants pour le suivi et contrôle des impacts sur la santé et sur l'environnement. Certaines applications des produits à mercure (amalgames dentaires, thermomètres, sphymomètres, production du chlorure de vinyle,..) ne sont pas pris en considération.

Des carences institutionnelles peuvent aussi y être liées :

- Les distances entre avis des institutions quant à la reconnaissance des impacts du mercure sur l'environnement et sur la santé ;
- La disparité des avis dépendant de la position de chacun des acteurs : exploitant, fabricant, distributeur, protecteur de santé et d'environnement, etc. ;
- La variabilité des mandats et les limites des compétences des intervenants (études, recherche, consultation, décision,...).

Recommandations sur les améliorations réglementaires

Il est recommandé d'accélérer la ratification de la Convention de Minamata et de mettre en place un Groupe de travail pour entamer la réflexion quant à l'intégration du mercure et de ses composés dans le tissu institutionnel et réglementaire, et sans alourdir le paysage institutionnel dans la mesure du possible. Ce groupe devrait réunir tout au moins, les acteurs principaux ayant mission de combattre les dangers des produits chimiques dangereux et leurs rejets. Le ministère en charge de l'environnement pourra initier cette action qui accompagnera le processus de ratification ultime de la Convention de Minamata et sa mise en application.

Au plan d'une mise à jour de la réglementation spécifique au mercure un certain nombre de proposition peuvent être esquissées comme suit :

- Il paraît inopportun d'élaborer un nouveau texte réglementaire global visant la lutte contre le mercure en conformité avec les dispositions de la convention de Minamata, similaire Règlement (UE) 2017/852 du 17 mai 2017 adopté par l'Union, entré en vigueur au 1^{er} janvier 2018. En effet, comme évoqué dans la partie Inventaire suivante, la Tunisie ne produit pas et ne commerce pas le mercure, ou les produits de consommation à mercure ajouté, ne dispose pas de procédés industriels avec du mercure catalyseur, ne pratique pas l'orpaillage, etc.
- Quant à la limitation de l'usage des amalgames dentaires (l'une des sources les plus importantes d'apport de mercure à l'environnement ; voir Bilan Hg 2022), le processus réglementaire est déjà entamé suite à l'adoption des Circulaires du Ministre de la Santé, avec la possibilité de réduction progressive de l'usage de ces produits, voire leur abandon total à une échéance précise sur la base d'un nouveau texte réglementaire.
- Concernant le suivi de la contamination et les dispositions des normes réglementaires sur les émissions et rejets de mercure (eau, air, sol), la Tunisie dispose d'une réglementation bien adéquate. Cependant, comme mentionné précédemment :
 - Il convient d'amender le Code minier en vue d'interdire l'extraction des minerais de mercure et leur minéralurgie ;
 - D'amender l'article 13 du décret 2010-2519 du 28 septembre 2010 fixant les valeurs limites à la source des polluants de l'air (Annexe 6), pour faire la part séparée des teneurs dans l'air des trois polluants visés (Hg, Tl et Cd) ;

- D'amender le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant, qui ne fait pas mention des teneurs limites du mercure dans l'air ambiant, et qui devrait en principe être conforme avec le décret précédent (Article 13 et Annexe 6).
- De proposer un nouveau texte réglementaire relatif aux teneurs limites du mercure dans les sols selon le choix de leur occupation.
- Les normes NT 09.14, NT 106.03 et NT 106.20 doivent aussi être réévaluées pour leurs teneurs limites tolérées pour le mercure. Ce point fera l'objet de l'analyse des textes réglementaires existants et la proposition de nouveaux textes réglementaires à la fin de la troisième partie de ce travail.

ANNEXES

1. Loi-2007-34-qualite-air.pdf
2. 2010 Emissions à partir de Source Fixe.pdf
3. Décret Gouvernemental seuil d'alerte air 2018.pdf
4. NT-09-14 EAUX DE BOISSON.docx
5. Norme NT 106 03 EUT Domaine Agricole.docx
6. Arrêté 2018_Rejets dans le DPH.pdf



Projet CHILD 1.1

GEF ID# 9684

Réduction de la pollution due
aux produits chimiques nocifs
et aux déchets dans les « hotspots »
méditerranéens et mesure des
progrès vers les impacts.



Partie 2

**Identification des sources et bilan des
apports de mercure à l'environnement en
Tunisie durant l'année 2022.**

Décembre 2024

Table des Matières

Table des Matières	1
Liste des Figures	2
Titre des Tableaux.....	3
Abréviations	4
1 Introduction.....	5
2 Apports anthropiques et dangers du mercure.....	6
3 Bilan national des apports de mercure à l'environnement	10
4 Données d'activité par produit et par secteur en Tunisie	11
4.1 Sources des données utilisées	11
4.1.1 Institutions clés et données publiques et documentaires	11
4.1.2 Organismes consultés et personnes ressources	12
4.1.3 Planification des visites des différents organismes	12
4.2 Approche du calcul de bilan.....	12
4.3 Secteurs principaux, catégories et sous-catégories sources de mercure en Tunisie.....	13
4.3.1 Secteurs principaux	13
4.3.2 Catégories et sous-catégories de sources.....	13
4.3.3 Points chauds.....	16
5 Quantification des émissions.....	16
5.1 Méthodologie de quantification	16
5.2 Secteur 1 : Consommation énergétique et production de carburant	17
5.2.1 Données d'activités recueillies pour le pétrole et le gaz	17
5.2.2 Combustion/utilisation de coke de pétrole et de fuel lourd	19
5.2.3 Combustion/utilisation de gasoil, essence, kérosène, GPL et autres distillats légers à moyens	19
5.2.4 Combustion/utilisation du gaz naturel	19
5.2.5 Extraction de pétrole et raffinage de pétrole brut	20
5.2.6 Production nationale et traitement du gaz naturel	20
5.2.7 Estimation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie	20
5.3 Secteur 2 – Production domestique de métaux et matières premières.....	22
5.3.1 Catégorie de sources : Production de métaux primaires	22
5.3.2 Catégorie de sources : Autres productions de matériaux	22
5.3.2.1 Production de ciment	22
5.3.2.2 Production de pâte et papier.....	23
5.3.3 Estimation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de la Production domestique de métaux et matières premières.....	23
5.4 Secteur 3 : Production nationale et transformation domestique avec utilisation intentionnelle de mercure	25
5.5 Secteur 4 : Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays-Traitement et recyclage des déchets.....	25
5.5.1 Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays.....	25
5.5.2 Traitement et recyclage des déchets.....	25
5.5.2.1 Production de métaux recyclés.....	26
5.5.2.2 Incinération des déchets.....	26
5.5.2.3 Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées	26

5.5.3	Estimation des émissions et rejets de mercure du secteur de la gestion des déchets généraux dans le pays-Traitement et recyclage des déchets	28
5.6	Secteur 5 : Consommation générale du mercure dans les produits tels que le métal de mercure et des substances contenant du mercure	30
5.6.1	Catégorie de sources du secteur	30
5.6.2	Sources de données sur les activités du secteur	30
5.6.3	Données sur les produits de consommation contenant du mercure en Tunisie	31
5.6.3.1	Amalgames dentaires et produits chimiques	32
5.6.3.2	Thermomètres et tensiomètres	32
5.6.3.3	Commutateurs et relais électriques contenant du mercure et production de polyuréthane (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure	34
5.6.3.4	Sources de lumière	34
5.6.3.5	Piles et batteries contenant du mercure	34
5.6.3.6	Produits chimiques de laboratoire	35
5.6.4	Estimation des émissions et rejets de mercure issus de la consommation du mercure dans les produits tels que le métal de mercure et des substances contenant du mercure	35
5.7	Secteur 6 : Crematorium et cimenteries	38
5.8	Autres sources d'apport de mercure à l'environnement non quantifiées par le Toolkit niveau 1	38
6	Synthèse de l'évaluation des émissions de mercure de l'année 2022	39
6.1	Sommaire global des rejets de mercure de l'année 2022	39
6.2	Principales sources d'apport du mercure	46
6.3	Emissions dans l'air	47
6.4	Rejets dans l'eau	47
6.5	Rejets dans le sol	48
6.6	Rejets de mercure dans les produits dérivés et les impuretés	49
6.7	Rejets de mercure dans les déchets généraux	50
6.8	Rejets de mercure dans les déchets par secteur	51
6.9	Evolution des émissions annuelles globales du mercure depuis l'année 2015	52
ANNEXES		56

Liste des Figures

Figure 1.	Schéma représentatif du cycle biogéochimique du mercure	9
Figure 2.	Evolution de la quantité importée de thermomètres à mercure dans la période 2015-2022. L'année 2021 est marquée par une forte importation (crise du COVID).	32
Figure 3.	Evolution du tonnage d'importation annuelle des piles et batteries en Tunisie de 2009 à 2022.	34
Figure 4.	Evolution de la quantité annuelle importée de produits chimiques de laboratoire contenant du mercure dans la période de 2009 à 2022.	35
Figure 5.	Contributions en pourcent des émissions et rejets globaux de mercure dans le milieu récepteur pour l'année 2022.	39
Figure 6.	Pourcentages pondéraux et quantités de mercure livrées à l'air, l'eau et le sol en 2022.	40
Figure 7.	Quantification des apports de mercure de différentes catégories de sources pour l'année 2022/	47
Figure 8.	Evaluation des émissions de mercure dans l'air à partir des différentes catégories de sources pour l'année 2022.	47
Figure 9.	Estimation des rejets du mercure dans l'eau à partir des différentes catégories de sources identifiées pour l'année 2022.	48
Figure 10.	Estimation des rejets de mercure dans le sol à partir des différentes catégories de sources identifiées, pour l'année 2022.	49

Figure 11. Estimation des rejets de mercure dans les produits dérivés des déchets et des impuretés, pour l'année 2022.....	50
Figure 12. Estimation des rejets de mercure dans les déchets généraux provenant de différentes catégories de sources identifiées, pour l'année 2022.	51
Figure 13. Estimation des rejets de mercure dans les déchets par secteur, pour l'année 2022.....	52
Figure 14. Répartition comparée des apports de mercure à l'environnement en 2015 et 2022.....	54

Titre des Tableaux

Tableau 1. Teneurs en mercure total (ng/L) dans les eaux océaniques, dans des mers régionales et dans des zones côtières.	8
Tableau 2. Approche méthodologique d'évaluation des émissions et rejets de mercure par secteur de la vie socio-économique.	13
Tableau 3. Secteurs, catégories et sous-catégories de sources demandées par le Toolkit Niveau 1 (révisé 2019), et leur présence ou absence dans le cas de la Tunisie en 2022.	14
Tableau 4. Catégories de sources du secteur "Consommation énergétique et production de carburant" évaluées pour l'année 2022.	17
Tableau 5. Production nationale de pétrole, y compris.....	18
Tableau 6. Production nationale en gaz naturel y compris la redevance gaz Transmed (en ktep-pci).....	18
Tableau 7. Quantité totale du pétrole brut local, importé et raffiné	18
Tableau 8. Consommation de produits pétroliers en Tunisie	18
Tableau 9. Consommation nationale totale en gaz naturel.....	18
Tableau 10. Facteurs de conversion des produits pétroliers.....	19
Tableau 11. Consommation nationale de fuel lourd et de coke de pétrole	19
Tableau 12. Consommation nationale en produits pétroliers exprimés en tonne/an	19
Tableau 13. Consommation nationale de gaz naturel en Nm ³	20
Tableau 14. Evaluation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie pour l'année 2022.	21
Tableau 15. Catégories et sous-catégories de sources du mercure visés par l'estimation du Toolkit niveau 1 (révisé 2018).....	22
Tableau 16. Production de ciments de l'année 2022.....	22
Tableau 17. Evaluation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie pour l'année 2022	24
Tableau 18. Catégories et sous-catégories de sources du secteur n°3 visées par l'estimation des apports de mercure à l'environnement.	25
Tableau 19. Catégories et sous-catégories de sources d'apports de mercure à l'environnement liés à la gestion des déchets généraux.	25
Tableau 20. Indicateurs sur les infrastructures d'assainissement, de la prise en charge et la production/traitement des eaux usées en 2021 et 2022.....	27
Tableau 21. Estimation des apports de mercure à l'environnement liés à la gestion des déchets solides et des eaux usées, en 2022.	29
Tableau 22. Catégories et sous catégories de sources d'apport de mercure à l'environnement liées à la consommation de produits à mercure ajouté.	30
Tableau 23. Produits de consommation contenant du mercure, en 2022.	31
Tableau 24. Statistiques sur les nombre de thermomètres perdus et remplacés au cours de l'année 2015 dans deux grands hôpitaux universitaires de la capitale.....	33
Tableau 25. Apports de mercure à l'environnement liés à la consommation de produits à mercure ajouté (thermomètres, sources de lumière, sphygmomanomètres, etc.).....	36
Tableau 26. Apport de mercure à l'environnement des cimetières en 2022.....	38
Tableau 27. Autres sources de rejet de mercure non quantifiées au niveau 1 de l'inventaire	38
Tableau 28. Sommaire général de l'activité par source et des émissions et rejets de mercure, calculées pour l'année 2022 (Tunisie).....	41
Tableau 29. Récapitulatif des apports de mercure à l'environnement en 2022, classés par catégorie de source.....	45
Tableau 30. Sommaire exécutif du bilan de mercure pour l'année 2022 réalisé à l'aide du Toolkit niveau 1 (révisé 2019).....	53

Abréviations

ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
API	Agence de Promotion des Investissements
AQ/CQ	Analyse Qualité/Contrôle Qualité
BM	Banque Mondiale
CE	Communauté Européenne
COVID	Epidemic COVID
DGE	Direction Générale de l'Energie
DGEQV	Direction Générale de l'Environnement et Qualité de la Vie
DGM	Direction Générale des Mines
DGPA	Direction Générale de Production Alimentaire
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ETAP	Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
GTZ	Agence Allemande de Coopération Technique
INS	Institut National de la Statistique
ktep	kilotonne équivalent pétrole
ktep-pci	kilotonne équivalent pétrole – pouvoir calorifique inférieur
MARHP	Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de la Pêche
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MAL&E	Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONAS	Office National de l'Assainissement
ONE/ONEM	Observatoire National de l'Energie et des Mines
OTED	Observatoire Tunisien du Développement Durable
PAM	Plan d'Action pour la Méditerranée
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POPs	Produits organiques persistants
RAC	Agence des déchets de la Catalogne (Agència de Residus de Catalunya).
SCP/RAC	Centre d'activités régionales pour la consommation et la production durables
SNCPA	Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa
SOTUPILE	Société Tunisienne des Piles
STEG	Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz
Tep/t	Tonne équivalent pétrole/tonne
Tj	Tonne jour
UE	Union Européenne
UNIDO	United Nations Industrial Organization
USGS	United States Geological Survey

1 Introduction

Depuis l'avènement de l'ère industrielle, la mer Méditerranée continue à subir des pressions anthropiques diverses liées à l'urbanisation côtière dominante, soutenue et à l'industrialisation, aux rejets de polluants, à la dégradation des écosystèmes côtiers, à l'érosion côtière, et à une surexploitation des ressources naturelles. Ces signes de dégradation manifeste s'aggravent de jour en jour par les effets attendus des changements pervers et accélérés du climat au cours de ce siècle. Les conséquences sont la dégradation du milieu de vie, la perte de moyens de subsistance, l'endiguement de la pauvreté et une dégradation de la situation socio-économique, notamment dans les pays de la rive Sud de la Méditerranée.

Dans un souci de mitigation de ces impacts et pour pallier la dégradation de l'environnement à une échelle régionale, des conditions socioéconomiques et du milieu de vie, plusieurs instruments juridiques et des programmes d'étude et de suivi environnemental et social ont été développés. Ainsi, le programme pour la Méditerranée (Medprogramme) a été adopté et mis en œuvre dans le cadre de l'application de la Convention de Barcelone (1978) et de nombreuses autres conventions (Londres, 1972 ; Oslo, 1972 ; Bâle, 1989 ; Rotterdam, 1998 ; Bamako, 1998 ; Stockholm, 2001 ; etc.). L'objectif majeur commun de ces conventions est l'interdiction de l'immersion en mer et surtout la limitation de la commercialisation, de l'usage, des rejets sur sol et en mer, et des échanges transfrontières des produits aussi dangereux que les POPs et le mercure.

Malgré ces efforts, les risques liés à la vulnérabilité des écosystèmes et des communautés aux polluants et aux substances dangereuses demeurent importants. Plusieurs facteurs qui peuvent amplifier les menaces de cette pollution chimique, peuvent également endiguer la pauvreté, le manque en termes de capital économique, et sont source du manque d'équité et d'accès à la santé. Ces enjeux sont encore plus aggravés en raison de la diversité socio-culturelle, des conflits liés au genre, et des disparités quant aux capacités d'adaptation des groupes et sous-groupes sociétaux à la variabilité de plus en plus accentuée des conditions environnementales, écologiques et climatiques.

Lutte contre la pollution par le mercure

Le Plan d'Action pour la Méditerranée du PNUE (PNUE/PAM) est un programme de l'environnement de l'ONU destiné à soutenir les pays membres de la Convention de Barcelone pour la protection du milieu marin et du littoral de la mer Méditerranée. Ce plan d'action est mis en œuvre par le Centre d'activités régionales pour la consommation et la production durables (SCP/RAC), qui est rattaché à l'Agence des déchets de la Catalogne (Agència de Residus de Catalunya (ARC), aujourd'hui MedWaves.

Le principal mandat du Centre MedWaves qui relève du PNUE, poursuivi durant les trois dernières décennies est de lutter contre la production de polluants organiques persistants, et des substances hautement polluantes et toxiques dont en particulier le mercure. Il s'agit d'assurer l'aide aux parties contractantes des Conventions de Barcelone et de Stockholm pour remplir leurs engagements au titre de ces traités, de les soutenir dans leur transition vers des modes de consommation et de production durables et vers une économie circulaire.

Le Plan régional sur le mercure qui stipule que « les parties doivent adopter les mesures appropriées pour isoler et contenir les déchets contenant du mercure afin d'éviter toute contamination potentielle de l'air, du sol ou de l'eau », a en outre été adopté et mis en œuvre en 2012 par les signataires de la Convention de Barcelone. Plus récemment, la Convention de

Minamata sur le mercure entrée en force le 16 Août 2017, a donné un élan supplémentaire à l'élaboration des évaluations initiales de la Convention de Minamata (EIM), l'une des activités habilitantes soutenues par le FEM pour les pays en développement et les pays émergents.

Dans le cadre de la mise en application de la Convention de Minamata, l'OMS a aussi élaboré et adopté le nouveau programme fixant les principales orientations de la lutte contre les dangers du mercure dans le secteur de la santé pour la région de Méditerranée Orientale. Il s'agit d'aider les parties à "mettre en place des pratiques sûres pour la collecte et l'élimination des déchets hospitaliers contenant du mercure et de développer des stratégies de remplacement du mercure ». Plus récemment, le Secrétariat de la Convention de Minamata a présenté une analyse des priorités nationales issues des évaluations initiales de Minamata lors de la 14^{ème} Conférence internationale sur le mercure en tant que polluant mondial (ICMGP 2019).

Objectifs du travail

Le présent travail s'organise en trois parties :

- Inventaire national du mercure pour l'année 2022 en Tunisie : cette partie permet d'identifier les principales catégories de sources d'apports de mercure dans l'environnement et d'améliorer la réglementation en vue d'une réduction de ces apports et d'une lutte efficace contre les dangers de cet élément. Cet inventaire est aussi destiné à apporter l'aide à la décision nécessaire pour la ratification très prochaine de la Convention de Minamata par la Tunisie ;
- Analyse du contexte institutionnel et réglementaire du mercure : il s'agit de mettre en exergue les points forts mais aussi les carences réglementaires à surpasser visant l'alignement du droit Tunisien sur la réglementation internationale en la matière (notamment la Convention de Minamata) en vue de réduction des apports nocifs de cet élément à l'environnement et ses impacts nocifs sur la santé humaine. A ce titre, des amendements aux textes réglementaires en application, et dans l'alternative, de nouveaux textes de lois pour l'amélioration de la gestion du mercure dans le pays, seront proposés ;
- Evaluation de l'état de la pollution mercurielle des milieux lagunaires et zones côtières, mais aussi la caractérisation préliminaire d'anciens sites miniers ayant servi à la production de mercure vierge.

Le but ultime de ce travail est ainsi d'améliorer la gestion du mercure et de réduire sa pollution et ses impacts sur la santé humaine, en conformité avec le droit Tunisien, les directives de l'OMS et la réglementation internationale en la matière.

2 Apports anthropiques et dangers du mercure

Propriétés et utilisation du mercure

Le mercure (Hg : du latin *hydrargyrum*) est le seul métal liquide et vaporisable dans les conditions de température et de pression ordinaires. Il est connu par ses propriétés assez spécifiques pour des applications technologiques et industrielles, pour la cosmétique et la médecine, et pour la lutte phytosanitaire en agriculture. Il est conducteur, à dilatation fulgurante, et facilement vaporisable sous vide. De ce fait et au plus récent, Hg a par exemple subtilement évincé le tungstène en filaments des lampes d'éclairage public en les rendant "plus économiques".

Le métal s'amalgame facilement avec les éléments alcalins, de nombreux métaux de base à l'exception du fer, avec l'étain et le plomb, et encore mieux avec les métaux précieux (bismuth, argent, or, etc.). Ses propriétés d'être fluide, dilatable et conducteur lui ont valu son utilisation courante dans les équipements et appareillages de mesure (thermomètres, sphygmomètres, astrolabes, etc.), dans l'électromécanique et électronique, et dans les procédés d'électrolyse industrielle (Chlor-Alkali), ce qui continue à exacerber ses atteintes à l'environnement. De même, son utilisation pratique pour la fabrication d'amalgames dentaires, mais aussi celle pour l'orpaillage, rémunératrice et largement "abusive", ne ménagent guère de nos jours ses retombées néfastes sur l'environnement, sur la santé et sur la biodiversité.

Au plan spéciation chimique, l'élément métal Hg^0 est "trompeur" en ce sens qu'au cours du 20^{ème} siècle, cet élément a peu été considéré comme métal trop dangereux. Ceci explique sa forte "cohabitation" avec l'homme. Au contraire, ses espèces mercureuse (Hg^+) et surtout mercurique (Hg^{2+} sous forme méthyl-mercure : CH_3Hg^+) se forment facilement et sont à l'instar des complexes de non-métaux et d'halogènes (F^- , Br^- , Cl^- , hypochlorite ClO^- , nitrite NO_2^- , ammoniacque NH_4^+ , thiol SH^- , cyanure CN^- , etc.), hautement réactives avec les radicaux organiques. Elles forment le méthyl-mercure et autres chélates complexes du genre qui sont par excellence bioaccumulables, à concentration bioamplifiables, de nature hautement toxique, et constituent à fortes doses, des poisons mortels pour la vie.

Mercure dans la lithosphère, les sédiments et l'environnement

Notons que le mercure possède des concentrations très faibles en surface (air, eau, sol). Ce métal est en grande partie (60-70 % selon le pays) d'origine anthropique (recyclage), magmatique (fumerolienne), gîtologique (mines actives, fermées ou abandonnées) et/ou organique (bioaccumulation et bioamplification, chélation par les acides gras (acides humiques et fulviques) des sédiments, et ceux des black-shales et des charbons, substitutions dans les pyrobitumes et les fuels fossiles, etc.).

Naturellement, le métal est par excellence un mal-aimé de l'atmosphère, des sédiments, de l'hydrosphère et de la biosphère. En effet, d'après McDonough et Sun (1995), la teneur moyenne de la Terre en mercure, est seulement de 10 ppb. Le mercure apparaît clairement être spécifique du domaine endogène.

Les teneurs du mercure dans les roches et sédiments provenant des altérations et remaniements, sont habituellement inférieures à la centaine de ppb (0,0xx ppm). Les valeurs données pour sa teneur moyenne dans la croûte terrestre varient dans la marge : 0,067-0,085 ppm, et celles dans les sédiments de la mer Méditerranée, de 0,2 à 60,1 ng.g^{-1} ($\approx$ 0,2 à 60 ppb).

La teneur du mercure dans l'eau de mer moyenne est de l'ordre de 0,00015 ppm (= 0,00015 $\mu\text{g/g}$ = 0,15 ng/g = 0,15 $\mu\text{g/Kg}$), ce qui est inférieur à la ppb. Un (01) litre d'eau de mer de masse volumique 1030 Kg/m^3 environ, pèsera 1,03 Kg, et contiendrait donc $0,15 \times 1,03$ $\mu\text{g/L}$, soit 0,1545 $\mu\text{g/L}$ de mercure.

La teneur moyenne en cet élément dans l'hydrosphère devrait donc naturellement être quasi-dérisoire. Malheureusement, dans les eaux marines des plateformes côtières, et surtout dans les eaux marines de surface, des études récentes ont montré que la teneur moyenne du mercure peut se multiplier par 10, par 100, voire même par milliers dans des environnements

contaminés au mercure par rapport au fond géochimique naturel. C'est le cas des eaux de la **baie de Minamata au Japon, à pollution mercurielle avérée.**

Tableau 1. Teneurs en mercure total (ng/L) dans les eaux océaniques, dans des mers régionales et dans des zones côtières.

Site/Région	Hg total
Baie de Minamata (Japon)	1600 - 3 600
Océan Atlantique	400 – 1 600
Océan Atlantique N-E	2,7
Mer Rouge	700 - 2000
Mer Baltique	0,6
Mer du Nord	0,5 - 200
Mer Méditerranée (Tunisie)	990 – 27 060
Mer Méditerranée	3
Mer Jaune	1,34 – 5,5

Dans ce tableau, les eaux de la Baie de Minamata, celles de l'Atlantique, celles de la mer Rouge et celles des zones côtières méditerranéennes ont les concentrations les plus élevées. Les valeurs faisant référence à la Tunisie sont rapportées par Gworek et al. (2016) d'après une étude de Nasfi (1995) [Total mercury content of seawater on the Tunisian shore. Fresenius Environmental Bulletin. 1995 ; 4 : 161–168].

Spectre du mercure de l'ère industrielle

Les dépôts atmosphériques de mercure restituées à partir de carottes prélevées dans la masse du glacier de Fremont au Wyoming (USA), ont permis d'enregistrer les pics de quantités excessives de Hg dans l'atmosphère terrestre au cours des 270 dernières années, qui sont d'origine volcanique et anthropique (Krabbenhoft et Sunderland, 2013).

Les auteurs de ce travail rapportent que les concentrations globales de mercure dans l'atmosphère naturellement de 4 ng/L (4 µg/m³) en moyenne, ont été multipliées par 3 à 5 depuis le milieu du 19^{ème} siècle, à cause de l'activité anthropique (ruée vers l'or (1850-1884), production militaire des deux guerres mondiales (WWI et WWII), flambée industrielle après cette guerre, avec un pic aux alentours de 1980, etc.). Une multiplication par 3 à 7 correspond à des pics d'activité accidentelle de volcans (Tombora, 1815 ; Krakatau (volcan de la Peur en Indonésie), 1883 ; Mont Sainte Hélène ; 1980). Ces auteurs en déduisent que l'activité humaine a largement changé et de manière continue, la concentration de mercure dans l'air et surtout dans l'eau de mer.

Bioaccumulation et bioamplification du mercure et du méthyl-mercure

Plusieurs études ont démontré que le rapport de la teneur en mercure dans un poisson sur la teneur de Hg dans l'eau de mer, bien que variable d'une espèce à une autre, peut atteindre 10⁴. Pour une eau à 990 ng/L (≈ 961 ng/Kg) de Hg, un poisson y vivant peut atteindre une teneur de $961 \text{ ng} \cdot 10^4 / \text{Kg} = 0,961 \text{ } \mu\text{g} \cdot 10^4 \approx 9,6 \text{ mg/Kg}$. C'est une teneur excessive qui condamnerait définitivement la consommation de ce poisson. La bioconcentration du mercure en début de la chaîne alimentaire, et la bioamplification de proche en proche de ses teneurs en remontant de niveau trophique, aggravent les impacts de Hg chez le prédateur, et subséquemment chez son consommateur.

La teneur limite en Hg total, recommandée par l'EPA (USA) pour la consommation de poisson est de 0,3 ppm (ou 0,3 mg/Kg de poids frais).

Hg^{2+} complexé ou non par des radicaux organiques, constitue l'espèce la plus fréquemment rencontrée dans les eaux et dans les sédiments riches en matière organique. En milieu aqueux, cette espèce métallique est soumise à deux types de réactions essentielles entrant en compétition entre elles : la réduction et donc le retour à la forme métal qui favorise le recyclage atmosphérique, et la méthylation qui engendre la bioaccumulation, puis la bioamplification. Ce sont donc ces deux processus compétitifs qui modifient le comportement de Hg^{2+} et déterminent sa mobilité, sa biodisponibilité et sa toxicité (Thaumassin et Touze, 2003).

Cycle biogéochimique du mercure

Ce cycle est dominé par les échanges entre le milieu aquatique et l'atmosphère. En milieux aqueux, deux réactions chimiques essentielles sont en compétition : la réduction qui favorise le recyclage atmosphérique, et la méthylation qui conduit à la bioaccumulation. Dans l'air, le mercure est émis sous forme Hg^0 gazeux et Hg^{2+} gazeux et particulaire, méthylé.

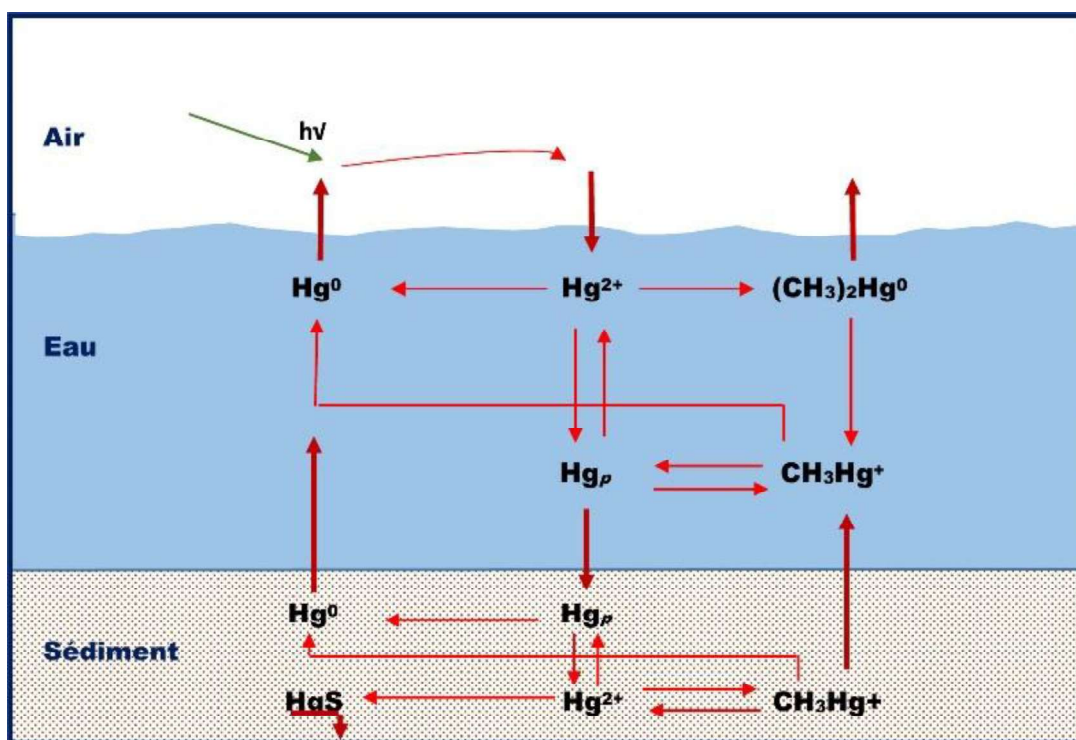


Figure 1. Schéma représentatif du cycle biogéochimique du mercure

Le mercure dans la nature provient des sols, des roches et des minéraux et terrils (voir mine d'Oued Maaden et de Jebel Arja-Sidi Khalifa) riches en cet élément, le volcanisme et la biomasse, surtout en cas de brulage et feux de forêt. Les émissions anthropogéniques directes ou indirectes (réémissions), sont liées principalement à la combustion. Les plans d'eau sont source de mercure pour l'atmosphère. Ils génèrent Hg^0 volatile par photoréduction et réduction enzymatique de Hg^{2+} .

La forme monométhylée, issue de la décomposition du diméthylmercure et volatilisée dans l'air, constitue moins de 1% Hg dans les précipitations, avec un temps de résidence dans l'atmosphère réduit à quelques jours. Le temps de résidence du mercure en phase vapeur dans l'atmosphère est par contre plus allongé, de l'ordre d'une année. La fraction de mercure divalent en milieu aqueux constitue le substrat de la méthylation. Cette réaction entre en compétition avec la complexation organique qui domine souvent la spéciation du mercure. La

méthylation est liée aux processus bactériens sulfato-réducteurs dans les sédiments et dans les milieux suboxiques. Le mercure méthylé est extrêmement bioaccumulatif.

Récapitulatif et perspectives

Voyant ses dangers prouvés, le mercure fait partie des dix premiers produits (asbeste, arsenic, benzène, cadmium, dioxines, fluor, mercure, produits organochlorés persistants, plomb, polluants de l'air (PM_{2,5}, PM₁₀ notamment)) les plus dangereux selon la classification de l'OMS.

Compte tenu de ses dangers avérés et de la maladie connue (hydrargyrie) qu'il génère, le mercure a d'abord indirectement été visé par de nombreux instruments juridiques internationaux (Conventions de Barcelone et de Stockholm notamment), puis de manière bien spécifique par la Convention de Minamata. Cette convention a été ouverte à la signature du 10 octobre 2013 au 9 octobre 2014 sous l'égide du PNUE, suite à la tenue à Kumamoto (Japon) de la Conférence des Plénipotentiaires sur le Mercure. Elle a été signée par la Tunisie le 10 octobre 2013.

La Convention de Minamata est entrée en force le 16 août 2017, et a déjà été mise en application par le droit Européen grâce au Règlement (UE) 2017 /852 du Parlement Européen et du Conseil du 17 mai 2017, relatif au mercure et abrogeant le règlement CE n° 1102/2008 (Journal officiel de l'Union européenne du 24/5.2017).

En Tunisie, les préparatifs et les études nécessaires ont déjà été accomplis pour la ratification très prochaine de la convention de Minamata.

3 Bilan national des apports de mercure à l'environnement

L'établissement régulier du bilan annuel des émissions et rejets de mercure en suivant une procédure normalisée développée dans des Toolkit, permet de statuer sur la contribution d'un pays considéré aux apports de mercure dans l'environnement. Les émissions de mercure dans l'air, en particulier, peuvent aggraver l'état de pollution du milieu récepteur du fait même que le mercure dans l'air ou associé à des aérosols peut voyager sur de longues distances (voire d'un pays à un autre). L'identification des sources et l'évaluation des apports correspondant de mercure dans l'environnement pour un pays considéré, oriente les décideurs sur les décisions adéquates pour réduire ces apports à la source.

Cette procédure d'évaluation des apports du mercure et l'adoption de Toolkit (niveau 1 ; niveau 2) permettant d'établir des bilans normalisés, comparables inter pays, a été adopté depuis l'avènement de la Convention de Minamata sur le mercure en 2013. Après la date d'entrée en force de cette convention le 16 août 2017, chaque Etat Partie est tenu à établir un suivi régulier de ses apports en mercure à l'environnement et de clarifier sa stratégie de lutte contre les dangers de cet élément, en prenant les décisions et les mesures adéquates pour réduire à la source ses apports en mercure au milieu récepteur. Le bilan établi doit régulièrement communiquer au Secrétariat de la Convention (PNUE).

Dans ce rapport, les catégories de sources identifiées et évaluées pour leurs rejets et émissions du mercure en Tunisie pour l'année 2022, répondent à la méthodologie recommandée dans le Toolkit – niveau 1 (PNUE, révisé 2019 ; version Française et Guide correspondant)¹. Les calculs de bilan du mercure sont conduits grâce à cet outil qui propose une pondération des émissions et rejets (air, eau, sol) et des résidus de déchets générés par catégorie de source et par

¹ <https://www.unep.org/>

secteur. Seules sont alors demandées les activités, c'est-à-dire les quantités de produits consommés ou fabriqués dans le pays par secteur de la vie socio-économique pour l'année considérée. Aussi, dans le cas de certaines sources, seuls sont demandés la population du pays de l'année considérée, la densité des médecins dentaires par 1000 hab., et le taux d'électrification global du pays correspondant à l'année choisie pour ce bilan.

4 Données d'activité par produit et par secteur en Tunisie

4.1 Sources des données utilisées

Les données proviennent de sources nationales, en particulier les bases de données de l'Institut National de la Statistique et de La Douane Tunisienne. Les valeurs des activités utilisées sont contrôlées et confirmées (Contrôle AQ/CQ) grâce aux indications des données de rapports nationaux des entreprises pour l'année 2022, d'observatoires (ONE, OTEDD, etc.), des services de La Douane Tunisienne, et des contacts avec les personnes clés de différentes Administrations et organismes concernés. Les données de littérature et documents nationaux et internationaux sont également utilisés.

Les informations recueillies, les documents consultés et les bases de données utilisées sont cités ci-après.

4.1.1 Institutions clés et données publiques et documentaires

Les institutions clés, les bases de données et les ressources de base de l'étude se résument comme suit.

- Institut National de la Statistique (INS), base de données et publications mensuelles de cet institut ;
- La Douane tunisienne, concernant l'importation des produits contenant du mercure, de 2005 à 2015 ;
- Observatoire National de l'Energie et des Mines, et Base de données du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie (open Data) ;
- Annuaire des entreprises industrielles tunisiennes de l'API ;
- Tunisie Index : répertoire économique tunisien / annuaire des entreprises ;
- Etudes stratégiques conduites par le ministère chargé de l'environnement (DGEQV) dans les domaines de la pollution environnementale ;
- Cadastre des rejets industriels de l'ONAS ;
- les études universitaires (thèses, publications) intéressant le sujet d'étude,
- Base de données statistiques de l'USGS (industrie minérale, production, commerce transfrontalier).

La liste des documents les plus importants qui ont été consultés est la suivante :

- Synthèse des travaux sur la contamination Hg du site du complexe SNCPA et ses environs à Kasserine, UNIDO/Tunisie/st, août 2016.
- Extrait de Etude de faisabilité de dépollution et de réhabilitation du site de la SNCPA – PHASE I : Caractérisation complémentaire de la contamination par le mercure (sites et équipements), MEDD/DGEQV -GEREP Environnement.
- Impacts du mercure (métal trace) sur le milieu marin et les êtres vivants, Raouf Dhaouadi, Dhiaeddine Tarhouni, Asma Louati, Raja Bouhalfaya, Mohamed Oussama Elhafi. Publication de l'Association Maghrébine de Sécurité Sanitaire des Aliments (AMSSA) – 15p – 2016.

- Guide Pratique – Réduire l'utilisation du Mercure dans le secteur de l'orpaillage et de l'exploitation minière artisanale, PNUE / ONUDI, 76p, ISBN 978-92-807-3282-5, 2012.
- Outil d'identification et de quantification des rejets de mercure, Ebauche pilote, publié par PNUE/SC, Genève, Suisse, 332p, 2005.
- Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Sources, Guideline for Inventory Level 1, Version 2013. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 72 p.
- Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, reference report and revised inventory level 2 report including description of mercury source characteristics, Version 1.1. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 312p, 2011.
- Global Mercury Assessment 2013, Sources, Emissions, Releases and Environmental transport, UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, 42p, 2013.
- Evaluation mondiale du Mercure – Version française, PNUE, 306p, 2005.
- Fiche technique de la Soude Caustique 30% fabriquée par la société Chlorine Derivatives Industry (CDI Tunisia, ECI Tunisia) : <http://www.cditunisia.com/>.

4.1.2 Organismes consultés et personnes ressources

Les personnes ressources consultées relèvent des principaux départements ministériels et institutions suivantes :

- Institut National de la statistique (Base de données et publications) ;
- La Douane Tunisienne Base de données ; requêtes de données) ;
- Le Ministère de l'Environnement (ANGed, ANPE)
- Le Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines (API, DGM, ONM ; ETAP ; DGE ; Memento du Secteur de l'Energie, Chiffres Clés, 2022) ;
- Le Ministère l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (DGPA ; ONAS ; Revue sectorielle de l'eau, 2022) ;

4.1.3 Planification des visites des différents organismes

Plusieurs visites aux différents organismes susceptibles de détenir des informations concernant l'utilisation de produits, procédés et industries qui utilisent, rejettent ou émettent du mercure ont permis de :

- affiner la liste des sous-catégories et des activités d'émission de mercure en Tunisie,
- sensibiliser ces acteurs sur les risques environnementaux et sanitaires que représentent l'émission de mercure et son cycle de vie dans le milieu naturel,
- et de collecter les informations sur les activités à utiliser pour le calcul du bilan des émissions de mercure pour l'année 2022.
- Notons que l'INS détient les activités de tous les secteurs et catégories principales des sources d'émission de mercure, afin de recueillir les données relatives au commerce extérieur et intérieur de la Tunisie.

4.2 Approche du calcul de bilan

L'estimation des émissions de mercure en Tunisie en 2022 s'appuie sur la démarche méthodologique du « Toolkit niveau 1 ; Outil d'identification et de quantification des rejets de mercure » élaborée par le PNUE, révisée en 2019 ». Cette démarche permet d'estimer les rejets par secteur, par catégorie de source principale et par sous-catégorie en partant d'une matrice globale de criblage proposée dans le guide d'inventaire de cet outil. Les catégories de sources principales du mercure proposées sont ensuite détaillées en sous-catégories correspondant à des activités (quantités chiffrées) à déterminer qui permettent d'approcher les émissions du mercure pour l'année considérée. L'approche de calcul permet ainsi d'évaluer les émissions de mercure dans l'atmosphère, ses rejets dans l'eau et dans le sol, et ses résidus

dans les déchets résiduels et les déchets spécifiques de certains secteurs de la vie socio-économique.

Le travail commence par l'identification (présence ou absence) de la catégorie/sous-catégorie source d'émission de mercure dans le pays, et la quantification de son activité 'pour l'année considérée en cas de présence. C'est à ce stade que la consultation des différentes bases de données nationales, la documentation et les rapports annuels des entreprises, devient capitale. Les principales sources des données utilisées sont données dans les paragraphes suivants et tableaux correspondants.

L'objet final du travail est d'estimer les quantités des émissions, des rejets et des résidus de mercure pour chaque catégorie de source et de les analyser en s'appuyant sur les résultats de calcul obtenus sur la base de la démarche de calcul propre au Toolkit_niveau 1 (version 2019) utilisé.

4.3 Secteurs principaux, catégories et sous-catégories sources de mercure en Tunisie

4.3.1 Secteurs principaux

La matrice de criblage proposée dans le guide méthodologique développé par le PNUE (ToolKit niveau 1) permet de classer les principales sources d'émission et rejet de mercure dans le milieu récepteur. Dans le cas précis du pays, les résultats des investigations aboutissent aux résultats donnés dans le tableau suivant pour les différents secteurs et catégories de sources correspondantes comme demandé dans le Toolkit niveau 1 (version 2019).

Pour les secteurs et installations dont les activités reposent sur l'utilisation du mercure, mais qui ont été abandonnées avant l'année 2022 ou pour lesquelles un doute existe quant à leur présence ou même leur capacité émissive ou leurs rejets de mercure, elles seront classées comme des points chauds potentiels.

La démarche de calcul du Toolkit utilisé s'organise de la manière suivante :

Tableau 2. Approche méthodologique d'évaluation des émissions et rejets de mercure par secteur de la vie socio-économique.

Etape	Secteur	Présent	Absent
1	Données du pays, point de contact et responsable de l'inventaire		
2	Consommation d'énergie et production de carburant	P	
3	Production domestique de métaux et matières premières		A
4	Production et transformation domestique avec utilisation intentionnelle de mercure	P	
5	Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays		A
6	Consommation générale du mercure dans les produits, tels que le métal mercure et des substances contenant du mercure	P	
7	Crematorium et cimetières	P	
8	Autres sources de rejet de mercure non quantifiées au niveau 1 de l'inventaire	P	

4.3.2 Catégories et sous-catégories de sources

Pour chaque secteur, le Toolkit niveau 1 énumère les catégories de sources correspondantes pouvant générer des émissions et des rejets de mercure dans le milieu récepteur et dont il faut tenir compte pour le calcul estimatif de bilan de mercure.

Les catégories et sous-catégories sources de mercure en Tunisie identifiées sur la base des informations et données d'activités recueillies auprès des différents partenaires de la vie socioéconomique, pour l'année 2022, sont listées dans les tableaux suivants dans l'ordre proposé par le Toolkit niveau.

Tableau 3. Secteurs, catégories et sous-catégories de sources demandées par le Toolkit Niveau 1 (révisé 2019), et leur présence ou absence dans le cas de la Tunisie en 2022.

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent	Absent
Consommation d'énergie et production de carburant	Consommation énergétique	P	
	Combustion de charbon issue de centrales électriques		A
	Chaudières industrielles alimentées au charbon		A
	Autres utilisations de charbon		A
	Combustion/utilisation du coke de pétrole et de pétrole brut lourd	P	
	Combustion/utilisation de diesel, gasoil, pétrole, kérosène, GPL et d'autres distillats légers à moyens	P	
	Utilisation de gaz naturel brut ou purifié au préalable	P	
	Utilisation de gaz riche (qualité pour les consommateurs)		A
	Production électrique et thermique par combustion de biomasse		A
	Combustion de charbon de bois	P	
	Production de carburant		
	Extraction de pétrole	P	
	Raffinage du pétrole	P	
	Extraction et traitement du gaz naturel	P	
Production domestique de métaux et matières premières	Production de métaux primaires		
	Extraction et transformation initiale du mercure (primaire)		A*
	Production de zinc à partir de concentrés		A
	Production de cuivre à partir de concentrés		A
	Production de plomb à partir de concentrés		A
	Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir de concentrés		A
	Production d'alumine à partir de la bauxite (production d'aluminium)		A
	Production de métal ferreux de première fusion (production de fonte)		A
	Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir du minerai brut/entier		A
	Autres productions de matériaux		
	Production de ciment		
	Production de pulpe et de papier		A
Production et transformation domestique avec utilisation intentionnelle de mercure	Production de produits chimiques		
	Production de chlore et de soude caustique avec cellules à mercure		A
	Production de CVM avec catalyseur au mercure		A
	Production d'acétaldéhyde avec catalyseur au mercure	P	A
	Production de produits avec des teneurs en mercure		
	Thermomètres au mercure (médical, air, laboratoire, industriel etc.)		A
	Commutateurs et relais électriques avec du mercure		A
	Sources de lumière au mercure (fluorescent, compact, autres : voir guide)		A
	Piles au mercure		A
	Manomètres et jauges au mercure		A

	Biocides et pesticides au mercure		A
	Peintures au mercure		A
	Crèmes et savons éclaircissants pour la peau contenant du mercure		A
Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays	Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays P		
	Quelle quantité de déchets est collectée et traitée en conditions contrôlées ?		
	Traitement et recyclage des déchets		
	Production de métal recyclé P		
	Production de mercure recyclé ("production secondaire")		A
	Production de métaux ferreux recyclés (fer et acier)		A
	Incinération de déchets		
	Incinération des déchets municipaux/généraux		
	Incinération des déchets dangereux		
	Incinération et brûlage à l'air libre des déchets médicaux		
	Incinération des boues d'épuration		
	Brûlage des déchets à l'air libre (sur des sites de décharge ou de manière informelle)		
	Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées		
	Décharges/dépôts contrôlés		
	Dépôt informel de déchets généraux*1		
	Circuit d'évacuation/traitement des eaux usées		
Consommation générale du mercure dans les produits, tels que le métal mercure et des substances contenant du mercure	Utilisation et élimination de produits avec des teneurs en mercure P		
	Amalgames dentaires (obturation "argent")		
	Préparations des obturations dans les cliniques dentaires		
	Utilisation - à partir des obturations déjà dans la bouche		
	Élimination (dents perdues ou extraites)		
	Thermomètres		
	Thermomètres médicaux au Hg		A
	Autres thermomètres Hg en verre (air, laboratoire, laiterie, etc.)	P	
	Thermomètres au Hg de commandes de moteur et autres grands thermomètres Hg industriels/spécialisés	P	
	Commutateurs et relais électriques contenant du mercure P		
	Sources de lumière au mercure		
	Tubes fluorescents (à double extrémité)		
	Lampe compacte fluorescente (LFC extrémité simple)		
	Autres sources de lumière contenant Hg (voir guide)		
	Piles contenant du mercure		
	Oxyde de mercure (piles bouton et autres tailles) ; aussi appelées piles mercure-zinc		
	Autres piles bouton (zinc-air, pile bouton alcaline, oxyde d'argent)		
	Autres piles contenant du mercure (plain cylindrique alcaline, permanganate, etc., voir guide)		
	Polyuréthane produit (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure		
	Peintures avec des conservateurs au mercure		
	Crèmes et savons éclaircissants pour la peau contenant du mercure		
	Appareil médical servant à mesurer la pression sanguine (tensiomètre au mercure)		

	<i>Autres manomètres et jauges contenant du mercure</i>		
	<i>Produits chimiques de laboratoire</i>	A	
	<i>Autres équipements de laboratoire et médical contenant du mercure</i>	P	
Crematorium et cimetières	Crematorium	P	
	Cimetières	P	A
Autres sources de rejet de mercure non quantifiées au niveau 1 de l'inventaire	Autres sources de rejet de mercure non quantifiées au niveau 1 de l'inventaire, y compris les points chauds.		

4.3.3 Points chauds

Le Toolkit niveau 1 (révisé 2019) indique la liste des points chauds potentiels avec des voies primaires de rejets de mercure, mais sans évaluer les sites déjà abandonnés, ce qui est le cas de la Tunisie. D'après de nombreuses études, les sites suivants sont identifiés comme points chauds potentiels en Tunisie selon la sous-catégorie recommandée :

- Usines fermées de production de thermomètres, piles, batteries et autres produits : SOTUPILE dont la production de piles aux métaux lourds (mercure et cadmium notamment) a été supprimée depuis 1997.
- Résidus/dépôts de résidus provenant de l'exploitation minière du mercure : Mine Oued El Maaden et Mine d'El Arja-Sidi Khalifa dont la production de mercure vierge a été abandonnée en 1944, et en 1973, respectivement.
- Résidus/dépôts de résidus d'autres extractions de métaux non ferreux : Mines du Nord (Taméra, Dhouahria, El Ahrech) et du Nord-Ouest (Boujabeur, Fej Hassine, Jérissa, Slata, etc.).
- Sites d'accidents graves : Site de production Chlor-Alkali de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa, ayant déjà fait l'objet d'un projet de décontamination.

Pour ces sites, une approche point par point source (PS), peut être utilisée pour la quantification des émissions de mercure.

5 Quantification des émissions

5.1 Méthodologie de quantification

Les données d'activités acquises servent à calculer les taux de rejet de mercure (Kg Hg/an) dans le milieu récepteur (eau, sol, air) pour chaque sous-catégorie source de mercure. L'équation d'estimation des rejets proposée dans le Toolkit, est la suivante :

*Rejet de Hg par une voie λ = Taux d'activité * Facteur d'absorption * Facteur de distribution*

- Le taux d'activité est la quantité (tonne/an) de matériau produit ou consommé ;
- Le facteur d'absorption correspond à la masse totale de Hg par tonne ;
- Le facteur de distribution correspond au pourcentage estimé de rejet de mercure par le matériau considéré.

L'outil de calcul (PNUE, 2019) propose des facteurs d'absorption et de distribution par défaut. Des exemples détaillés de calcul existent pour les rejets de Hg à partir de différentes sources : charbon, incinération des déchets municipaux, et batteries à mercure.

5.2 Secteur 1 : Consommation énergétique et production de carburant

Les-catégories de sources identifiées pour ce secteur en Tunisie, sont données dans le tableau suivant.

Tableau 4. Catégories de sources du secteur "Consommation énergétique et production de carburant" évaluées pour l'année 2022.

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent O/N
Consommation d'énergie et production de carburant	Consommation énergétique	O
	Combustion de charbon issue de centrales électriques	N
	Chaudières industrielles alimentées au charbon	N
	Autres utilisations de charbon	N
	Combustion/utilisation du coke de pétrole et de pétrole brut lourd	O
	Combustion/utilisation de diesel, gasoil, pétrole, kérosène, GPL et d'autres distillats légers à moyens	O
	Utilisation de gaz naturel brut ou purifié au préalable	O
	Utilisation de gaz riche (qualité pour les consommateurs)	N
	Production électrique et thermique par combustion de biomasse	N
	Combustion de charbon de bois	O
	Production de carburant	O
	Extraction de pétrole	O
	Raffinage du pétrole	O
	Extraction et traitement du gaz naturel	O

Les données d'activités collectées par source, pour l'estimation des émissions et rejets de mercure en 2022, doivent parfois être converties selon les unités demandées par le Toolkit niveau 1, avant de procéder aux calculs.

5.2.1 Données d'activités recueillies pour le pétrole et le gaz

Ces données d'activités du secteur de l'énergie en Tunisie ont été collectées à partir de plusieurs sources d'information. Une confirmation définitive de ces données peut donner lieu à un entretien avec les responsables des organismes de tutelle.

Les documents suivants ont été consultés :

- Rapport annuel 2022 de l'Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières (ETAP), 138 p ;
- Rapport annuel 2022 de la Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz (STEG), 78p ;
- Memento du secteur de l'énergie, Chiffres clés 2022 élaboré par l'Observatoire National de l'Energie et des Mines (ONEM).
- Bilan Energétique 2022, Rapport annuel, publié par l'ONEM en octobre 2023.

Les données sur la production et la demande en énergie primaire sont disponibles jusqu'à l'année 2021 sur le site Open Data du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie. Pour l'année 2022, les activités concernant la production, la demande et la consommation en énergie sont résumées dans le Memento de l'Energie, Chiffres 2022, publié par l'Observatoire National de l'Energie et des Mines en juin 2023. Selon ce memento, la production nationale de pétrole en 2022, y compris condensats et GPL, mais aussi l'importation et le raffinage se présentent comme suit.

Tableau 5. Production nationale de pétrole, y compris condensat et GPL primaire (en *ktep*) en 2022

	2022
Pétrole	1 694
Condensat Gabes	01
GPL primaire	109
Total	1 804

Tableau 6. Production nationale en gaz naturel y compris la redevance gaz Transmed (en *ktep-pci*).

	2022
Production nationale	1 815
Redevance totale	1 057
Achats	2 632
Total des ressources nationales disponibles	2 872

Rapport annuel ETAP 2022

Tableau 7. Quantité totale du pétrole brut local, importé et raffiné en Tunisie en 2022 (en *Kt* ; ONE, 2023).

	2022
Pétrole ^(*)	1757
Exportation ^(*)	1253
Importation	934
Raffinage	1460

^(*) Y compris GPL primaire et condensât Gabès

La consommation nationale des produits pétroliers est détaillée dans le tableau suivant.

Tableau 8. Consommation de produits pétroliers en Tunisie en 2022, en *ktep* (ONE, 2023)

Produits pétroliers	2022
Gasoil	2 084
Essences	816
GPL	690
Coke de pétrole	495
Fuel	229
Fuel gaz (STIR)	19
Jet Aviation	223
Pétrole lampant	14
Total	4 571

La consommation nationale totale de gaz naturel est comme suit.

Tableau 9. Consommation nationale totale en gaz naturel

Gaz naturel consommé	2022
Production d'électricité	3441
Hors production d'électricité	1445
Haute pression	408
Moyenne et basse pression	1035

Consommation totale	4886
----------------------------	-------------

(1) Données révisées par l'Observatoire National de l'Energie et des Mines (rapport de conjoncture énergétique 2022 - version juin 2023).
(2) Y compris l'autoconsommation de la STIR

Pour les besoins de calcul à l'aide du Toolkit utilisé, les données exprimées en ktep-pci doivent être converties en Tep/t. Les facteurs de conversion utilisés en Tunisie pour les produits pétroliers sont fixés par l'Arrêté du Ministre de l'Energie et des Mines du 18 mars 1987 (ONEM, 2016). Ce sont les suivants.

Tableau 10. Facteurs de conversion des produits pétroliers

	Equivalent en Tep/t
Gasoil	1,27
Essences	1,045
GPL	1,106
Fuel lourd	0,979
Pétrole lampant	1,032

Pour la production et la consommation du gaz naturel, le facteur de conversion utilisé est celui mentionné dans la feuille de calcul du Toolkit niveau 1, soit 25600 Nm³ /Tj pour chaque Tep-pci de gaz naturel.

5.2.2 Combustion/utilisation de coke de pétrole et de fuel lourd

Les données converties en tonnes comme demandé dans le Toolkit, se présentent comme suit.

Tableau 11. Consommation nationale de fuel lourd et de coke de pétrole

	Consommation nationale 2022 (ktep-pci)	Facteur de conversion (Tep/t)	Consommation nationale en tonne
Fuel lourd	248	0,979	253 320
Coke de pétrole	495	0,762	649 606
Total			902 926

5.2.3 Combustion/utilisation de gasoil, essence, kérosène, GPL et autres distillats légers à moyens

Les données finales en tonnes utilisées pour l'estimation des émissions et rejets du mercure sont calculées dans le tableau suivant.

Tableau 12. Consommation nationale en produits pétroliers exprimés en tonne/an

	Consommation nationale (ktep-pci)	Facteur de conversion (Tep/t)	Consommation nationale (tonne/an)
Gasoil	2 084	1,027	2 029 211
Essences	816	1,045	780 861
GPL	690	1,106	623 870
Jet Aviation	223	1,035	215 459
Pétrole lampant	14	1,032	135 66
Total	3 827	-	3 662 967

5.2.4 Combustion/utilisation du gaz naturel

Les données nécessaires et les facteurs de conversion correspondants figurent dans le tableau suivant.

Tableau 13. Consommation nationale de gaz naturel en Nm³

	Consommation nationale (<i>ktep-pci</i>)	Facteur de conversion (<i>Tep/Tj</i>)	Facteur de conversion (<i>Nm³ /Tj</i>)	Consommation nationale (<i>Nm³ /an</i>)
Gaz naturel	4 886	23,8	25 600	5 255 529 412

5.2.5 Extraction de pétrole et raffinage de pétrole brut

Rappelons que la production nationale de pétrole en 2022 est de 1757 kt, l'importation est de 934 kt, l'exportation est de 1253 kt et le raffinage de pétrole brut est de 1460 kt (ONEM, 2023).

5.2.6 Production nationale et traitement du gaz naturel

L'extraction du gaz naturel a atteint 1815 ktep-pci en 2022. En utilisant les facteurs de conversion évoqués précédemment, la production totale nationale en 2022 s'élève à 1 952 269 Nm³.

5.2.7 Estimation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie

Le tableau suivant détaille les résultats des calculs des émissions de mercure en tenant compte des données présentées dans les tableaux précédents relatifs au secteur de l'énergie.

Tableau 14. Evaluation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie pour l'année 2022.

CONSOMMATION D'ENERGIE ET PRODUCTION DE CARBURANT												
Catégorie de sources	Source présente ?	Taux d'activité	Unité	Inclure les contrôles Hg dans l'estimation? (O/N)	Apports de Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an						
Consommation énergétique	O/N/?	Consommatio n/production annuelle			Estimation standard	Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur	Cat. no.
Combustion de charbon issue de centrales électriques	N		Charbon brûlé, t/an		-	-	-		-	-	-	5.1.1
Chaudières industrielles alimentées au charbon	N		Charbon brûlé, t/an		-	-	-		-	-	-	5.1.2.1
Autres utilisations de charbon	N		Charbon utilisé, t/an		-	-	-		-	-	-	5.1.2.2
Combustion/utilisation du coke de pétrole et de pétrole brut lourd	O	902 926	Produits pétroliers brûlés, t/an		18	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Combustion/utilisation de diesel, gasoil, pétrole, kérosène, GPL et d'autres distillats légers à moyens	O	3 662 967	Produits pétroliers brûlés, t/an		7	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Utilisation de gaz naturel brut ou purifié au préalable	O	5 255 529 412	Gaz utilisé, Nm³/an		526	525,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.4
Utilisation de gaz riche (qualité pour les consommateurs)	N		Gaz utilisé, Nm³/an		-	-	-	-	-	-	-	5.1.4
Production électrique et thermique par combustion de biomasse	N		Charbon de bois brûlé, t/an		-	-	-	-	-	-	-	5.1.6
Combustion de charbon de bois	O	661 000	Charbon de bois brûlé, t/an		79	79,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.6
Production de carburant												
Extraction de pétrole	O	1 757 000	Pétrole brut produit, t/an		6	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Raffinage du pétrole	O	1 460 000	Pétrole brut raffiné, t/an		5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5.1.3
Extraction et traitement du gaz naturel	O	1 952 269	Gaz produit, Nm³/an		0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	5.1.4

5.3 Secteur 2 – Production domestique de métaux et matières premières

Le secteur de production domestique de métaux primaires est totalement absent en Tunisie. Seule est représentée l'activité de production de matériaux (ciment et papier).

Tableau 15. Catégories et sous-catégories de sources du mercure visés par l'estimation du Toolkit niveau 1 (révisé 2018).

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent O.N
Production domestique de métaux et matières premières	Production de métaux primaires	N
	Extraction et transformation initiale du mercure (primaire)	N
	Production de zinc à partir de concentrés	N
	Production de cuivre à partir de concentrés	N
	Production de plomb à partir de concentrés	N
	Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir de concentrés	N
	Production d'alumine à partir de la bauxite (production d'aluminium)	N
	Production de métal ferreux de première fusion (production de fonte)	N
	Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir du minerai brut/entier	N
	Autres productions de matériaux	O
	Production de ciment	O
	Production de pulpe et de papier	O

5.3.1 Catégorie de sources : Production de métaux primaires

Il n'existe en Tunisie aucune activité correspondant à cette catégorie de sources, et sources correspondantes. Notons que l'extraction et transformation initiale du mercure (primaire) a définitivement été abandonnée en 1973. La production de métal ferreux de première fusion (production de fonte ; Société El Fouledh), a aussi été abandonnée depuis 2003.

5.3.2 Catégorie de sources : Autres productions de matériaux

Dans cette catégorie de source, la Tunisie produit du ciment mais aussi de la pulpe et du papier à la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa (Kasserine).

Les données de cette catégorie de sources ont été collectées à partir des rapports annuels d'entreprises, et de la base de données et publications mensuelles de l'INS. Ces données ont été confirmées par des contacts et entretiens avec des responsables des entreprises concernées.

5.3.2.1 Production de ciment

La production totale de ciments ordinaires et spéciaux de l'année 2022, s'élève à 7 888 200 tonnes.

Tableau 16. Production de ciments de l'année 2022.

	Production annuelle (tonnes)
Ciment ordinaire	7 513 100
Ciments spéciaux	375 100
Total	7 888 200

INS, Bulletin mensuel des statistiques, février 2023

5.3.2.2 Production de pâte et papier

La SNCPA produit de la pâte à papier à fibres longues à partir de l'Alfa. Cette pâte est exportée, alors que de la pâte ordinaire à fibres courtes est importée pour la fabrication de papier.

Cette société a suspendu ses travaux en 2019 pour un problème technique de chaudière, et ne les a repris qu'en 2023. Le bulletin mensuel des statistiques de l'INS (février 2023) n'indique aucune production de pâte de papier Alfa pour l'année 2022, et seule une quantité de 1566 tonnes de papier a été fabriquée par ladite société aux mois d'octobre et de novembre de l'année 2022.

5.3.3 Estimation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de la Production domestique de métaux et matières premières

Les résultats de calcul du Toolkit sont donnés dans le Tableau suivant.

Tableau 17. Evaluation des émissions et rejets de mercure issus du secteur de l'énergie pour l'année 2022

PRODUCTION DOMESTIQUE DE MÉTAUX ET MATIÈRES PREMIÈRES

Catégorie de sources	Source présente ?	Taux d'activité	Unité	Include Hg controls in estimation? (y/n)	Apports de Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an					
						Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impurétés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur
Production de métaux primaires											
Extraction et transformation initiale du mercure (primaire)	N		Mercure produit, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Production de zinc à partir de concentrés	N		Concentré utilisé, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Production de cuivre à partir de concentrés	N		Concentré utilisé, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Production de plomb à partir de concentrés	N		Concentré utilisé, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Extraction de l'or par des méthodes autres que l'amalgamation au mercure	N		Mineral d'or utilisé, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Production d'alumine à partir de la bauxite (production d'aluminium)	N		Bauxite transformée, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Production de métal ferreux de première fusion (production de fonte)	N		Fonte brute produite, t/an		-	-	-	-	-	-	-
Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir du minerai brut/entier	N		Or produit, kg/an		-	-	-	-	-	-	-
Extraction de l'or par amalgamation au mercure- à partir de concentrés	N		Or produit, kg/an		-	-	-	-	-	-	-
Autres productions de matériaux											
Production de ciment	O	7 888 200	Ciment produit, t/an		1 079	809,4	0,0	0,0	269,8	0,0	0,0
Production de pulpe et de papier	O	1 566	Biomasse utilisée pour la production, t/an		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.4 Secteur 3 : Production nationale et transformation domestique avec utilisation intentionnelle de mercure

Il n'existe en Tunisie aucun procédé ou d'activités correspondant à cette catégorie de sources. Notons que la société SNCPA à Kasserine a abandonné son unité à électrolyse à mercure en février 1998. Cette unité a été mise en sécurité en 2019 et les déchets de mercure ont été stockés dans un local gardé. La société SOTUPILE a aussi totalement abandonné la fabrication de piles à métaux lourds (mercure et cadmium) depuis 1997. La société Fawaniss (Sidi Abdelhamid, Sousse) qui fabrique des lampes à économie d'énergie, s'est déjà convertie à la fabrication de lampes LED.

Tableau 18. Catégories et sous-catégories de sources du secteur n°3 visées par l'estimation des apports de mercure à l'environnement.

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent O/N
Production et transformation domestique avec utilisation intentionnelle de mercure	Production de produits chimiques	N
	Production de chlore et de soude caustique avec cellules à mercure	N
	Production de CVM avec catalyseur au mercure	N
	Production d'acétaldéhyde avec catalyseur au mercure	N
	Production de produits avec des teneurs en mercure	N
	Thermomètres au mercure (médical, air, laboratoire, industriel etc.)	N
	Commutateurs et relais électriques avec du mercure	N
	Sources de lumière au mercure (fluorescent, compact, autres : voir guide)	N
	Piles au mercure	N
	Manomètres et jauges au mercure	N
	Biocides et pesticides au mercure	N
	Peintures au mercure	N
	Crèmes et savons éclaircissants pour la peau contenant du mercure	N

5.5 Secteur 4 : Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays-Traitement et recyclage des déchets

5.5.1 Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays

La quantité de déchets collectée et déposée dans des décharges contrôlées est inférieure aux 2/3 de la production totale des déchets. Beaucoup de déchets urbains et ruraux sont entassés dans des décharges sauvages. De plus, l'incinération des déchets est interdite en Tunisie.

Quelle quantité de déchets est collectée et traitée en conditions contrôlées ?	O/N
Y-a-t-il plus de 2/3 (deux tiers ; 67%) des déchets généraux qui sont collectés et déposés sur des sites de dépôt contrôlés ou bien incinérés de façon à réduire la pollution ?	O

5.5.2 Traitement et recyclage des déchets

Les catégories et sous-catégories de sources de ce secteur existant en Tunisie en 2022 sont données dans le tableau suivant.

Tableau 19. Catégories et sous-catégories de sources d'apports de mercure à l'environnement liés à la gestion des déchets généraux.

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent O/N
---------	---------------------------------------	-------------

Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays	Organisation de la gestion des déchets généraux dans le pays	O
	Quelle quantité de déchets est collectée et traitée en conditions contrôlées ?	>2/3
	Traitement et recyclage des déchets	O
	Production de métal recyclé	O
	Production de mercure recyclé ("production secondaire")	N
	Production de métaux ferreux recyclés (fer et acier)	O
	Incinération de déchets	N
	Incinération des déchets municipaux/généraux	N
	Incinération des déchets dangereux	N
	Incinération et brûlage à l'air libre des déchets médicaux	N
	Incinération des boues d'épuration	N
	Brûlage des déchets à l'air libre (sur des sites de décharge ou de manière informelle)	N
	Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées	O
	Décharges/dépôts contrôlés	O
	Dépôt informel de déchets généraux*1	O
	Circuit d'évacuation/traitement des eaux usées	O

5.5.2.1 Production de métaux recyclés

Il faut préciser que la Tunisie ne recycle pas le mercure. De même, selon le Toolkit utilisé, la production de métaux ferreux (fer et acier) désigne le recyclage de carcasses de véhicules. Or les informations recueillies indiquent que cette activité n'est pas pratiquée dans le pays. Ceci n'exclue pas que des rebus métalliques provenant de véhicules soient en partie recyclés dans les fonderies et fours des aciéries.

Dans les calculs, il a été considéré que pour une production en fer et acier de 666 888 tonnes en 2022 (INS, 2023), environ le quart correspond à des carcasses de véhicules de 1,5 tonnes, soit environ 30 000 véhicules recyclés chaque année

5.5.2.2 Incinération des déchets

Pour la pratique de l'incinération des déchets municipaux/généraux, dangereux ou médicaux, ou de boues résiduelles d'épuration, il n'existe pas d'installations d'incinération, et la pratique de ce type d'activité est interdite même à petite échelle.

5.5.2.3 Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées

Décharge de déchets DSM

La quantité totale de déchets produite en Tunisie en 2022 peut être estimée de la manière suivante :

- La production spécifique par habitant et par jour des DSM est estimée dans de nombreuses études conduites par l'ANGed, et la moyenne se situe autour de 0.64 Kg/hab./jour avec des écarts importants entre le milieu urbain où le taux peut dépasser 1 Kg/hab./jour, et le milieu rural où ce taux peut descendre jusqu'à 0,15 Kg/hab./jour² ;

² ANGed 2019

- La population de la Tunisie au 1^{er} Juillet 2022 est de 11 826 900 habitants avec une proportion urbaine de 70% (8 278 830 habitants ; INS ; BM). La population rurale atteindrait donc 3 548 070 habitants ;
- La production de DSM est donc de 1 920 244 t/an en milieu urbain moyenne, et de 822 962 t/an en milieu rural; soit un total de DSM de près de 2 743 206 tonnes par an pour toute la Tunisie ;
- La majeure partie des déchets urbains est mise en décharge contrôlée, alors que les déchets ruraux sont envoyés dans des décharge sauvages ;
- 5% des DSM sont compostés et seulement 4 % sont recyclés (ANGed) ;
- La quantité totale de DSM est donc réduite de 9% (compostage et recyclage) ;
- La collecte des DSM est couverte à 80 % en milieu communal et de 1 à 10 % en milieu rural (ANGed ; GTZ) ; et le taux de couverture de la collecte est donc en moyenne de 85 % à l'échelle du pays ; ce chiffre est supérieur aux 2/3 de la quantité totale de déchets produits ;
- Une quantité totale de 85% des DSM collectée, représente environ 2 194 565 t/an (y compris compostage et recyclage) ; ceci représente également une quantité totale mise en décharge contrôlée ou sauvage, de 2 084 837 t/an (hors recyclage et compostage) ;
- Le pays dispose de 13 décharges contrôlées, qui sont actuellement en exploitation, Bizerte, Grand Tunis, Nabeul, Béja, Jendouba, Siliana, Kairouan, Sousse, Sfax, Gabes et Médenine et 55 centres de transfert ;
- 70% des déchets produits et collectés (2 084 837 t/an) sont mis en décharge contrôlée, alors que 21% sont mis en décharge non contrôlée³ ;
- On en déduit que 1 536 196 tonnes de déchets (y compris 150 000 tonnes de déchets spéciaux entreposés dans des locaux gardés) sont mises en décharge contrôlée, et que la quantité restante (460859 tonnes), est éliminée dans des décharges informelles (sauvages), notamment en milieu rural.

Traitement des eaux usées

Conformément au rapport national du secteur de l'eau, Année 2022 (MARHP), les indicateurs de l'assainissement au cours des deux années 2021 et 2022, sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 20. Indicateurs sur les infrastructures d'assainissement, de la prise en charge et la production/traitement des eaux usées en 2021 et 2022.

Indicateur	Unité	2021	2022
Nombre de communes prises en charge	Communes	193	193
Taux de raccordement au réseau public	%	63,2	64,9
Taux de raccordement au réseau public dans les zones d'intervention de l'ONAS	%	76,8	78,8
Nombre d'abonnés	1000 abonnés	2 160	2 200
Nombre de stations de pompage	Station	124	125
Volume d'eau usée collectée	Mm ³	289,4	293,2
Volume d'eau usée traitée	Mm ³	289,4	292
Linéaire du réseau	km	17 877	17 981

Rapport national du secteur de l'eau (MARHP, 2022).

³ MAL&E-USAID, 2019 : *Analyse des modalités actuelles de gestion des déchets ménagers et assimilés en Tunisie et proposition d'orientations pour une gestion intégrée et durable*

L'ensemble du territoire étant communalisé depuis 2016 (décret gouvernemental n° 2016-602 du 26 mai 2016 ; 350 municipalités au total), il reste donc 157 communes qui ne sont pas prises en charge par l'ONAS. Il s'agit de petites communes à habitat très dispersé qui nécessite des investissements lourds pour les intégrer dans le réseau d'assainissement national.

Le volume d'eau usée produit à l'échelle du pays est de 429 000 000 m³ en 2022, dont 2 932 000 m³ sont collectés par l'ONAS, et 292 000 000 m³ sont traités en cette année.

5.5.3 Estimation des émissions et rejets de mercure du secteur de la gestion des déchets généraux dans le pays-Traitement et recyclage des déchets

Les résultats des estimations à l'aide du Toolkit Niveau 1 (révisé 2019) sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 21. Estimation des apports de mercure à l'environnement liés à la gestion des déchets solides et des eaux usées, en 2022.

ORGANISATION DE LA GESTION DES DÉCHETS GÉNÉRAUX DANS LE PAYS											
Quelle quantité de déchets est collectée et traitée en conditions contrôlées ?	O/N		O/N								
Y-a-t'il plus de 2/3 (deux tiers ; 67%) des déchets généraux qui sont collectés et déposés sur des sites de dépôt contrôlés ou bien incinérés de façon à réduire la pollution ?	O			b) Est-ce que plus d'un tiers (33%) des déchets des produits contenant du mercure sont collectés et traités séparément ?	N						
TRAITEMENT ET RECYCLAGE DES DÉCHETS											
Catégorie de sources	Source présente	Taux d'activité				Apports de Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an				
Production de métal recyclé	O/N/?	Production/élimination annuelle des déchets	Unité	Include Hg controls in estimation? (y/n)		Estimation standard	Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux
Production de mercure recyclé ("production secondaire")	N		Mercurie produit, kg/an			-	-	-	-	-	-
Production de métaux ferreux recyclés (fer et acier)	O	30 000	Nombre de véhicules recyclés/an			33	10,9	0,0	11,2	0,0	10,9
Incinération des déchets											
Incinération des déchets municipaux/généraux	N		Déchets incinérés, t/an			-	-	-	-	-	-
Incinération des déchets dangereux	N		Déchets incinérés, t/an			-	-	-	-	-	-
Incinération et brûlage à l'air libre des déchets médicaux	N		Déchets incinérés, t/an			-	-	-	-	-	-
Incinération des boues d'épuration	N		Déchets incinérés, t/an			-	-	-	-	-	-
Brûlage des déchets à l'air libre (sur des sites de décharge ou de manière informelle)	N		Déchets brûlés, t/an			-	-	-	-	-	-
Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées											
Décharges/dépôts contrôlés	O	1536196	Déchets ensevelis, t/an			1 536	15,4	0,2	0,0	-	-
Dépôt informel de déchets généraux*1	O	460859	Déchets jetés, t/an			461	46,1	46,1	368,7	-	-
Circuit d'évacuation/traitement des eaux usées	O	429 000 000	Eaux usées, m3/an			2 252	0,0	2 027,0	0,0	0,0	225,2
											0,0

5.6 Secteur 5 : Consommation générale du mercure dans les produits tels que le métal de mercure et des substances contenant du mercure

5.6.1 Catégorie de sources du secteur

Conformément au Toolkit niveau 1 (version 2019), les catégories de sources demandées et qui existent en Tunisie durant l'année 2022, sont les suivantes.

Tableau 22. Catégories et sous catégories de sources d'apport de mercure à l'environnement liées à la consommation de produits à mercure ajouté.

Secteur	Catégorie et sous-catégorie de source	Présent O/N
Consommation générale du mercure dans les produits, tels que le métal mercure et des substances contenant du mercure	Utilisation et élimination de produits avec des teneurs en mercure	O
	<i>Amalgames dentaires (obturation "argent")</i>	O
	Préparations des obturations dans les cliniques dentaires	O
	Utilisation - à partir des obturations déjà dans la bouche	N
	Elimination (dents perdues ou extraites)	O
	<i>Thermomètres</i>	
	Thermomètres médicaux au Hg	O
	Autres thermomètres Hg en verre (air, laboratoire, laiterie, etc.)	O
	Thermomètres au Hg de commandes de moteur et autres grands thermomètres Hg industriels/spécialisés	N
	<i>Commutateurs et relais électriques contenant du mercure</i>	O
	<i>Sources de lumière au mercure</i>	O
	Tubes fluorescents (à double extrémité)	O
	Lampe compacte fluorescente (LFC extrémité simple)	O
	Autres sources de lumière contenant Hg (voir guide)	O
	<i>Piles contenant du mercure</i>	O
	Oxyde de mercure (piles bouton et autres tailles) ; aussi appelées piles mercure-zinc	O
	Autres piles bouton (zinc-air, pile bouton alcaline, oxyde d'argent)	O
	Autres piles contenant du mercure (plain cylindrique alcaline, permanganate, etc., voir guide)	O
	<i>Polyuréthane produit (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure</i>	N
	<i>Peintures avec des conservateurs au mercure</i>	N
	<i>Crèmes et savons éclaircissants pour la peau contenant du mercure</i>	N
	<i>Appareil médical servant à mesurer la pression sanguine (tensiomètre au mercure)</i>	O
	<i>Autres manomètres et jauges contenant du mercure</i>	O
	<i>Produits chimiques de laboratoire</i>	O
	<i>Autres équipements de laboratoire et médical contenant du mercure</i>	O

5.6.2 Sources de données sur les activités du secteur

En se basant sur le Toolkit niveau 1, révisé en 2019, les informations nécessaires sur les taux d'activité sont le nombre d'habitants et la quantité des produits contenant du mercure, consommée en 2022. Rappelons que la population en 2022 compte 11 826 900 habitants (INS).

Il faut préciser aussi qu'il n'existe pas d'études ou de statistiques sur les quantités consommées chaque année de chacun des appareillages et produits indiqués. La Tunisie ne produisant pas la quasi-totalité de ces appareillages et produits, les données disponibles concernent seulement les quantités importées chaque année (Données de l'INS et de la Douane Tunisienne ; Commerce Extérieur de la Tunisie). Or l'import d'une quantité d'un produit quelconque, signifie qu'il s'agit d'un import pour la reconstitution des stocks, et non pas forcément l'utilisation totale de la quantité importée durant l'année d'importation (ici 2022). Ceci pose donc le problème de l'estimation des quantités réelles consommées chaque année de chacun des produits indiqués dans la feuille de calcul du Toolkit.

Les données sur les taux d'activité sont obtenues auprès de l'INS (bases de données statistiques de l'INS et de la Douane Tunisienne). D'après nos interlocuteurs et à défaut d'une réglementation interdisant l'import et l'utilisation d'un produit précis comme les thermomètres⁴ (Circulaire n° 36 du Ministre de la santé), l'estimation de la quantité consommée d'un produit chaque année, peut correspondre à la moyenne des quantités importées de ce produit sur une longue période (une décennie environ). Cette moyenne est supposée représenter le remplacement du produit pour des raisons de perte, de casse, de péremption, ou d'abandon et rejet d'appareillage devenant obsolète.

Les données sur l'import d'appareillages et produits sont triées en fonction de leurs codes NSH (nomenclature du système harmonisé) en douane, et des données sur les quantités importées et les années d'importation. La moyenne des quantités d'un produit importé, est ensuite calculée en fonction du nombre d'années recouvrant les données reçues ou obtenues à partir de la base de données de l'INS. La moyenne obtenue est considérée représenter la quantité du produit consommée en 2022 en Tunisie. Les unités utilisées pour le calcul englobent la population totale de la Tunisie en 2022, le nombre de pièces par produit (lampes, tubes), ou la masse de produit importé (piles-batteries, produits chimiques) comme demandé dans la feuille de calcul du Toolkit utilisé.

5.6.3 Données sur les produits de consommation contenant du mercure en Tunisie

L'ensemble de ces données figure en annexe. Les taux d'activité calculés à partir des données brutes figurent dans le tableau suivant.

Tableau 23. Produits de consommation contenant du mercure, en 2022.

Produit consommé	Unité	Quantité
Thermomètres		198 767
Thermomètres médicaux au Hg	articles vendus/an	194 211
Autres thermomètres Hg en verre (air, laboratoire, laiterie, etc.)		4 556
Commutateurs et relais électriques contenant du mercure	Nombre d'habitants en 2022 Taux d'électrification	
Sources de lumière au mercure		3 532 115
Tubes fluorescents (à double extrémité)	articles vendus/an	1 975 474
Lampe compacte fluorescente (LFC extrémité simple)		1 215 526
Autres sources de lumière contenant Hg (voir guide)		341 114
Piles contenant du mercure		417
Oxyde de mercure (piles bouton et autres tailles) ; aussi appelées piles mercure-zinc	Piles vendues t/an	2,73

⁴ La circulaire indiquée interdit la mise sur le marché et l'utilisation des thermomètres à mercure dans les hôpitaux publics.

Autres piles bouton (zinc-air, pile bouton alcaline, silver-oxide)		49,9
Autres piles contenant du mercure (plain cylindrical alkaline, permanganate, etc., see guideline)		374
Appareil médical servant à mesurer la pression sanguine (tensiomètre au mercure)	articles vendus/an	3000
Autres manomètres et jauges contenant du mercure	Nombre d'habitants en 2022	
Produits chimiques de laboratoire		
Autres équipements de laboratoire et médical contenant du mercure		

Source : Institut Nationale de la Statistique et La Douane Tunisienne.

5.6.3.1 Amalgames dentaires et produits chimiques

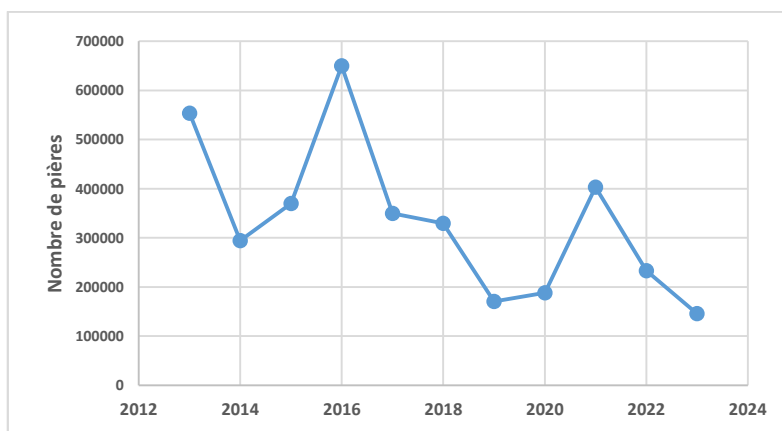
Pour les quantités d'amalgames d'obturation dentaire, le Toolkit niveau 1 (révisé 2019) ne demande pas la quantité annuelle consommée ; il demande par contre la population totale en 2022 (11 803 588 ha.) et la densité de médecins dentistes en nombre/1000 ha qui est de l'ordre de 0,56 médecins dentistes pour 1000 ha., information obtenue auprès de l'Ordre des Médecins dentistes.

De même, pour les produits chimiques contenant du mercure considérés d'usage en laboratoire (ou même dans les établissements de soins), c'est la population du pays en 2022 qui est demandée pour évaluer le taux d'activité de cette rubrique et donc ses émissions et rejets.

5.6.3.2 Thermomètres et tensiomètres

Dans le cas des thermomètres, il n'existe aussi pas de statistiques sur les quantités consommées en 2022. En partant des quantités importées chaque année (en tonnage et en nombre de pièces), le calcul de la moyenne importée par an sur une longue période (8 à 15 ans), donne un chiffre qui peut représenter la quantité de thermomètres nécessaire au remplacement des appareillages pour des raisons de perte, de bris ou de péremption.

Notons que dans le cas précis des thermomètres médicaux destinés à la mesure de la température interne chez l'homme, la Circulaire N° 36-2018 du Ministre de la Santé est venue interdire leur importation, leur mise sur le marché, et même leur usage (stocks disponibles) dans les établissements publics de santé. Cette circulaire a aussi été largement suivie et appliquée dans le secteur privé. De ce fait, il est clairement constaté que la quantité importée de thermomètres a largement diminué (depuis 2018, sauf pour l'année 2021, très probablement en lien avec la forte demande en cet appareillage durant la pandémie du COVID).



Source : Bases de données de l'Institut National de la Statistique et La Douane Tunisienne.

Figure 2. Evolution de la quantité importée de thermomètres à mercure dans la période 2015-2022. L'année 2021 est marquée par une forte importation (crise du COVID).

Une étude statistique originale sur les pertes et remplacement annuel de thermomètres et de tensiomètres dans deux hôpitaux universitaires du Grand Tunis (La Rabta et Habib Thameur)⁵ aboutit aux résultats suivants :

Tableau 24. Statistiques sur les nombre de thermomètres perdus et remplacés au cours de l'année 2015 dans deux grands hôpitaux universitaires de la capitale.

Thermomètres				
Hôpital	Nombre de lits	Th. brisés	Th. disparus du stock ou jetés pour contamination	Total
Habib Thameur	332	1 557	886	2443
La Rabta	872	6435	1004	7439
Thermomètres perdus		7992	1890	9882

Tensiomètres			
	Nombre de lits	Distribués	Cassés
Habib Thameur	332	73	26
La Rabta	872	-	113
Tensiomètres brisés		-	139

Si l'on considère le nombre total des lits de ces deux hôpitaux, le total des **thermomètres** ou de tensiomètres perdus par an dans les hôpitaux publics peut être ramené à ce nombre. Ceci conduit à une perte de 8,21 thermomètre/lit et par an et de 0,11554 tensiomètre par lit et par an. Sachant que le total des lits des hôpitaux publics en Tunisie est de 25 732 en 2022, il peut en être déduit en première estimation que $8,21 \times 25732 = 211\,198$ thermomètres, et $0,1154 \times 25\,732 = 2\,971$ tensiomètres sont consommés chaque année à partir des stocks disponibles, reconstitués par l'importation.

Il s'agit ici de la situation dominante surtout pour les thermomètres à mercure avant l'année 2018, lorsque l'importation et l'usage de ces outils dans les établissements publics de santé n'a pas encore été interdits par le ministre de la santé. Ceci indique également que l'importation des thermomètres en 2022 a dû diminuer d'autant (211 198 th.) à partir de 2019. Le bilan de rejets de mercure pour l'année 2015, en se basant sur des données douanières, des enquêtes de terrain et sur des statistiques de l'INS, indique que le nombre total de thermomètres consommés chaque année en Tunisie est de l'ordre de 405 409 unités. Il peut donc en être déduit que la quantité importée après 2018, devrait être en moyenne de l'ordre de 194 211 unités ($=405\,409 - 211\,198$). Cette quantité est celle qui devrait être utilisée par les personnels médicaux et médecins de libre pratique, les infirmiers, et même la ménagère à son domicile. En effet, pour une moyenne de 3000 000 de ménages en Tunisie en 2022, si 5% seulement d'entre eux possèdent un thermomètre renouvelé chaque année, ceci conduit au renouvellement annuel de 150 000 unités. Les autres 44 211 unités estimées devrait revenir aux spécialistes et agents de santé de libre pratique.

Les **tensiomètres** sont beaucoup moins fragiles que les thermomètres, et peuvent avoir une durée de vie de plusieurs années que ce soit chez les spécialistes de santé de libre pratique, ou même chez la ménagère. Le nombre élevé de tensiomètres perdus dans les hôpitaux provient du fait que l'outil change constamment de main ce qui conduit à son usure rapide,

⁵ Aschraf Chadli-Debbiche et al. 2018. Déchets mercuriels d'origine hospitalière : gestion, devenir et recommandations. La Tunisie Médicale, Vol 96 (05) 2018.

son bris, sa disparition, etc. Il peut ainsi en être déduit qu'un maximum de 3 500 unités sont perdus par an, et sont renouvelées ou achetées par des nouveaux acheteurs, dont les 2 971 unités (en moyenne) perdues dans les établissements de santé.

5.6.3.3 Commutateurs et relais électriques contenant du mercure et production de polyuréthane (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure

La Tunisie ne produisant pas ce type de produits de consommation, toute la quantité utilisée annuellement est donc importée. Dans ce cas, le taux d'activité de cette source est considéré proportionnel à la population totale en 2022. Il en est de même du Polyuréthane (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure, qui n'est pas produit et dont l'activité est considérée proportionnelle à la population totale de l'année considérée (voir Tookit Niveau 1, révisé 2019 ; Etape 6 : Produits substances Hg).

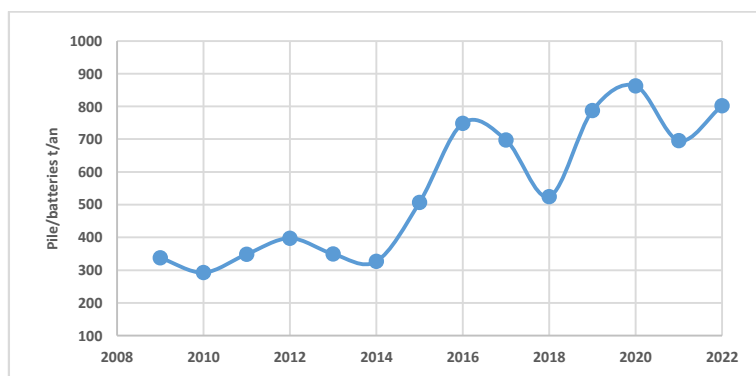
5.6.3.4 Sources de lumière

Les quantités de ces produits considérées dans le calcul sont obtenues des bases de données de la Douane Tunisienne et de l'INS en termes d'unités pour les sources de lumière et de quantité (tonne/an ; voir annexes) pour les piles.

Pour les sources de lumière, l'importation de tubes fluorescents, de lampe compactes fluorescentes et d'autres sources de lumière contenant du mercure demeure assez soutenue pour l'année 2022 comparée à l'année 2015, avec cependant un net infléchissement de 16,5% approximativement des quantités utilisées en 2022 (au total 3 532 115 unités), par rapport à 4 223 420 unités consommées en 2015⁶. Cet infléchissement des quantités importées en 2022, peut s'expliquer par les difficultés de pouvoir s'en procurer sur le marché international voyant l'interdiction de la fabrication de ces produits et leur commerce en application de la Convention de Minamata entrée en force le 16 août 2017, et notamment son annexe A amendé qui interdit ladite fabrication à compter de l'année 2020.

5.6.3.5 Piles et batteries contenant du mercure

Il peut aussi être noté qu'après 2020 ; la quantité importée de piles et batteries contenant du mercure, de différentes catégories, a largement augmenté en Tunisie. Ceci peut s'expliquer par l'usage de plus en plus répandu et courant de matériel électronique dans la vie quotidienne.



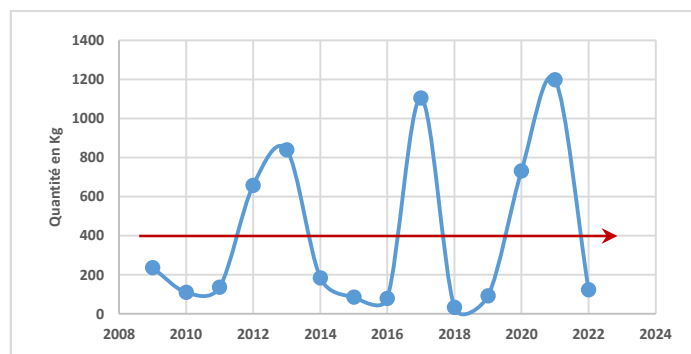
Source : Base de données de l'Institut National de la Statistique.

Figure 3. Evolution du tonnage d'importation annuelle des piles et batteries en Tunisie de 2009 à 2022.

⁶ COMETE 2018 : Bilan des rejets annuels de mercure en Tunisie pour l'année 2015

5.6.3.6 Produits chimiques de laboratoire

La version 2019 du Toolkit niveau 1 considère que les produits chimiques organiques et non organiques contenant du mercure sont destinés à l'usage de laboratoire. Cependant, il n'est pas exclu qu'une partie de ces produits soit utilisée à des fins médicales comme c'est le cas de *la solution d'héματοxyline de Harris*. Le graphique suivant donne une idée sur l'évolution des quantités importées de 2009 à 2022, exprimées en Kg. Il faut aussi noter que de 2009 à 2015, une moyenne de 400 Kg peut représenter la quantité annuelle consommée de ces produits. Cependant, le Toolkit niveau 1 (révisé 2019) rapporte l'activité de ces produits, et donc leurs émissions et leurs rejets, à la population nationale de l'année considérée.



Source : Base de données de l'Institut National de la Statistique.

Figure 4. Evolution de la quantité annuelle importée de produits chimiques de laboratoire contenant du mercure dans la période de 2009 à 2022.

5.6.4 Estimation des émissions et rejets de mercure issus de la consommation du mercure dans les produits tels que le métal de mercure et des substances contenant du mercure

Les résultats des estimations sont donnés dans le tableau suivant

Tableau 25. Apports de mercure à l'environnement liés à la consommation de produits à mercure ajouté (thermomètres, sources de lumière, sphygmomanomètres, etc.)
CONSUMMATION GÉNÉRALE DU MERCURE DANS LES PRODUITS, TELS QUE LE MÉTAL DE MERCURE ET DES SUBSTANCES CONTENANT DU MERCURE

CONSOMMATION GÉNÉRALE DU MERCURE DANS LES PRODUITS, TELS QUE LE FILTRE DE MERCURE ET DES SUBSTANCES CONTENANT DU MERCURE													
Catégorie de sources	Source présente ?	Taux d'activité	Unité	Include Hg controls in estimation? (y/n)	Apports de Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an					Cat. no.		
						Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impurétés	Déchets généraux		Traitement / élimination des déchets par secteur	
Utilisation et élimination de produits avec des teneurs en mercure													
Amalgames dentaires (obturation "argent")	O				NOTE : Sélection concernant la gestion des déchets : Moins d'un tiers (33%) des déchets des produits contenant du mercure sont collectés et traités séparément?	21,4	470,7	85,6	64,2	213,9	213,9	5.6.1	
		11 826 900	Nombre d'habitants			21,4	149,8	0,0	0,0	128,4	128,4		
		11 826 900	Nombre d'habitants			0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0		
		0,375	Nombre de personnel dentaire pour 1000 hab.			0,0	299,5	85,6	64,2	85,6	85,6		
		198 767											
Thermomètres	O	194 211	articles vendus/an		249	24,9	74,7	0,0	0,0	149,3	0,0	5.5.1	
Autres thermomètres Hg en verre (air, laboratoire, laiterie, etc.)	O	4 556	articles vendus/an		194								
Thermomètres au Hg de commandes de moteur et autres grands thermomètres Hg industriels/spécialisés	N		articles vendus/an		55								
Commutateurs et relais électriques contenant du mercure	O	11 826 900	Nombre d'habitants										
		100	Taux d'électrification, %		1 652	165,2	0,0	165,2	0,0	1 322,0	0,0	5.5.2	
Sources de lumière au mercure	O	3 532 114	articles vendus/an										
Tubes fluorescents (à double extrémité)	O	1 975 474	articles vendus/an		28	1,4	0,0	0,0	0,0	26,2	0,0	5.5.3	
Lampe compacte fluorescente (LFC extrémité simple)	O	1 215 526	articles vendus/an		16								
Autres sources de lumière contenant Hg (voir guide)	O	341 114	articles vendus/an		3								
Piles contenant du mercure	O	427	Piles vendues t/an										

Oxyde de mercure (piles bouton et autres tailles) ; aussi appelées piles mercure-zinc	O	2,73	Piles vendues t/an	1 316	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 316,4	0,0	5.5.4
Autres piles bouton (zinc-air, pile bouton alcaline, silver-oxide)	O	49,9	Piles vendues t/an	874								
Autres piles contenant du mercure (plain cylindrical alkaline, permanganate, etc., see guideline)	O	374	Piles vendues t/an	349								
Polyuréthane produit (PU, PUR) avec un catalyseur au mercure	N	11 826 900	Nombre d'habitants									
		100	Taux d'électrification, %	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5.5.
Peintures avec des conservateurs au mercure	N		Peinture vendue, t/an									
Crèmes et savons éclaircissants pour la peau contenant du mercure	N		Crèmes et savons vendus, t/an									
Appareil médical servant à mesurer la pression sanguine (tensiomètre au mercure)	O	3 000	articles vendus/an									
				240	24,0	72,0	0,0	0,0	0,0	144,0	0,0	5.6.2
Autres manomètres et jauges contenant du mercure	O	11 826 900	Nombre d'habitants									
		100	Taux d'électrification, %	59	5,9	17,7	0,0	0,0	0,0	35,4	0,0	5.6.2
Produits chimiques de laboratoire	O	11 826 900	Nombre d'habitants									
		100	Taux d'électrification, %	118	0,0	39,0	0,0	0,0	0,0	39,0	40,1	5.6.3
Autres équipements de laboratoire et médical contenant du mercure	O	11 826 900	Nombre d'habitants									
		100	Taux d'électrification, %	472	0,0	155,8	0,0	0,0	0,0	155,8	160,5	5.6.3, 5.6.5

5.7 Secteur 6 : Crematorium et cimetières

Pour des raisons de confession, les fours crématoires ne sont pas utilisés dans le pays, sauf dans des cas extrêmement rares. Les défunts sont donc inhumés dans les cimetières. Aussi, conformément aux données de l'Institut National des statistiques, 77 292 corps ont été ensevelis durant la totalité de l'année 2022. Les résultats des estimations sont les suivants.

Tableau 26. Apport de mercure à l'environnement des cimetières en 2022.

CRÉMATORIUMS ET CIMETIÈRES										
Catégorie de sources	Source présente ?	Taux d'activité		Entrées de Hg estimées, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an					
Crématoriums and cimetières	O/N/?	Nombre de décès annuel	Unité	Estimation standard	Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur
Crématorium	N		Corps incinérés/an	-	-	-	-	-	-	-
Cimetières	O	77 292	Corps ensevelis/an	140	0,0	0,0	139,8	-	0,0	0,0
		0,375	Nombre de personnel dentaire pour 1000 hab.							

5.8 Autres sources d'apport de mercure à l'environnement non quantifiées par le Toolkit niveau 1

Il s'agit de diverses sources d'émissions et de rejets de mercure dans l'environnement qui sont notées dans le Toolkit pour l'année d'estimation, mais qui ne sont pas prises en considération pour le calcul de bilan du Toolkit niveau 1.

Parmi ces sources peuvent être considérés les points chauds abandonnés ou ayant déjà cessé leur activités. C'est le cas des mines ayant produit du mercure vierge, l'unité d'électrolyse à mercure de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa à Kasserine, du site de la société SOTUPILE, et celui de la société FAWANIS à Sidi Abdelhamid, Sousse, et tout autre site pouvant être soupçonné d'accumulation de mercure provenant de différentes sources et rejets dans le milieu récepteur.

Tableau 27. Autres sources de rejet de mercure non quantifiées au niveau 1 de l'inventaire

Catégorie de sources	Source présente ?
	O/N/?
Combustion de schistes bitumineux	N
Combustion de tourbe	N
Production d'électricité géothermique	N
Production d'autres métaux recyclés	N
Production de chaux	O
Production de matériaux pierreux légers (billes d'argile expansées à des fins de construction)	N
Production d'autres produits chimiques (autre que le chlore et l'hydroxyde de sodium/soude) in usines de production de chlore et de soude par la technologie d'électrolyse à mercure	N
Production de polyuréthane avec des catalyseurs à mercure	N
Désinfection des semences avec des produits chimiques contenant du mercure	N
Semi-conducteurs à détection infra rouge	N
Sondes de Bougie et sonde de Cantor (médical)	O
Utilisations à des fins éducatives	O
Gyroscopes contenant du mercure	O

Pompe à vide contenant du mercure	O
Utilisation du mercure dans les rituels religieux (amulettes et autres utilisations)	N
Utilisation du mercure en médecine traditionnelle (ayurvédique et autres) et en homéopathie	N
Utilisation du mercure comme réfrigérant dans certains systèmes de réfrigération	N
Phares (mise à niveau des lumières de navigation)	O
Mercure dans les roulements de parties mécaniques rotatives comme par exemple dans les vieilles installations de traitement des eaux usées	N
Tannage	N
Pigments	N
Produits pour le brunissage et le décapage de l'acier	N
Certains types de papier pour les photographies en couleurs	N
Atténuateurs de recul pour les fusils	O
Explosifs (fulminate de mercure a.o.)	N
Feux d'artifice	O
Gadgets de bureau	N

6 Synthèse de l'évaluation des émissions de mercure de l'année 2022

Il s'agit de présenter une synthèse globale des émissions et rejets du mercure en considérant les différents secteurs et les différentes catégories de sources énumérés précédemment en conformité avec l'approche de calcul du Toolkit niveau 1 (révisé 2019).

6.1 Sommaire global des rejets de mercure de l'année 2022

Selon l'estimation standard conduite à l'aide du Toolkit niveau 1 (révisé 2019), l'apport global des émissions et rejets à l'environnement est de **7 240 Kg Hg/an**. Ce bilan prend en considération toutes les sources concernées qui ont été décrites précédemment et pour lesquelles des taux d'activité pour l'année 2022, ont été estimées.

Globalement la quantité d'émissions dans l'air et de rejets dans les eaux, le sol, les produits dérivés et impuretés et les déchets généraux, se répartit comme suit :

Estimation standard	Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur
7 240	1 720,00	880	400	320	3 640,00	420,00

Estimation des quantités d'émissions et rejets en Kg Hg/2022.

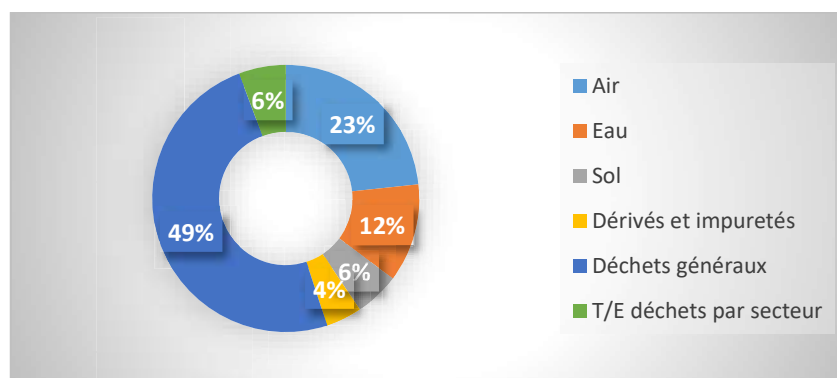


Figure 5. Contributions en pourcent des émissions et rejets globaux de mercure dans le milieu récepteur pour l'année 2022.

Il est clair que ce bilan des émissions pour l'année 2022 ne correspond pas à la somme des émissions et rejets par source identifiée comme développé plus haut dans ce rapport. En effet, les calculs du Toolkit niveau 1 (révisé 2019), tiennent compte de la double comptabilisation des rejets provenant de certaines sources émissives de mercure et les éliminent. Par exemple, les émissions de Hg d'une cimenterie proviennent des intrants en matières premières mais aussi du combustible fossile utilisé. Dès lors, pour éviter le double comptage, la contribution du mercure des combustibles fossiles (déjà considérée dans le bilan des émissions des sources d'énergie) à la production de ciment doit être automatiquement soustraite des totaux d'émissions calculés (voir les remarques portées dans le tableau suivant).

Il en ressort que les émissions globales estimées de manière standard s'élèvent à 7240 Kg Hg/an (environ 7,3 tonnes). Cette quantité correspond approximativement à la somme des émissions de 1720 Kg Hg dans l'air, 880 Kg Hg dans l'eau, 400 Kg Hg dans le sol, 320 Kg Hg dans les produits dérivés et les impuretés, et 3640 Kg Hg dans les déchets généraux.

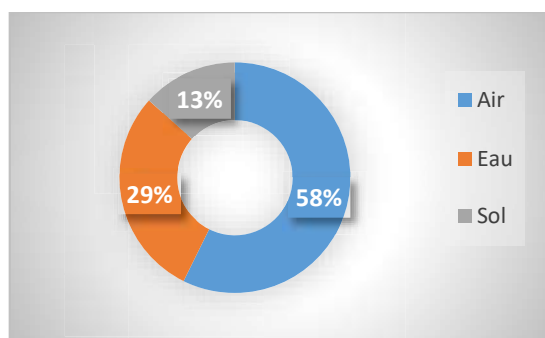


Figure 6. Pourcentages pondéraux et quantités de mercure livrées à l'air, l'eau et le sol en 2022.

Considérant les trois composants eau, air sol du milieu récepteur, il est clair que les quantités de mercure émises dans l'air sont de loin les plus importantes (58%). **Ceci ajoute aux dangers de cet élément qui est capable d'être transporté par le vent (vapeurs et aérosols riches en mercure) sur de longues distances, voire même d'un pays à un autre, ce qui globalise la pollution par cet élément qui est pratiquement éternelle, puisque cet élément chimique est naturellement indestructible.**

Tableau 28. Sommaire général de l'activité par source et des émissions et rejets de mercure, calculées pour l'année 2022 (Tunisie).

INVENTAIRE NIVEAU 1 - SOMMAIRE GÉNÉRAL

Catégorie de sources	Source présente O/N/?	Taux d'activité	Unité	Apports de Hg estimés, Kg Hg/a Estimation standard	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/a						Cat. no.
					Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur	
Consommation énergétique											
Combustion de charbon issue de centrales électriques	N	0	Charbon brûlé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.1.1
Chaudières industrielles alimentées au charbon	N	0	Charbon brûlé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.1.2.1
Autres utilisations de charbon	N	0	Charbon utilisé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.1.2.2
Combustion/utilisation du coke de pétrole et de pétrole brut lourd	O	902 926	Produits pétroliers brûlés, t/an	18	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Combustion/utilisation de diesel, gasoil, pétrole, kérosène, GPL et d'autres distillats légers à moyens	O	3 662 967	Produits pétroliers brûlés, t/an	7	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Utilisation de gaz naturel brut ou purifié au préalable	O	5 255 529 412	Gaz utilisé, Nm³/an	526	525,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.4
Utilisation de gaz riche (qualité pour les consommateurs)	N	0	Gaz utilisé, Nm³/an	-	-	-	-	-	-	-	5.1.4
Production électrique et thermique par combustion de biomasse	N	0	Charbon de bois brûlé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.1.6
Combustion de charbon de bois	O	661 000	Charbon de bois brûlé, t/an	79	79,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.6
Production de carburant											
Extraction de pétrole	O	1 757 000	Pétrole brut produit, t/an	6	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Raffinage du pétrole	O	1 460 000	Pétrole brut raffiné, t/an	5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.1.3
Extraction et traitement du gaz naturel	O	1 952 269	Gaz produit, Nm³/an	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	5.1.4
Production de métaux primaires											
Extraction et transformation initiale du mercure (primaire)	N	0	Mercure produit, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.2.1
Production de zinc à partir de concentrés	N	0	Concentré utilisé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.2.3
Production de cuivre à partir de concentrés	N	0	Concentré utilisé, t/an	-	-	-	-	-	-	-	5.2.4

Dépôt/décharge de déchets et traitement des eaux usées										
Décharge contrôlée*1	O	1 536 196	Déchets ensevelis, t/an	1 536	15,4	0,2	0,0	-	-	5.9.1
Informal dumping of general waste *1*2	O	460 859	Déchets jetés, t/an	461	46,1	46,1	368,7	-	-	5.9.4
Syst. Eau usée/traitement *3	O	429 000 000	Eaux usées, m3/an	2 252	0,0	2 027,0	0,0	0,0	225,2	5.9.5
Crématoriums and cimetières										
Crématoriums	N	0	Corps incinérés/an	-	-	-	-	-	-	5.10.1
Cimetières	O	77 292	Corps ensevelis/an	140	0,0	0,0	139,8	-	0,0	5.10.2
TOTAL de rejets *1*2*3*4*5				7 240	1 720,0	880,0	400,0	320,0	3 640,0	420,0

Remarques :
*1 : Pour éviter la double comptabilisation d'apports de mercure des déchets et des produits dans les apports TOTAUX, seulement 10 % de l'apport de mercure par l'incinération, le dépôt et la décharge informelle de déchets sont comptabilisés dans les apports totaux de mercure
Ces 10 % représentent approximativement l'apport de mercure des déchets à partir de matériaux qui n'ont pas été quantifiés individuellement dans l'inventaire-Niveau 1 de cette boîte à outils. Voir l'annexe 1 du guide de l'inventaire -Niveau 1 pour plus d'explications.
*2 : Les quantités estimées comprennent la quantité de mercure dans les produits qui a aussi été comptabilisée dans chaque catégorie de produit
Pour éviter la double comptabilisation, les rejets dans le sol provenant de la décharge informelle de déchets généraux ont été soustraits des TOTAUX.
*3 : Les estimations des apports et rejets dans l'eau comprennent les quantités de mercure qui ont aussi été comptabilisées dans chaque catégorie de source.
Pour éviter la double comptabilisation, les apports, et les rejets dans l'eau provenant de, circuit d'évacuation/traitement des eaux usées ont été soustraits systématiquement des TOTAUX.
*5 : Pour éviter le double comptage, la contribution du mercure des combustibles fossiles à la production de ciment a été soustraite automatiquement dans les TOTAUX.
Les données apparaissant en vert, s'il y en a, ont été saisies dans l'onglet "Insert IL2 résultats". Ces données remplacent les résultats IL1 calculés pour les mêmes sous-catégories de sources, et les données IL2 sont présentées dans tous les onglets de sommaires et graphiques.
Voir résultats IL2 saisis dans l'onglet "Insert IL2 résultats"

Une synthèse simplifiée des catégories de sources et de l'estimation standard des rejets de mercure en Kg Hg/an de différentes formes et dans différentes composantes du milieu récepteur, est présentée dans le tableau suivant, et détaillée et commentée dans les figures suivantes.

Tableau 29. Récapitulatif des apports de mercure à l'environnement en 2022, classés par catégorie de source.

Catégorie de sources	Apports en Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an					
		Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur
Combustion du charbon et autres utilisations du charbon	0	0	0	0	0	0	0
Combustion d'autres combustibles fossiles et de biomasse*4	630	630	0	0	0	0	0
production d'huile et de gaz	11	1	1	0	0	0	1
Production primaire de métal (à l'exception de la production d'or par amalgamation)	0	0	0	0	0	0	0
Extraction de l'or par amalgamation au mercure	0	0	0	0	0	0	0
Autres productions de matériaux*5	1 079	809	0	0	270	0	0
Production de chlore et de soude caustique avec cellules à mercure	-	-	-	-	-	-	-
Production d'autres produits chimiques et polymères*6	0	0	0	0	0	0	0
Production de produits avec des teneurs en mercure	0	0	0	0	0	0	0
Utilisation et élimination d'amalgames dentaires	1 070	21	471	86	64	214	214
Utilisation et élimination d'autres produits*7	4 135	221	359	165	0	3 188	201
Production de métaux recyclés	33	11	0	11	0	11	0
Incinération et brûlage à l'air libre de déchets*1	0	0	0	0	0	0	0
Dépôt de déchets*1	154	15	0	0	0	0	0
Dépôt informel de déchets généraux *1*2	46	46	46	369	0	0	0
Circuit d'évacuation/traitement des eaux usées *3	0	0	2 027	0	0	225	0
Crématoriums et cimetières	140	0	0	140	0	0	0
TOTAUX (arrondis) *1*2*3	7 300	1 760	880	400	330	3 640	420

Remarques

*1 : Les déchets ne sont pas une source originale d'apport de mercure à la société. Pour éviter la double comptabilisation d'apports de mercure des déchets et des produits dans les graphiques, seulement 10 % de l'apport de mercure par l'incinération, le dépôt et la décharge informelle de déchets sont comptabilisés dans le diagramme en tant qu'apports de mercure. Ces 10 % représentent approximativement l'apport de mercure des déchets à partir de matériaux qui n'ont pas été quantifiés individuellement dans l'Inventaire Niveau 1 de cette boîte à outils. Voir l'annexe 1 du guide de l'inventaire -Niveau 1 pour plus d'explications.
*2 : Les déchets ne sont pas une source originale d'apport de mercure à la société. Les quantités estimées incluent le mercure dans les produits qui a aussi été comptabilisé dans chaque catégorie de produit. Pour marquer l'importance de cette forme de rejet, les rejets dans le sol provenant de la décharge informelle de déchets généraux n'ont PAS été soustraits dans les diagrammes.
*3 : Les eaux usées ne sont pas une source originale d'apport de mercure à la société. Les apports et rejets estimés comprennent les quantités de mercure qui ont aussi été comptabilisées dans chaque catégorie de source. - Pour éviter la double comptabilisation, l'apport au circuit d'évacuation/traitement des eaux usées a été soustrait automatiquement dans les diagrammes. - Pour marquer l'importance de cette forme de rejet, les rejets dans l'eau provenant du circuit d'évacuation/traitement des eaux usées n'ont PAS été soustraits dans les diagrammes.
*4 : Inclut le coke de pétrole, le pétrole brut lourd, le diesel, le gas-oil, le pétrole, le kérosène, le gaz naturel, le charbon de bois et d'autre biocarburants.
*5 : Inclut la production de ciment, de pulpe et de papier.
*6 : Inclut la production de CVM et d'acétaldéhyde
*7 : Inclut les thermomètres, commutateurs et relais électriques, sources de lumière, batteries, le polyuréthane avec catalyseur Hg, des peintures et des crèmes pour la peau contenant du Hg, tensiomètres et autres manomètres, produits chimiques de laboratoire et d'autres utilisations en laboratoire et médicales.
*8 : Pour éviter le double comptage, la contribution du mercure des combustibles fossiles à la production de ciment a été soustraite automatiquement dans les TOTAUX

6.2 Principales sources d'apport du mercure

Ces sources d'apport en Hg sont :

- L'usage de combustibles fossiles autres que le charbon (630 Kg ; 8,6 %) ;
- La production pétrolière d'huiles et de gaz (11 Kg ; 0,2 %) ;
- Autres production de matériaux comme les ciments, la chaux, le papier (1079 Kg ; 14,8 %) ;
- L'utilisation et l'élimination d'amalgames dentaires (1070 Kg ; 14,7 %) ;
- L'utilisation et l'élimination d'autres produits contenant du mercure ajouté dont les thermomètres, sphygmomanomètres, baromètres, manomètres, piles, sources de lumière, etc. (4135 Kg ; 56,6 %) ;
- Production de métaux recyclés représentés par le fer et l'acier (38 Kg ; 0,5 %) ;
- Dépôts de déchets (154 Kg ; 2,1 %) ;
- Dépôts informels de déchets généraux (46 Kg ; 0,6 %) ;
- Crématorium et cimetières (140 Kg ; 1,9 %).

Il apparaît clair que les sources dominantes d'apports de mercure sont de loin (plus de la moitié) les produits de consommation à mercure ajouté, en particulier les appareillages médicaux, les sources de lumière et les piles-batteries qui devrait en quelque sorte représenter un point chaud dans leur ensemble, et qui doivent être spécifiquement combattus pour réduire les rejets de Hg. Ces produits sont suivis par la production de ciments, de chaux et de papier (14,8 %), l'utilisation et l'élimination des amalgames dentaires (14,7 %), mais aussi l'usage de combustibles fossiles autres que le charbon (8,6 %). Ainsi, ces quatre catégories de sources totalisent 94,6 % des apports indiqués. Enfin, les apports en Hg des dépôts de déchets et des cimetières sont beaucoup moindres.

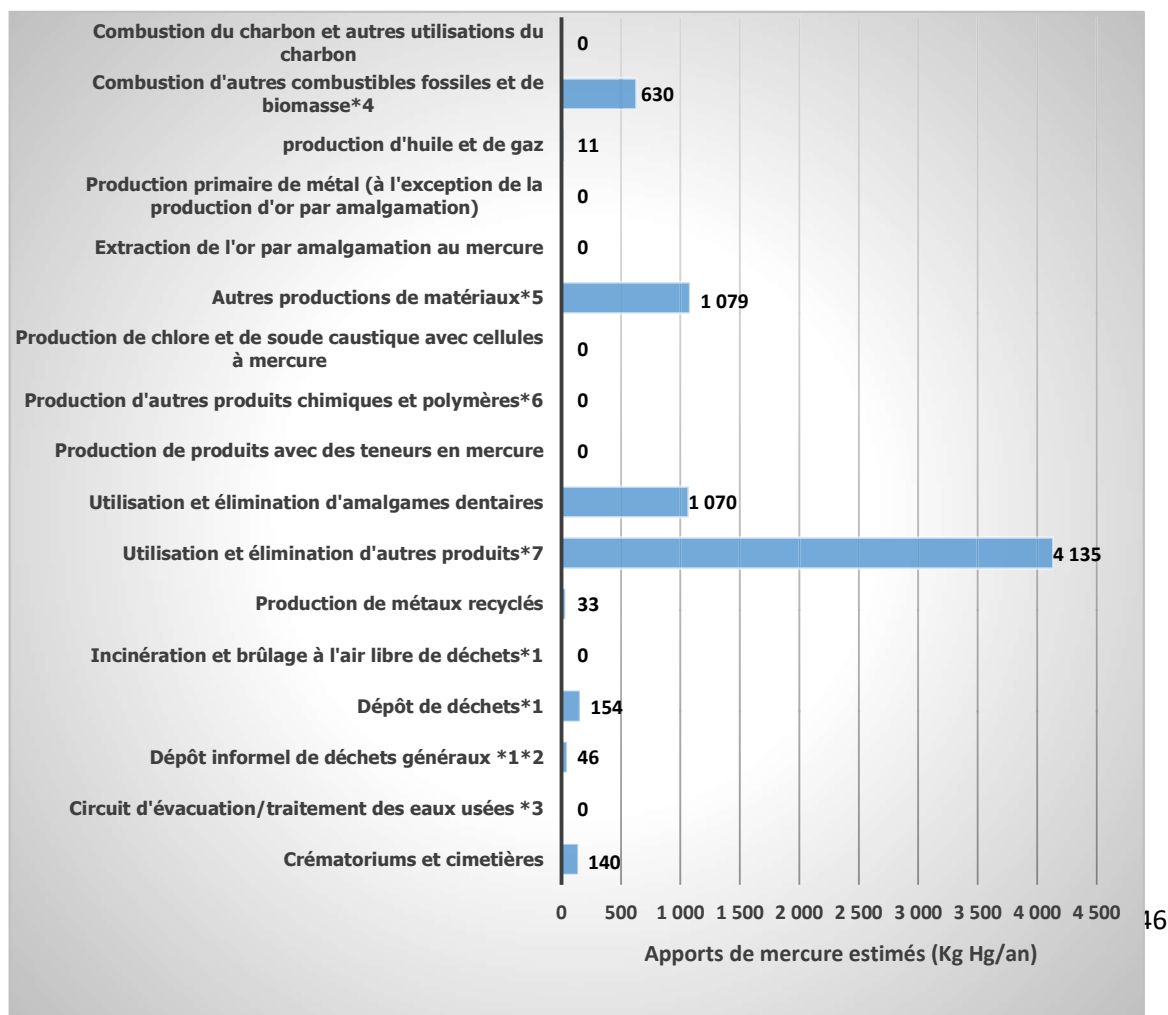


Figure 7. Quantification des apports de mercure de différentes catégories de sources pour l'année 2022/

6.3 Emissions dans l'air

Les émissions dans l'air proviennent essentiellement des sources liées à la combustion de fuels fossiles et de la biomasse (charbon de bois), de la production de matériaux (ciments, chaux et papier) et de l'utilisation et l'élimination de produits de consommation à mercure ajouté (appareillages médicaux, sources de lumière, piles et batteries, etc.). L'usage des amalgames dentaires conduit à peu d'émissions dans l'air. C'est aussi le cas de la production de fer et d'acier, voire de fonte, recyclés, de dépôts de décharges contrôlées ou d'élimination informelle de déchets DSM de décharges sauvages.

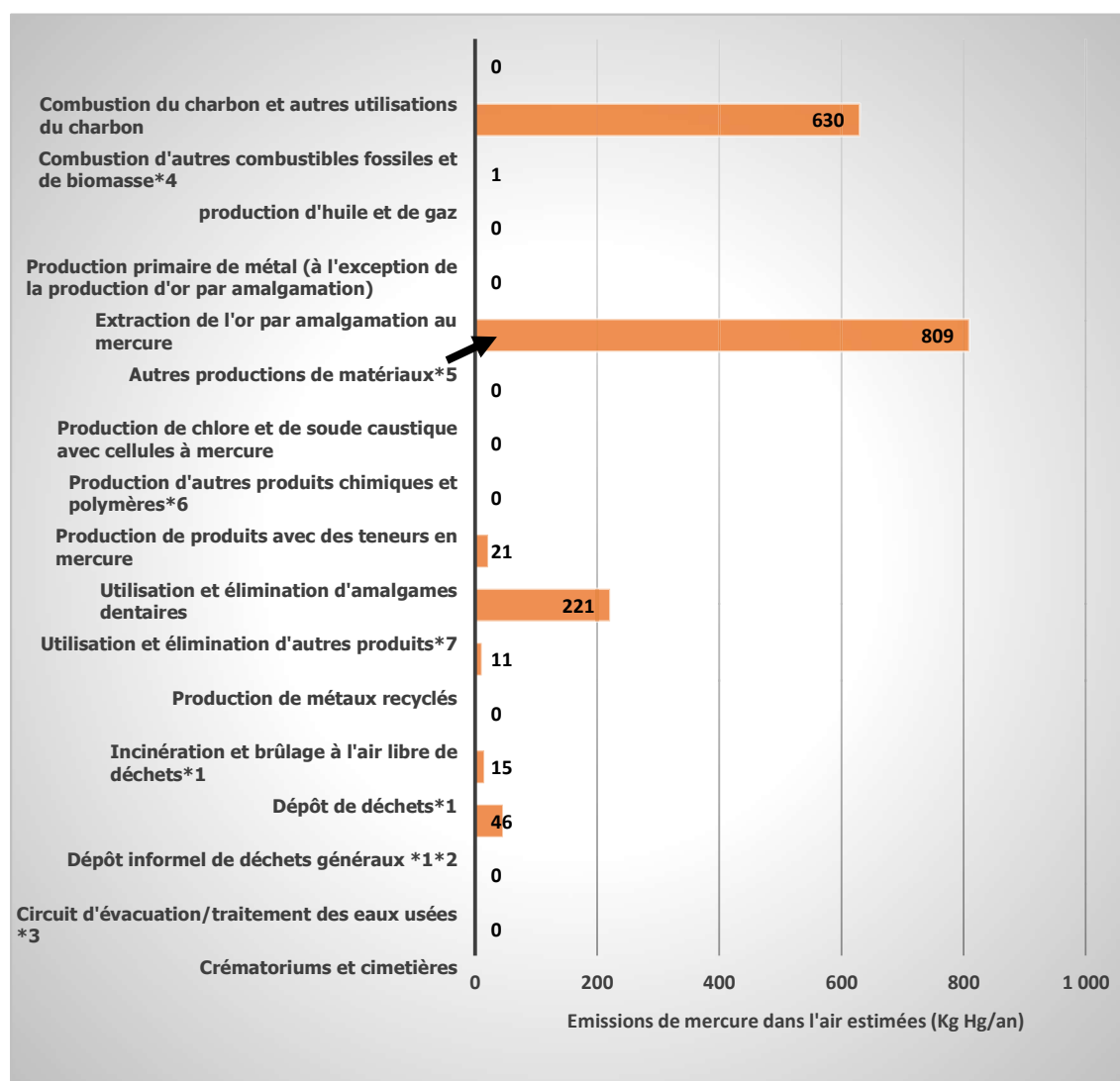


Figure 8. Evaluation des émissions de mercure dans l'air à partir des différentes catégories de sources pour l'année 2022.

6.4 Rejets dans l'eau

Les rejets de mercure dans l'eau proviennent de trois catégories de sources essentielles dont l'importance est dans l'ordre : les circuits d'évacuation et le traitement des eaux usées (2027 Kg Hg/an), l'usage et l'élimination des amalgames dentaires (eau d'évier ; 471 Kg Hg/an), et l'utilisation d'appareillages médicaux, de sources de lumière, de piles et batteries et autres

produits de consommation à mercure ajouté (359 Kg Hg/an). Le dépôt informel de déchets généraux ne contribue que peu à ce type de rejets (46 Kg Hg/an).

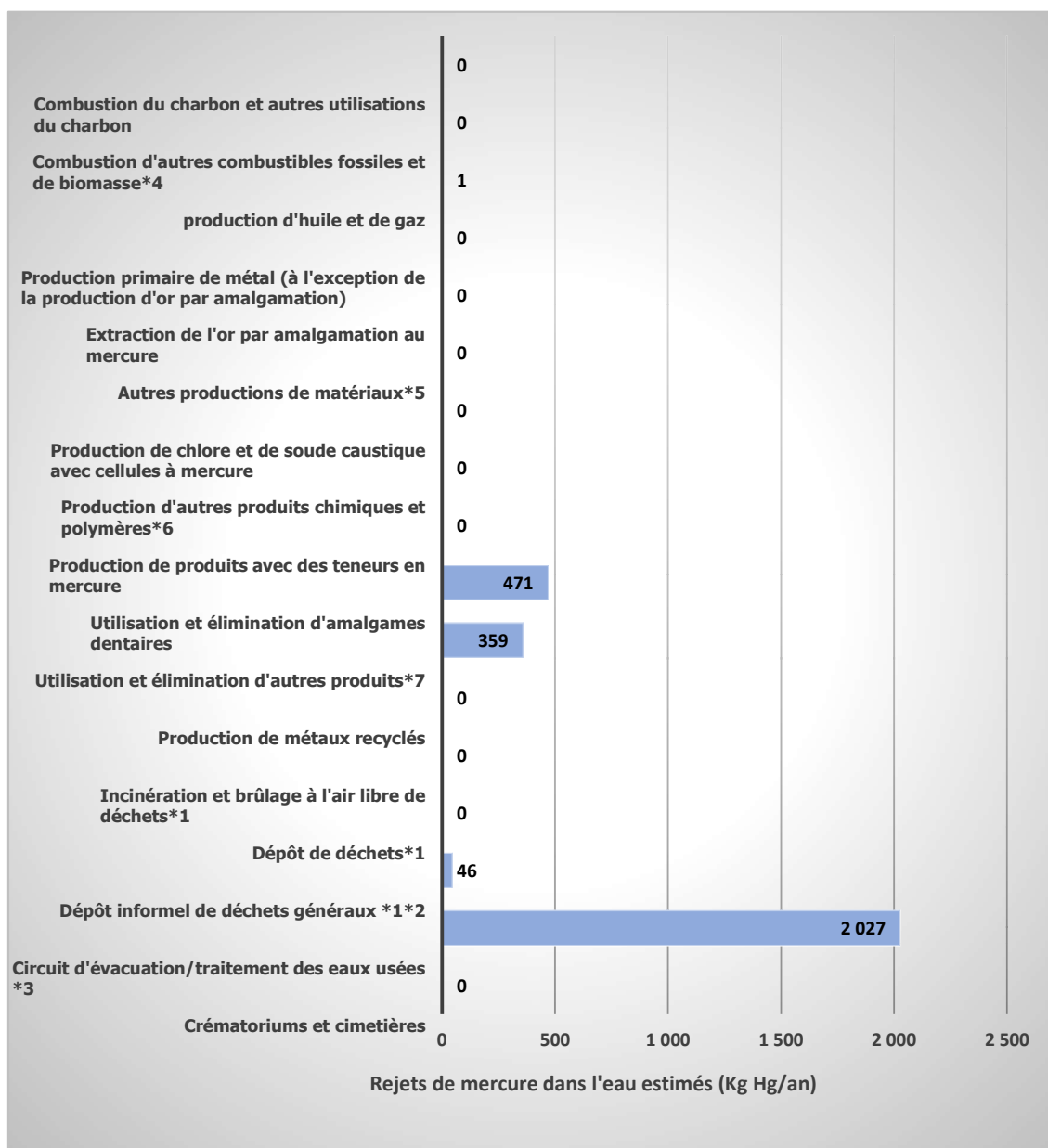


Figure 9. Estimation des rejets du mercure dans l'eau à partir des différentes catégories de sources identifiées pour l'année 2022.

6.5 Rejets dans le sol

Les rejets de mercure dans le sol et les terres proviennent de cinq catégories de sources identifiées qui sont dans l'ordre d'importance suivant :

- dépôts informels de déchets généraux (369 Kg Hg/an),
- utilisation et élimination de produits de consommation de produits à mercure ajouté (165 Kg Hg/an),
- les cimetières (140 Kg Hg/an),
- l'utilisation et l'élimination d'amalgames dentaires (86 Kg Hg/an),
- et pour une moindre quantité (11 Kg Hg/an), la production de métaux recyclés (essentiellement fer et acier).



Figure 10. Estimation des rejets de mercure dans le sol à partir des différentes catégories de sources identifiées, pour l'année 2022.

6.6 Rejets de mercure dans les produits dérivés et les impuretés

Ce sont des rejets de déchets autres que ceux affectant l'air et l'eau, et ceux pouvant s'infiltrer dans les sols. Il s'agit de composés solides résiduels qui périssent et se dégradent ou des produits et matières utilisées et produites qui finissent par être rejetés dans l'environnement, dont les impuretés solides qui peuvent migrer dans les aérosols sous forme de poussières ou dans l'eau sous forme de matière en suspension, et qui peuvent donc se répandre dans la nature, d'où l'amplification des dangers du mercure.

Parmi les principales catégories de source de cette pollution, s'identifient dans l'ordre d'importance : la production de matériaux (ciments, papiers, chaux, etc.), 270 Kg Hg/an, et l'utilisation et l'élimination des amalgames dentaires (64 Kg Hg/an). Ceci témoigne de la forte stabilité des résidus d'amalgames de mercure qui peuvent résister à l'altération.

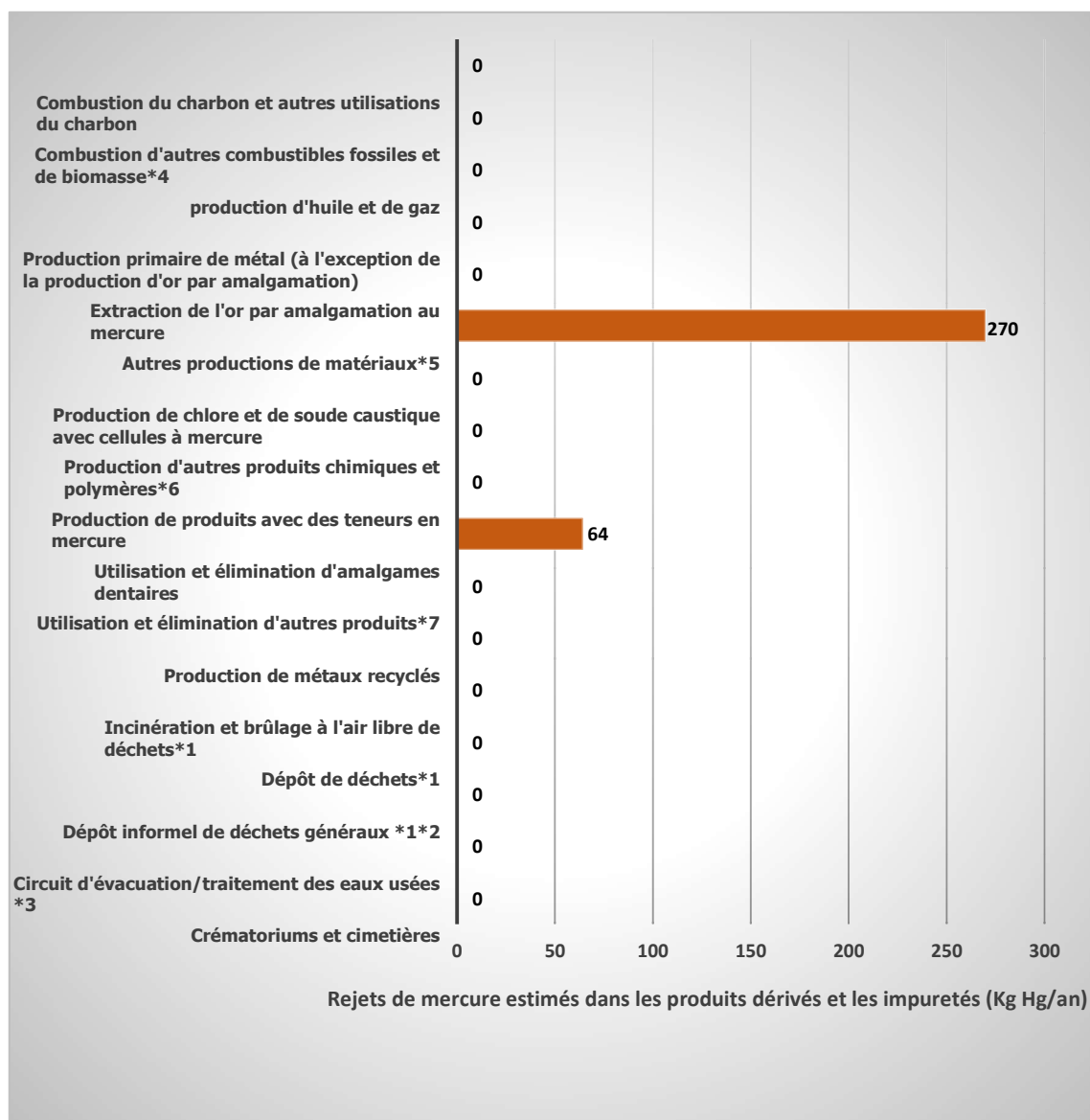


Figure 11. Estimation des rejets de mercure dans les produits dérivés des déchets et des impuretés, pour l'année 2022.

6.7 Rejets de mercure dans les déchets généraux

Il est entendu par déchets généraux, les déchets banals autres que les DSM, comme les ciments, la chaux, le plâtre, les résidus d'amalgames dentaires et même les matières en suspension dans les eaux usées et les boues résiduaires. Dans ce cas, la source essentielle de mercure livré à l'environnement est liée à l'utilisation d'appareillage et de produits de consommation à mercure ajouté (3 188 Kg Hg/an) ce qui représente non loin de la moitié des rejets et émissions de mercure annuels. Elle est suivie par deux autres sources mais dans de beaucoup moindres quantités : l'évacuation et le traitement des eaux usées (225 Kg Hg/an), et l'utilisation et élimination des amalgames dentaires (214 Kg Hg/an).

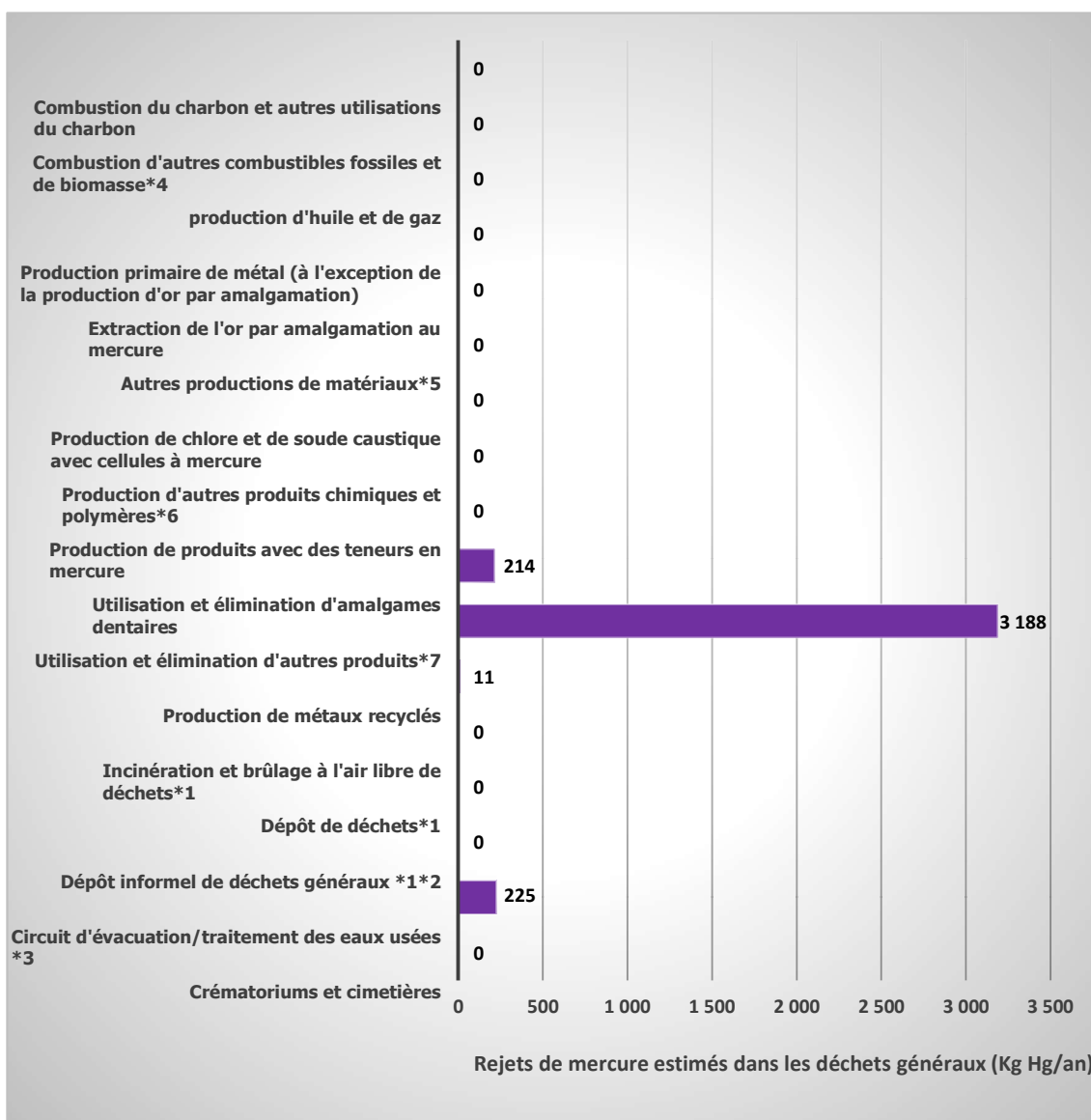


Figure 12. Estimation des rejets de mercure dans les déchets généraux provenant de différentes catégories de sources identifiées, pour l'année 2022.

6.8 Rejets de mercure dans les déchets par secteur

Dans la version Toolkit niveau 1 (révisé 2019) l'expression de ce type de déchets n'est pas claire. En revenant à la version 2015 de ce Toolkit, la catégorie visée par l'estimation, devrait correspondre aux déchets spécifiques (dangereux). En effet, il apparaît clair sur le diagramme de la figure suivante que les amalgames dentaires (214 Kg Hg/an) et les produits de consommation à mercure ajouté (thermomètres, piles-batteries, sphymomanomètres, ... ; 201 Kg Hg/an), sont de loin les principales catégories de sources de ce type de déchets, suivies dans de beaucoup moindres quantités par la production d'huiles et de gaz (1 Kg Hg/an).

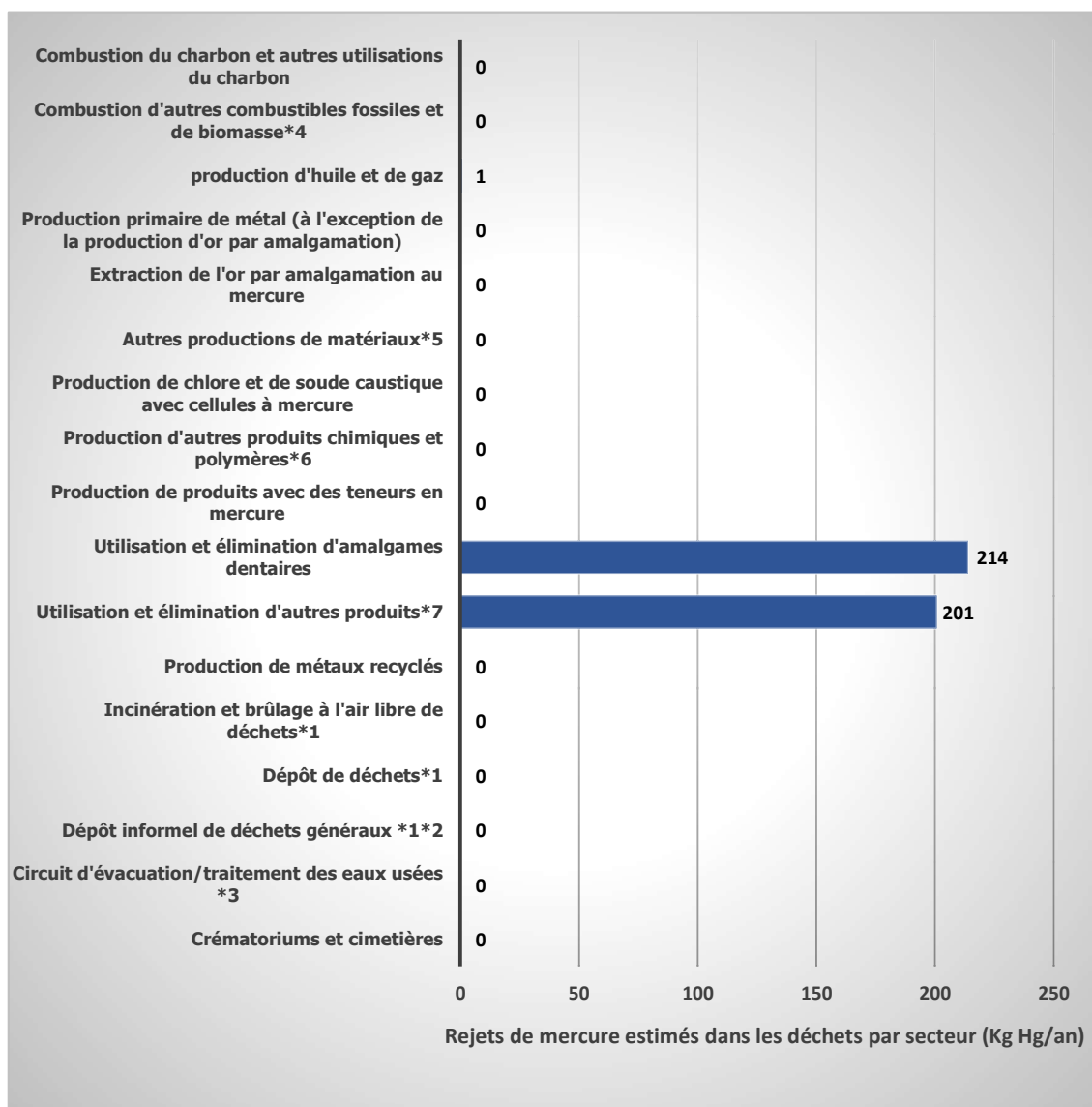


Figure 13. Estimation des rejets de mercure dans les déchets par secteur, pour l'année 2022.

6.9 Evolution des émissions annuelles globales du mercure depuis l'année 2015

Le bilan des émissions globales de mercure de la Tunisie pour l'année 2015, a été établi en 2018⁷. Le total de ces émissions selon la méthode de calcul du Toolkit niveau 1 (révisé 2015), s'élèvent à **12 810 Kg Hg/an**. Ce chiffre est largement supérieur à la quantité globale (arrondie) des émissions et rejets de mercure, estimée pour l'année 2022, qui est de **7 300 Kg Hg/an**.

Les catégories de sources qui contribuent à ce bilan sont essentiellement l'usage et l'élimination de produits de consommation à mercure ajouté (71 % ; thermomètres, sphymomanomètres, piles et batteries, sources de lumière, etc.), la production de ciment et de pâte de papier (13 %), l'utilisation et l'élimination des amalgames dentaires (6 %), la combustion de fuel lourd et de petro-coke (5%), et la production d'huile et de gaz (3 %). Ces

⁷ MAL&E, 2018, rapport établi par Comète Engineering.

sources représentent ainsi 98 % des totaux. Les déchets ne devraient pas contribuer à plus de 2 % de ces totaux.

Comparaison au bilan de l'année 2022

Le sommaire exécutif du bilan déterminé pour l'année 2022 (Toolkit niveau 1, révisé 2019) se présente comme suit.

Tableau 30. Sommaire exécutif du bilan de mercure pour l'année 2022 réalisé à l'aide du Toolkit niveau 1 (révisé 2019).

Catégorie de sources	Apports en Hg estimés, Kg Hg/an	Estimation des rejets de mercure, estimations standard, Kg Hg/an							Pourcentage des rejets totaux *3*4
		Air	Eau	Sol	Produits dérivés et impuretés	Déchets généraux	Traitement/élimination des déchets par secteur	Totaux rejetés *3*4*5	
Coal combustion and other coal use	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Other fossil fuel and biomass combustion	630,3	630,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	630	8%
Oil and gas production	11,1	1,3	1,3	0,0	0,1	0,0	0,8	3	0%
Primary metal production (excl. gold production by amalgamation)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Gold extraction with mercury amalgamation	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Other materials production*6	1 079,2	809,4	0,0	0,0	269,8	0,0	0,0	1 079	15%
Chlor-alkali production with mercury-cells	-	-	-	-	-	-	-	0	0%
Other production of chemicals and polymers	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Production of products with mercury content*1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Application, use and disposal of dental amalgam fillings	1 069,7	21,4	470,7	85,6	64,2	213,9	213,9	1 070	14%
Use and disposal of other products	4 134,5	221,4	359,1	165,2	0,0	3 188,1	200,7	4 135	56%
Production of recycled metals	33,0	10,9	0,0	11,2	0,0	10,9	0,0	33	0%
Waste incineration and open waste burning*2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0%
Waste deposition*2	1 536,2	15,4	0,2	0,0	-	-	-	16	0%
Informal dumping of general waste *2*3	460,9	46,1	46,1	368,7	-	-	-	92	1%
Waste water system/treatment *4	2 252,3	0,0	2 027,0	0,0	0,0	225,2	0,0	225	3%
Crematoria and cemeteries	139,8	0,0	0,0	139,8	0,0	0,0	0,0	140	2%
TOTAUX (arrondis) *1*2*3*4*5*6	7 290	1 760	880	400	330	3 640	420	7 420	100%

Les remarques 1 à 6 en bas du tableau précédent demeurent valables pour ce bilan.

Ce bilan du mercure de l'année 2022 est suffisamment similaire à celui de l'année 2015. Les principales catégories de sources sont par ordre de dominance : l'utilisation et l'élimination des produits de consommation à mercure ajouté (56 %), la production de ciment, de chaux et de papier (15 %), l'utilisation et l'élimination des amalgames dentaires (14 %), la combustion de fuel lourd de petro-coke et de charbon de bois (8%), et l'ensemble du dépôt informel des déchets, eaux usées et cimentaires, qui contribue pour 6% de ce bilan. La production de pétrole et de gaz, et le raffinage du pétrole contribuent à seulement 1% sinon moins, des émissions et rejets.

De 2015 à 2022, la répartition comparée des apports de mercure aux différentes composantes de l'environnement est présentée sur la figure suivante.

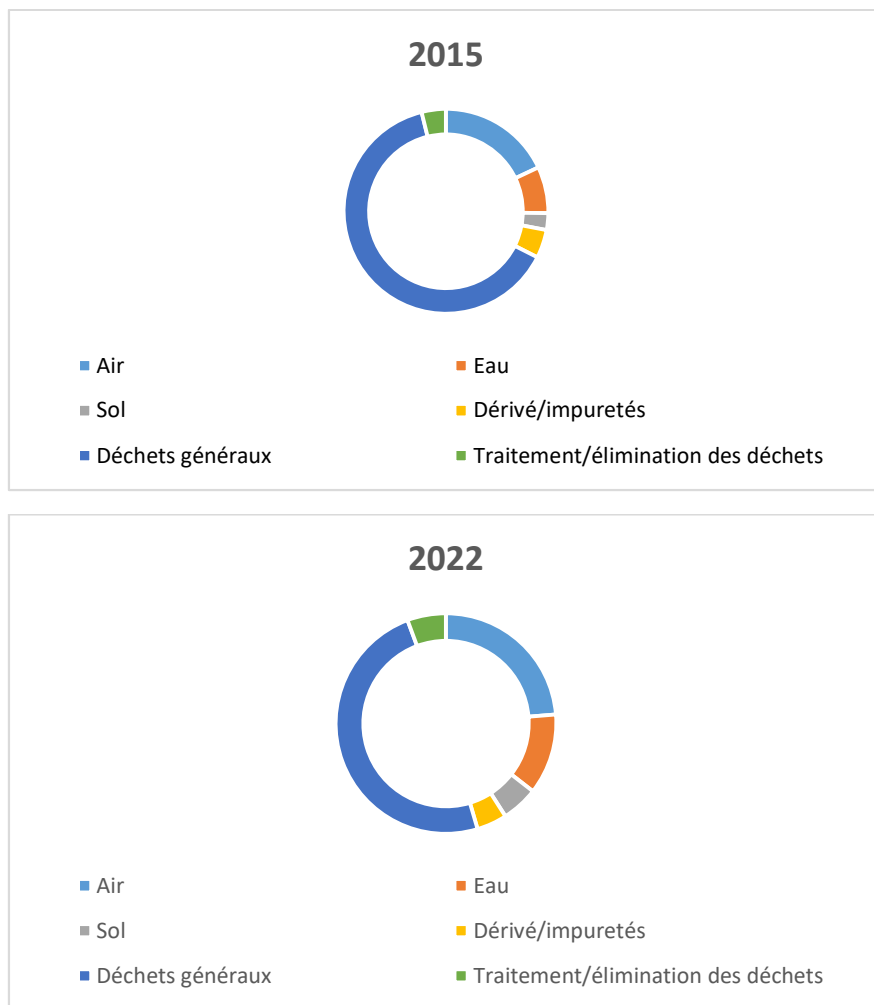


Figure 14. Répartition comparée des apports de mercure à l'environnement en 2015 et 2022.

La réduction des émissions et rejets de mercure en Tunisie en 2022 (7290 Kg Hg/an) par rapport à l'année 2015 (12810 Kg Hg/an), se constate clairement (-5520 Kg ; -43 %). Il s'agit d'une baisse forte et très significative, qui résulte de:

- L'interdiction de mise sur le marché de l'interdiction de mettre sur le marché des thermomètres médicaux à mercure destinés à mesurer la température interne de l'homme (voir Circulaire N° 36-2018 du ministre de la santé).
- La réglementation de l'application des amalgames dentaires pour les personnes fragiles, et l'instauration des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires et privés (voire circulaires N° 1- et N°2-2023 du ministre de la Santé).
- L'abandon progressif des sources de lumière à mercure ajouté au profit des sources de lumière LED, entre autres pour les difficultés de plus en plus oppressantes de pouvoir s'en procurer sur le marché international en réponse aux exigences et délais limites imposés à l'abandon de la fabrication et du commerce de ce type de produits de consommation suite aux exigences et à l'application des dispositions de la convention de Minamata et de ses Annexes A et B, notamment.

De plus, plusieurs études ont démontré que la Tunisie a intensifié la lutte contre la pollution par les métaux toxiques dans le cadre de nombreuses stratégies nationales, dont la plus récente est la Stratégie Nationale de Transition Ecologique 2030-2035. L'axe 4 de cette

stratégie est spécifiquement dédié à la "Production et consommation durables et lutte contre la pollution".

La Tunisie s'est dotée d'un arsenal juridique et institutionnel assez complet pour lutter spécifiquement contre le mercure, y compris avant l'entrée en force de la Convention de Minamata sur le mercure le 16 août 2017 :

- Adoption de normes environnementales et de lutte contre la pollution :
 - Norme homologuée NT-106-02 (1989) (abrogée) relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique (Protection de l'environnement), remplacée par l'Arrêté conjoint du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur.
 - Norme homologuée NT 106-04 (1994) (abrogée) : protection de l'environnement : valeurs limites et valeurs guides pour certains polluants dans l'air ambiant, en dehors des locaux de travail, remplacée par le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.
 - Norme NT 106-03 (1989) (1989) : protection de l'environnement - utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles : spécifications physico-chimiques et biologiques.
 - Décret N° 2010-2519 du 28 septembre 2010, fixant les valeurs limite à la source des polluants de l'air de sources fixes.
- Textes de lois relatifs au suivi et au contrôle de la pollution, entre autres, par le mercure et ses incidences sur la santé humaine :
 - Interdiction du traitement dentaire par des Hg-amalgames pour les enfants de moins de 15 ans et pour les femmes enceintes et les femmes allaitantes (Circulaire N°2 du 4 janvier 2023 du Ministre de la Santé)
 - Instauration de la mise en place de séparateurs d'amalgames dans les cabinets privés et publics et l'élimination des déchets mercuriels issus de l'amalgame dentaire (Circulaire N°1- 2023 du Ministre de la Santé) ;
 - Circulaire N°36-2018 du Ministre de la santé, relative à l'interdiction de mettre sur le marché des thermomètres médicaux à mercure destinés à mesurer la température interne de l'homme.
- Conduite de l'étude d'évaluation des impacts environnementaux, sociaux et économiques de la ratification de la convention de Minamata sur le mercure, apportant l'aide nécessaire à la prise de décision pour la ratification prochaine de la convention de Minamata.

Ces avancées réglementaires et bien d'autres sont discutées dans la partie "amélioration du cadre institutionnel et réglementaire relatif à la gestion du mercure en Tunisie" et dans la troisième partie réservée à l'évaluation des émissions et rejets de mercure développée dans ce rapport et la proposition de mises à jour de textes réglementaires.

ANNEXES

Données de l'Institut National de la Statistique et de la Douane Tunisienne sur les thermomètres, sources de lumières et piles-batteries importés dans la période de 2007 à 2022.

Code NSH	Produits chimiques	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
285200	Composés, inorganiques ou organiques, du mercure (à l'excl. des amalgames)	866	218	234	100	19	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280540	Métaux alcalins ou alcalino-métaux de terres rares scandium et yttrium même mélanges mercure	40	21	1	9	61	14	4	61	4	7	-	4	-	1	1	-
285210	Composés inorganiques ou organiques du mercure, de constitution chimique définie ou non, à l'exclusion des amalgames de constitution chimique définie	-	-	-	-	-	577	832	123	81	72	1104	29	92	730	97	121
285290	Autres composés inorganiques ou organiques du mercure, de constitution chimique définie ou non, à l'exclusion des amalgames	-	-	-	-	-	50	3	-	-	-	-	-	-	-	1099	1

Code NSH	Thermomètres	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
902511	Densimètre, aéromètres pèse-liquides et instruments flottants similaires thermomètres, pyromètres, baromètres, hygromètres et psychromètres	6292	16190	14531	11354	7037	17934	14381	7653	9612	16902	9085	8569	4424	4896	10479	6058
	Nombre de pièces	242000	622692	558885	436692	270654	689769	553115	294346	369692	650077	349423	329577	170154	188308	403038	233000

Code NSH	Tubes fluorescents double end	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
853931	Lampes et tubes à décharge, autres qu'a rayons ultraviolets, fluorescent, a cathode chaude*	787562	611556	578684	591709	792089	688154	507268	491922	401348	428857	407053	432296	74211	134027	309584	169973
	Nombre de pièces	8287583	6435457	6089542	6226605	8335221	7241504	5338025	5176538	4223420	4512899	4283454	4549088	780929	1410378	3257779	1788641

Code NSH	Autres sources lumineuses	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
853932	Lampes à vapeur de mercure ou de sodium, lampes a halogénure métallique*	59697	62165	57782	74943	38404	60215	50935	66914	46218	34794	54296	27300	27758	26768	36215	12031
853939	Autres lampes et tubes électriques a incandescences*	16801	34365	50945	95420	80068	38170	41335	36383	27417	15736	19698	10411	6871	6419	12550	8003
Total	Nombre de pièces	423736	534696	602258	943670	656237	544971	511099	572180	407877	279894	409865	208888	191816	183828	270118	110972

Code NSH	Piles et Batteries	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
850610	Piles et batteries de piles électriques au bioxyde de manganèse*	205547	140967	171227	168075	233987	295467	220790	186752	305768	551052	395898	295603	419033	577214	499420	607610
850630	Piles et batteries de piles électriques l'oxyde de mercure*	3	9	33	31	1	1990	12961	4350	15635	1	1	77	-	5919	-	1
850660	Piles et batteries de piles à l'air zinc*	38621	44634	43871	46663	40820	52946	58832	58024	58660	66691	88060	30440	64002	94811	88021	99869
850680	Autres piles et batteries de piles*	49952	39233	122662	77992	73800	46601	56927	77349	126681	130537	213299	198446	303631	184113	108045	94521
850640	Piles et batteries de piles électriques à l'oxyde d'argent*	6	15	15	101	270	549	7	39	149	466	115	97	338	438	327	35
Total	Tonnes par an	294	225	338	293	349	398	350	327	507	749	697	525	787	862	696	802



Projet CHILD 1.1

GEF ID# 9684

Réduction de la pollution due
aux produits chimiques nocifs
et aux déchets dans les « hotspots »
méditerranéens et mesure des
progrès vers les impacts.



AMELIORATION DU DISPOSITIF INSTITUTIONNEL ET REGLEMENTAIRE DE LA GESTION DU MERCURE EN TUNISIE

Partie 3

Impacts environnementaux et gestion du mercure,
analyse de la réglementation en Tunisie et propositions
de mise à jour

Décembre 2024

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	2
TITRE DES TABLEAUX	3
Abréviations	5
1 INTRODUCTION	7
2 IMPORTANCE DE LA RATIFICATION DE LA CM POUR LA LUTTE CONTRE LES DANGERS DU MERCURE	8
2.1 Convention de Minamata : un traité inter-pays pour la protection de l'environnement et de la santé humaine	8
2.2 Impacts environnementaux du mercure en Tunisie	9
2.3 Le processus de ratification s'aligne sur les orientations de la nouvelle stratégie nationale de transition écologique	10
2.4 Objectifs de ratification	10
3 MERCURE DANS L'ENVIRONNEMENT EN TUNISIE	12
3.1 Fond géochimique et excédents naturels et anthropiques du mercure	13
3.1.1 Teneurs du mercure dans les eaux	13
3.1.1.1 Hg dans l'eau marine.....	13
3.1.1.2 Hg dans les eaux de rivières et de consommation (NT 09.14)	14
3.1.1.3 Eaux de ruissellement dans le bassin de la Haute vallée de Méjerda	14
3.1.1.4 Teneurs en mercure dans les eaux de rejets	15
3.1.1.5 Norme Tunisienne de réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture : NT 106.03 (1989)	16
3.1.2 Teneurs en mercure dans l'air ambiant	18
3.1.3 Teneurs en mercure dans les sols et les sédiments	19
3.1.4 Mercure dans les produits de consommation (biote)	30
3.1.5 Bioaccumulation et bioamplification du mercure et du méthyl-mercure	30
3.1.6 Teneurs en mercure dans le biote en Tunisie	31
3.1.7 Récapitulatif des valeurs limite tolérées/ recommandées du mercure dans les composantes du milieu récepteur confrontées aux données de mesures sur terrain	33
3.2 Mercure dans les produits de consommation : le point chaud des thermomètres à Hg	35
3.2.1 Méthodologie d'inventaire des appareillages à mercure ajouté dans les hôpitaux	35
3.2.2 Questionnaire	35
3.2.3 Résultats du Questionnaire	36
3.2.4 Conclusions	39
3.3 Mercure dans le domaine minier et industriel et gestion des points chauds	39
3.3.1 Mines de mercure de la Tunisie	39
3.3.2 Production historique de mercure vierge et points chauds en Tunisie	41
3.3.3 Etat de gestion des anciennes installations de production de mercure vierge	42
3.3.4 Minéralisations de mercure dans la Haute Vallée de la Méjerda	44
3.3.5 Terrils miniers et sédiments des rivières de la haute vallée de la Méjerda	45
3.3.6 Unité d'Electrolyse Chlor-Alkali de la SNCPA à Kasserine	47
3.3.7 Terrils des mines de phosphates et de phosphogypse	50
4 PROGRAMMES ET PROTOCOLES DE GESTION DES DECHETS DE MERCURE DES POINTS CHAUDS	52
4.1 Traitement des eaux et des sédiments contaminés par le mercure	52
4.2 Collecte et traitement du mercure et déchets de mercure liés aux amalgames dentaires et produits de consommation à mercure ajouté	52
4.3 Travaux d'intervention sur le site de l'unité d'électrolyse à mercure à Kasserine	56
4.4 Cas des deux anciens sites de points chauds miniers d'Oued Maaden et de Jebel el Arja-Sidi Khalifa	59
4.4.1 District d'Oued Maaden et production de mercure vierge	59

4.4.2	District du Jebel el Arja-Sidi Khalifa et production de mercure vierge	61
5	CONTROLE ET SUIVI, BASE DE DONNEES	63
5.1	Programmes et réseaux existants, responsabilités et bases de données	63
5.2	Programme de suivi et de contrôle à proposer pour le mercure	63
5.3	Organigramme d'un réseau national de suivi de la qualité de l'air, de l'eau et du sol	64
6	BIOSURVEILLANCE (PRODUITS DE CONSOMMATION, SANTE HUMAINE, ALIMENTS POUR BETAIL)	66
7	INFORMATION, SENSIBILISATION ET EDUCATION	67
8	EN GUISE DE CONCLUSIONS : ANALYSE DES VALEURS LIMITES TOLEREES/RECOMMANDEES EN TUNISIE ET IMPLICATIONS REGLEMENTAIRES.....	67
8.1	Analyse des valeurs limites tolérées/recommandées pour le mercure de par le Monde et comparaison à la réglementation et normes en Tunisie	67
8.1.1	Mercure dans les eaux de boisson humaine	68
8.1.2	Mercure dans les eaux de rejets	69
8.1.3	Emissions de mercure dans l'air	71
8.1.4	Qualité des sols	72
8.1.5	Amalgames dentaires	73
8.2	Conséquences réglementaires et mise à jour de réglementations en vigueur en Tunisie	74
8.2.1	Nécessite de la mise à jour de certains textes réglementaires ciblés	74
8.2.2	Textes proposés	74
8.2.3	Présentation des textes proposés	77
	Références consultées	86
	ANNEXES	89

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Extrait de la norme NT 09.14 dans son Tableau 1B indiquant la concentration limite tolérée de 1 µg/L pour le mercure.	14
Figure 2.	Teneur limite tolérée pour le mercure dans les eaux usées traitées réutilisées en agriculture. Extrait du rapport cité du Deutsches Institut für Entwicklungspolitik : La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, par Suzanne Neubert et Sihem Benabdallah, Etudes et rapport d'expertises 11/2003, Page 15, Bonn 2003, 96p.....	17
Figure 3.	Position des stations échantillonnées et analysées dans le Lac Sud de Tunis, avant aménagement.	23
Figure 4.	Localisation des échantillons de l'étude de la lagune de Bizerte de Yoshida et al. (2002), et des stations les plus contaminées en mercure dans les sédiments de surface colloïdaux.	25
Figure 5.	Formation de couche crème dans la Lagune de Bizerte, à partir des rejets ferrifères et carbonatés d'El Fouledh.....	26
Figure 6.	Situation des zones urbaines et des sites de stations échantillonnée.....	27
Figure 7.	Répartition des teneurs en mercure dans les sédiments des côtes du golfe de Tunis. L'étoile rouge indique les zones d'enrichissements (d'après Ennouri et al., 2015).....	29
Figure 8.	Carte de localisation des échantillons de sédiments marins analysés pour Hg, Cd et Pb par Chouba et Mzoughi-Aguir (2006).....	30
Figure 9.	Augmentation des concentrations du méthyl-mercure dans les organismes aquatiques avec l'augmentation des teneurs en méthyl-mercure dans l'eau, et avec l'augmentation du niveau trophique. Les prédateurs au sommet de la hiérarchie dans la chaîne alimentaire auront les plus fortes concentrations en ce composé hautement toxique (les estimations des teneurs en méthyl-mercure sont d'après Wentz et al. 2014). ..	31
Figure 10.	Carte de localisation de la mine d'Oued Maaden.	40
Figure 11.	Carte de localisation de la mine de Jebel El Aja-Sidi Khalifa.	41
Figure 12.	Description des vestiges des installations industrielles de la mine du Jebel El Arja-Sidi Khelifa.	43
Figure 13.	Photo illustrant le bâtiment de l'usine de production de mercure vierge et du site des installations de broyage. Le matériau broyé est livré à l'unité de production par bande transporteuse.	43
Figure 14.	Carte de localisation des districts miniers, des barrages et des complexes industriels (industrie des phosphates, complexe SNCPA, fonderies Penneroya).	44

Figure 15. Localisation du site du Complexe Industriel de la SNCPA, de l'oued Andlou émissaire de rejets d'eau industrielle, de la STEP, du réseau hydrographique, du domaine urbain, et des plaines voisines.	48
Figure 16. Photos illustrant les derniers vestiges de l'ancienne Unité Chlor-Alkali à la SNCPA de Kasserine, aujourd'hui démolie pour sécuriser le site déjà pollué par le mercure (Clichés S. Tlig)/	49
Figure 17. Etat du site de l'unité d'électrolyse avant (2017) et après (2024) les travaux du projet de mise en sécurité de cette unité (2018-2019).....	50
Figure 18. Affiche de l'ANCSEP relative à la conduite à tenir en cas de casse d'un produit à mercure ajouté notamment dans les établissements de soins privés et publics.	54
Figure 19. Page de garde du Manuel des procédures de gestion des déchets d'activités de soins de l'hôpital Habib Thameur.....	55
Figure 20. Protocole de gestion des déchets d'amalgames et d'autres appareillages médicaux et sources de lumière à mercure ajouté.....	56
Figure 21. Etat actuel du site mis en sécurité de l'unité d'électrolyse à mercure, montrant le terrain dégagé et clôturé, le dépôt de sel avec du mercure gardé en potiche, le hangar emplis de déchets contaminés en attente de traitement et d'élimination et plus au Sud-Ouest, le dépôt de ferrailles à découvert.	58
Figure 22. Extrait de la carte Google montrant la situation actuelle des vestiges de laverie.	61
Figure 23. Extrait de ce décret en vigueur au 31 octobre 2023 (JORT n°42 du 25 mai 2018, p. 1880).	79

TITRE DES TABLEAUX

Tableau 1. Teneurs en mercure total (ng/L) dans les eaux océaniques, dans des mers régionales et dans des zones côtières.	13
Tableau 2. Teneur moyenne en mercure dans les eaux de ruissellement et teneurs limites recommandées (OMS) ou autorisées (UE, Tunisie) dans les eaux potables.	14
Tableau 3. Moyenne et variations saisonnières des concentrations des éléments majeurs et en traces dans les eaux de l'oued Mellègue et ses affluents, (traces en µg/L).....	15
Tableau 4. Teneurs maximales tolérées du mercure dans les eaux de boisson humaine, dans les eaux usées utilisées en agriculture et dans les eaux de rejets, et valeurs correspondantes proposées dans cette étude.	16
Tableau 5. Teneurs du mercure mesurées dans l'air par AMEC (2005) sur le site de l'unité d'électrolyse à mercure de la SNCPA à Kasserine.....	19
Tableau 6. Teneurs en mercure dans les sols sur le site de SNCPA et près de l'unité d'électrolyse à mercure abandonnée.	20
Tableau 7. Teneurs en mercure dans les topo-séquences de sols résidentiels et agricoles situés aux alentours du site de la SNCPA.	21
Tableau 8.: Analyse des métaux dans les vases du Lac Sud de Tunis avant aménagement (teneurs en µg/g) ...	23
Tableau 9. Localisation et description des échantillons.....	27
Tableau 10. Teneurs en ppm (µg/g) en Hg mais aussi en Pb et Zn données pour comparaison, déterminées dans les sédiments du cours de l'oued Méliane.	27
Tableau 11. Concentrations en mercure dans les sédiments du golfe de Tunis comparés à la référence NOAA et à d'autres exemples de sédiments de golfes de par le Monde.....	28
Tableau 12. Teneurs en mercure dans le biote.	32
Tableau 13. Récapitulatif des résultats de l'analyse de la répartition du mercure dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments et le biote confrontés aux valeurs limites tolérées par les textes réglementaires existants en Tunisie, et par les normes et directives de pays étrangers et de l'OMS.....	34
Tableau 14. Production du mercure en Tunisie de 1936 à 1973, des districts d'Oued Maaden (Sainfeld, 1952), et celui de Jebel El Arja – Sidi Khélifa au Nord-Ouest du pays, à partir de 1955 jusqu'en 1973 (USGS, 2017).	41
Tableau 15. Variation des concentrations de métaux lourds dont Hg dans les rejets des différents types de mines du Nord-Ouest et du Centre-Ouest de la Tunisie. Les concentrations sont en mg Kg-1 pour tous les éléments, sauf pour Fe et S, en % et Hg en µg Kg-1.....	46
Tableau 16. Moyennes et marges de variation des concentrations en ppm d'éléments en traces dont Hg dans les sédiments des lits des oueds Mellègue, Sarrath, et ceux du barrage de Nébeur en été (S) et en hiver (W). Les teneurs en Fe sont en %.	47

Tableau 17. Teneurs moyenne du phosphate, du fluor et des métaux lourds dans le terril "A" de phosphogypse de SIAPE (Sfax) comparées à la valeur limite du Standard de rejets au Québec à l'année indiquée.	51
Tableau 18. Composition chimique de l'eau de stockage à l'entrée du terril "A" de la SIAPE à Sfax.	51
Tableau 19. Etapes du protocole de traitement des déchets contaminés par le mercure par l'UDT.	58
Tableau 20. Organigramme pour la création d'un programme de contrôle et de suivi du mercure dans l'eau, l'air et le sol.	65
Tableau 21. Teneurs limite du mercure dans les eaux de boisson humaine autres que les eaux mises en bouteilles (en µg/L).	68
Tableau 22. Teneurs limite du Hg tolérées pour les rejets d'eaux usées dans le milieu naturel (en µg/L).	70
Tableau 23. Teneurs limite de mercure tolérées pour les émissions de mercure de source fixe et pour l'exposition au travail.	71
Tableau 24. Propositions de mise à jour de textes réglementaires et de promulgation de nouveaux textes, et justifications.	75
Tableau 25. Modifications au tableau 1B de la norme NT 09.14 (2013) concernant le mercure dans l'eau de boisson humaine.	78
Tableau 26. Extrait de l'Annexe "Analyse des effets du projet pour la santé humaine" de l'étude Projet d'extension de CAP-3000 sur la commune de Saint-Laurent-du-Var (Canada).	79

Abréviations

AAS	Atomic Absorption Spectrometry
ACB	Analyse Coûts Bénéfices
ACGH	American Conference of Governmental Hygienists
AFD	Agence Française de Développement
AMEC	Bureau d'Etude Canadien : AMEC Earth and Environmental, AMEC Americas Ltd
ANCSEP	Agence Nationale de Contrôle Sanitaire et Environnemental des Produits
ANGed	Ahence Nationale de Gestion des déchets
APAL	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
APIP	Agence des Ports et des Installations de Pêche
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
CITET	Centre International des Techniques de l'Environnement de Tunis
CM	Convention de Minamata
CNEM	Commission National d'Éthique Médicale
CPDP	Commission National de Protection des Données Personnelles
DHMPE	Direction de l'Hygiène du Milieu et de Protection de l'Environnement
DJT	Dose Journalière Tolérée
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
DPH	Domaine Public Hydraulique
DPM	Domaine Public Maritime
El Fouledh	Complexe sidérurgique en Tunisie (Menzel Bourguiba)
EPA	Environment Protection Agency
GEF	Global Environment Fund
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma-Absorption Emission Spectrometry
ICP-MES	Inductively Coupled Plasma-Mass Emission Spectrometry
INNORPI	Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle
INSTM	Institut National des Sciences et Techniques de la Mer
INSSPA	Instance Nationale de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires
ISST	Institut de Santé et de Sécurité au Travail
LED	Light Emission Diode
MAL&E	Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MPE	Meilleures Pratiques Environnementales
MTD	Meilleures Techniques Disponibles
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)
NPK	Azote, Phosphore, Potassium
NT	Norme Tunisienne
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONAS	Office National de l'Assainissement
ONTH	Ofiice National du Thermalisme et de l'Hydrothérapie
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel
OTEDD	Observatoire Tunisien pour le Développement Diuable
PASP	Programme Africain relatif aux Stocks de Pesticides obsolètes
PCB	Polychlorobiphényle
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PVC	Chlorure de Polyvinyle
RNSQA	Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air
RNSQE	Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Eau
RNSQS	Réseau National de Surveillance de la Qualité des Sols
SIAPE	Société Industrielle d'Acide Phosphorique et d'Engrais
SNCPA	Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa

SNTC	Société Nationale Tunisienne de Cellulose
SOTUPILE	Société Tunisienne des Piles Electriques
STEP	Station d'Épuration
UDT	Unité de Désorption Thermique
UE	Union Européenne
UEM	Unité d'Electrolyse à Mercure
USA	United States of America
USD	United States Dollar
USGS	United States Geological Survey
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

1 INTRODUCTION

Le présent rapport est dédié à l'analyse des points chauds de mercure et des déchets de mercure en Tunisie. L'objectif est de comprendre les points chauds naturels (zones minières) ou anthropiques (sites industriels pollués par le mercure) et leurs émissions, mais aussi les produits de consommation contenant du mercure ajouté comme source de pollution par le mercure. L'analyse de l'existant et les résultats en découlant permettent d'évaluer les impacts environnementaux et les risques occasionnés au milieu récepteur (eau, air, sol), à la santé humaine et aux milieux de vie biologiques. Les données obtenues serviront de guide pour les politiques nationales : (i) de réduction des produits de consommation à mercure ajouté et les produits industriels riches en mercure, (ii) de traitement pour la dépollution des points chauds, (iii) de l'amélioration de la gestion des déchets de mercure, et (iv) de surveillance des émissions, et de renforcement de la biosurveillance et la sensibilisation-formation du citoyen contre les dangers du mercure dans le cadre du projet MedProgramme.

La gestion des déchets de mercure implique l'élaboration d'un programme de gestion des déchets qui doit couvrir non seulement les déchets des sites de points chauds, mais aussi les dispositifs médicaux obsolètes, les déchets contaminés par le mercure, les déchets de séparateurs d'amalgame des cabinets dentaires, garantissant ainsi des protocoles d'élimination efficaces depuis la collecte jusqu'à l'élimination. Un système de collecte séparé pour ce type de déchets sera proposé afin d'éviter toute contamination des déchets médicaux à risque infectieux par le mercure.

A ce titre, l'inventaire national des rejets de mercure exigé par la Convention de Minamata (article 8 ; alinéa 7) doit être établi de manière régulière pour rendre compte de l'efficacité des politiques nationales de Parties à la convention en termes de réduction des émissions de ce métal. L'inventaire de l'année 2015 en Tunisie a été réalisé et a été complété dans cette étude par l'inventaire des émissions de mercure de l'année 2022 (voir rapport de la partie 2 de la présente étude).

La connaissance de l'état existant des points chauds et de l'avancement de leur traitement de dépollution, un programme de gestion efficace des déchets de mercure, mais aussi les contributions des politiques nationale à la réduction des émissions annuelles du mercure, sont destinés à servir d'aide à la décision pour les députés de l'ARP dans le dossier en cours de préparation pour la ratification de la Convention de Minamata.

L'évaluation des teneurs en mercure depuis ses sources d'émission (quantités), jusque dans ses déchets, puis dans les différentes composantes de l'écosystème (eau, air, sol, sédiments lagunaires, biota) est importante pour pallier les risques environnementaux et sur la santé humaine, mais aussi pour définir les valeurs limites admissibles lorsqu'il s'agit des normes réglementaires existantes ou à proposer. En cas de manque de données, la pratique commune en Tunisie est de s'inspirer de

l'expérience de pays partenaires (UE et Amériques notamment). L'objectif majeur de cette évaluation est la mise à jour de la réglementation sur le mercure en Tunisie et de proposer des réglementations nouvelles le cas échéant, visant la gestion du mercure et des déchets de mercure. Ces propositions compléteront la partie 1 de ce travail relative à l'analyse du contexte réglementaire et institutionnel du mercure dans le pays.

2 IMPORTANCE DE LA RATIFICATION DE LA CM POUR LA LUTTE CONTRE LES DANGERS DU MERCURE

2.1 Convention de Minamata : un traité inter-pays pour la protection de l'environnement et de la santé humaine

Le mercure est un polluant hautement toxique et indestructible/persistant. C'est à proprement parler un polluant éternel. Il est classé par l'OMS parmi les dix (10) principaux produits chimiques les plus dangereux pour la santé. L'exposition chronique au mercure et aux composés du mercure (notamment le méthyl-mercure) dans l'air, dans l'eau, provenant de terres/sols contaminés, ou par la consommation d'aliments contaminés (eaux, poissons marins et fruits de mer), provoque une maladie incurable/mortelle : l'hydrargyrie.

Le mercure est rejeté dans l'environnement principalement par l'activité anthropique dominée par les processus industriels, y compris l'exploitation minière. Cet élément est fortement bio-accumulatif dans l'environnement et bio-amplifiable dans la chaîne alimentaire, du plus bas au plus haut niveau trophique. Sa circulation dans les océans et dans l'atmosphère, prouvée à l'échelle mondiale, engendre des dommages importants à l'environnement et à la santé humaine.

Les études récentes ont montré que les activités anthropiques ont augmenté les teneurs en mercure dans les animaux marins d'environ 10 fois par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle. Les concentrations de mercure dans l'atmosphère mais aussi dans les eaux marines, notamment les premiers 20m de profondeur, continuent de croître au cours des dernières décennies, en lien étroit avec le développement industriel. Ceci annonce des conséquences graves à l'avenir pour l'environnement, la qualité de la vie, la santé et la consommation alimentaire (PNUE 2013 a).

La Convention de Minamata offre un cadre global de l'effort coordonné à l'échelle mondiale apte à protéger l'environnement et la santé humaine des émissions et rejets anthropiques de mercure et de ses composés. Les dispositions imposées pour la lutte contre cet élément concernent l'ensemble du cycle biogéochimique du mercure. Il s'agit de contrôles pour la réduction d'une gamme de produits et de processus industriels dans lesquels le mercure est toujours utilisé comme ajout ou comme catalyseur. La convention prend également des dispositions pour résoudre les problèmes d'extraction du mercure vierge et son utilisation pour l'orpaillage, son export notamment dans les produits de consommation à mercure ajouté, son import, l'élimination de ses déchets et son stockage en toute sécurité.

2.2 Impacts environnementaux du mercure en Tunisie

Cette étude s'appuie sur la revue de la littérature nationale et internationale, des données officielles sur l'économie, l'environnement et le commerce, et sur la consultation des partenaires relevant de plusieurs départements ministériels, des entreprises, mais aussi des représentants de la société civile. Selon l'inventaire national des émissions de mercure en Tunisie, les rejets de mercure dans l'environnement (eau, air, sol ; Toolkit niveau 1, PNUE) ont été estimées à 12,8 tonnes Hg pour l'année 2015. Ces chiffres ont été révisés à 10,96 tonnes (voir bilan des émissions de mercure en 2022). Les catégories sources principales d'émission du mercure sont l'élimination des rebuts des lampes fluorescentes à faible consommation, les thermomètres et les piles contenant du mercure, les déchets d'amalgames des cabinets dentaires, les terrils et déchets miniers et les points chauds, l'élimination des déchets urbains et industriels, la production de matériaux (ciments, métaux, papier), et la combustion de fuels fossiles.

L'évaluation des impacts de la ratification de la convention de Minamata sur l'environnement et sur la santé est difficile. Ceci est dû au fait que le mercure est un élément chimique stable (persistant). Cet élément ne sera donc jamais détruit, et pourra prendre diverses formes au fur et à mesure de sa transformation au cours de son cycle biogéochimique. Ses réactions s'effectuent en lien très étroit avec la matière organique, les tissus biologiques, le caractère oxydo-réducteur du milieu, et sa forte capacité d'évaporation à température ambiante. Ainsi, le mercure déposé dans les sols, les zones humides et les milieux aquatiques est capable d'entrer dans la chaîne alimentaire ou d'être à nouveau rejeté dans l'atmosphère, et redistribué sur de longues distances dans les aérosols.

Il en résulte que les dispositions de la CM et leur mise en application ne pourront pas éradiquer les quantités de mercure qui ont déjà été livrées à l'environnement. Seule la récupération du mercure dans certains produits de consommation à mercure ajouté (lampes, thermomètres, déchets d'amalgames, piles et batteries, etc.), mais aussi la récupération du mercure des sites industriels et points chauds abandonnés fortement pollués par le mercure, sont possibles. Parmi les techniques les plus utilisées et les moins coûteuses pour traiter les sols pollués, la désorption thermique permet de récupérer le mercure à l'état métallique. Des techniques de fixation/stabilisation du mercure sous forme de sulfure dans les sols et même dans l'eau consistent à leur traitement par des solutions de bisulfite. Des procédés de démercuration d'eau de nappe ont également été appliqués dans certains pays, mais leur coûts financiers se sont avérés parfois dissuasifs.

La consommation de fruits de mer et de poissons marins ou d'eau douce contaminés par du mercure compte parmi les sources principales d'exposition au mercure en Tunisie, notamment dans les régions côtières où la communauté est fort consommatrice de ces produits. Des données récentes de la littérature indiquent que les teneurs en mercure dans certaines espèces dont les mollusques, la seiche, le poulpe, le thon, l'espadon, le sar, la saupe, le mulot (muge), mais aussi le bar d'eau douce peuvent accumuler des niveaux très élevés de méthyl-mercure, forme courante et la plus toxique du mercure. Il est aussi rapporté que les teneurs en méthyl-mercure dans les cheveux de familles de pêcheurs, sont largement supérieures à celles des cheveux de consommateurs ne pratiquant pas de pêche (Meghanni-Chaari et al. 2010).

2.3 Le processus de ratification s'aligne sur les orientations de la nouvelle stratégie nationale de transition écologique

Bien que cette stratégie nationale ne vise pas directement les impacts environnementaux et les dangers spécifiques au mercure, son Axe 4 : "Asseoir les bases de l'économie verte, bleue et circulaire dans le cadre de modes de consommation et de production durables et éradiquer à terme les points chauds de pollution, décontaminer et réhabiliter les sites pollués", et les mesures correspondantes, se conforment parfaitement aux exigences de la CM sur le mercure.

Il faut envisager les avantages possibles de la ratification de la Convention de Minamata sur le mercure par la Tunisie. Cette ratification aidera les efforts mondiaux pour réduire la pollution par le mercure et garantir la durabilité de l'action en tandem avec d'autres pays qui améliorent leurs stratégies de contrôle du mercure pour en réduire les risques de pollution et l'exposition de l'environnement et des humains à ses dangers. Ces efforts mondiaux visant à réduire la pollution par le mercure réduiront le risque de pollution à l'échelle nationale mais aussi internationale.

2.4 Objectifs de ratification

L'objectif de ce travail est d'explorer les avantages possibles de la ratification la CM afin de mettre en œuvre la meilleure approche politique pour gérer la pollution par le mercure en Tunisie, en tenant compte de tous les enjeux environnementaux, sociaux, et économiques. Quatre objectifs principaux peuvent être visés :

Objectif 1 : Protéger l'environnement et la santé humaine contre les effets nocifs de l'exposition au mercure

Le mercure est un élément naturel qui est émis à environ 90 pour cent chaque année par l'activité humaine (PNUE 2013 b-c). Ce métal lourd et hautement toxique peut avoir des effets néfastes sur les humains, les écosystèmes et la faune, en raison de sa tendance à provoquer des problèmes de reproduction et de déficience développementale. Le mercure gagnant la circulation sanguine, peut endommager la thyroïde, les reins, le cœur, les poumons, les yeux, les gencives, la peau, le système nerveux central, le système immunitaire, etc. Il peut provoquer des troubles neurologiques et comportementaux dont les symptômes irréversibles sont les tremblements, l'insomnie, des pertes de mémoire, des effets neuromusculaires, des maux de tête et les dysfonctionnements cognitifs et moteurs et les dommages cérébraux (OMS 2013).

Il importe de préciser qu'il n'existe aucune teneur limite sûre d'exposition au mercure chez les humains, du fait même que ce métal est bioaccumulatif dans les organismes au long terme. Ses effets peuvent être observés même à des teneurs consommées très basses. La première source d'exposition directe au mercure est la consommation de poissons et fruits de mer contaminés. Les nourrissons, les enfants et les femmes enceintes sont les plus vulnérables aux effets néfastes du mercure. Chez les nourrissons et les enfants, le mercure peut provoquer de graves dommages neurologiques entraînant un retard mental, des convulsions, un strabisme et une perte auditive, un retard de développement, des troubles du langage et perte de mémoire (OMS 2003 ; PNUE 2017).

La pollution par le mercure étant liée à son transport sur de longues distances, le problème mondial qui nécessite des solutions globales. La ratification de la Convention de Minamata par la Tunisie lui permettra de travailler en étroite collaboration avec les autres pays pour atténuer le risque posé par la pollution au mercure à l'échelle mondiale.

Objectif 2 : Réduire la pollution par le mercure provenant des activités humaines

En raison de ses propriétés spécifiques, le mercure a été largement utilisé dans des produits et appareils de mesure (baromètres, hygromètres, manomètres, thermomètres, tensiomètres), interrupteurs, relais, certaines ampoules fluorescentes, piles, cosmétiques, pesticides, biocides, produits pharmaceutiques, bijoux et amalgames dentaires, etc.). Il a également été utilisé dans les processus d'électrolyse du chlore et de l'hydroxyde de sodium (procédés Chlor-Alkali), ou comme catalyseur pour la production de l'acétaldéhyde, du chlorure de vinyle monomère (PVC), des élastomères et des polyuréthanes. Le mercure est aussi un sous-produit du raffinage ou de production de matières premières, dont le pétrole, le raffinage du gaz et la production de métaux non ferreux (plomb, zinc, cuivre, or ; voir le rapport sur le bilan national du mercure en 2022).

Il faut souligner que la Tunisie a banni l'importation des thermomètres à mercure et leur usage à la mesure de la température interne chez l'homme (Circulaire 36-2018 du Ministre de la Santé. Deux autres circulaires ont aussi été émises en début 2024, l'une imposant l'installation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires privés et publics (Circulaire N°1- 2023) et l'autre interdisant l'application des amalgames à mercure aux femmes enceintes et allaitantes, et aux enfants moins de 15 ans (Circulaire n° 2 du 4 janvier 2023).

La ratification de la CM oblige la Tunisie à se conformer avec plusieurs obligations de cette convention. Par exemple, l'extraction du mercure vierge et l'utilisation du mercure pour l'orpaillage devront être interdites par la loi. Pour les nouvelles installations industrielles après ratification, les procédés utilisant le mercure ajouté, ou le mercure comme catalyseur de synthèse organique (PVC, élastomères) ne devront plus être permis. Notons aussi que la Tunisie est Partie à la convention de Bâle et la Convention de Bamako sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux et de leur élimination, qui traitent indirectement du mercure et dont certaines réglementations ont été intégrées dans la Convention de Minamata.

Dans la situation actuelle, les installations industrielles existantes en Tunisie sont soumises à diverses mesures de contrôle de la pollution (étude d'impact environnemental et social, étude de dangers, étude dépollution) qui sont d'ailleurs similaires à celles visées par la CM. De même la tendance globale dans le pays concernant les pratiques réglementaires dans le secteur industriel, est d'utiliser les MTD/MPE pour les anciennes (programmes de mise à niveau nationaux) comme pour les nouvelles installations industrielles de ce type. Il est donc raisonnable de penser que toutes ces mesures prises pour la lutte contre la pollution industrielle facilitent le processus de ratification de la CM et l'alignement de la réglementation en Tunisie avec les dispositions de cette convention.

Objectif 3 : La ratification renforce l'engagement de la Tunisie en tant que partenaire mondial responsable

La Convention est aujourd'hui signée par 128 pays et organisations régionales, et ratifiée par 148 Parties. La Tunisie n'étant pas encore partie à la Convention, la ratification de la CM lui permettra de maintenir son avantage classique et de renforcer sa position en tant que partenaire mondial responsable dans les échanges diplomatiques, de coopération techniques, dans le domaine commercial, etc., avec la majorité de ses partenaires qui ont pour la plupart, déjà ratifié cette convention. La ratification permet aussi l'engagement quant au choix d'orientations de la Convention, notamment les futures décisions de contrôles mondiaux du mercure, et de contribuer à la conception des documents d'orientation fondamentaux qui peuvent faire l'objet de négociation et d'adoption par la Conférence des Parties.

La ratification permet aussi à la Tunisie de contribuer aux accords environnementaux multilatéraux, pour encourager les meilleures pratiques en matière de protection de l'environnement, partager la compréhension des enjeux et réduire les impacts de la pollution transfrontalière qui peuvent avoir de lourdes conséquences sur les exigences commerciales inter-pays. Aussi, l'engagement efficace avec la CM ratifiée permettra d'optimiser les résultats environnementaux, socio-économiques, de mobilisation de fonds financiers pour la dépollution mercurielle, et donc de soutenir la réputation du pays en partenaire mondial actif et responsable. Ceci permet aussi de tenir la Tunisie informée des développements scientifiques et des nouvelles problématiques émergentes dans le domaine de la gestion des déchets dangereux et de la préservation de l'environnement et de la santé, mais aussi dans la formation de cadres techniques et de l'expertise, ce qui favorise les échanges de connaissances et d'expériences pratiques permettant de résoudre les problèmes environnementaux difficiles qui peuvent affecter les communautés à l'avenir.

Objectif 4 : La ratification doit fournir un avantage net pour le pays

L'Organisation Mondiale de la Santé considère que le mercure est sujet de préoccupation pour la santé publique, voyant les maladies et les risques attribués à l'exposition à ce produit naturel dangereux couramment utilisé par l'homme. Il en résulte un lourd fardeau pour la communauté nationale et mondiale, avec des problèmes et des activités de remédiation très coûteux. Ainsi, les coûts environnementaux mondiaux de la pollution au mercure en 2008, sont estimés à 22 milliards USD (PNUE 2013).

La ratification de la Convention de Minamata permettra d'aligner la gestion nationale du cycle biogéochimique du mercure sur les meilleures pratiques et normes internationales, offrir l'occasion d'une mise à niveau des entreprises et de l'industrie et l'adoption de techniques de production amies de l'environnement, ce qui renforce leurs gains tout en profitant des perspectives mondiales en matière d'innovation.

3 MERCURE DANS L'ENVIRONNEMENT EN TUNISIE

il est nécessaire de passer en revue les données sur l'historique des teneurs du mercure dans l'air ambiant, ses mines et son exploitation minière et la production de mercure vierge

surtout dans les deux districts de l'Oued Maaden et Jebel El Arja-Sidi Khalifa (1936 à 1974), ses teneurs dans les roches et dans les eaux continentales, sédiments marins et biote. Les données recueillies faciliteront ensuite l'examen des rejets de cet élément dans l'environnement à partir des différentes catégories sources dans le Monde et surtout en Tunisie, et l'évolution du degré de contamination par le mercure notamment dans les produits de consommation.

L'évaluation de l'ordre de grandeur des teneurs en mercure dans l'eau, l'air et le sol et dans les produits de consommation alimentaire, est aussi capitale pour la définition et le choix des teneurs limites autorisées lorsqu'il s'agit d'établir des normes réglementaires ou des réglementations. C'est aussi l'un des principaux objectifs de ce rapport.

Notons aussi que la Tunisie a disposé (1963-1998) d'une unité Chlor-Alkali à la SNCPA (Kasserine) utilisant le mercure, qui s'est soldée par la formation d'un point chaud local qui avait fait jusqu'ici l'objet de nombreuses études et de travaux visant la dépollution de ce site.

3.1 Fond géochimique et excédents naturels et anthropiques du mercure

La compréhension des valeurs limites des teneurs en mercure tolérables lorsqu'il s'agit d'établir des normes réglementaires, nécessite un retour aux teneurs naturelles de cet élément et leur ordre de grandeur dans l'eau, l'air et le sol, dans la situation normale (sans la présence de l'Homme). A cet égard, la question la plus pertinente qui se pose c'est : quels sont les ordres de grandeurs "naturels" des teneurs de cet élément dans l'air, l'eau, le sol et les organismes, et quelle serait la concentration maximale acceptable (valeur toxicologique de référence VTR) en cet élément selon le milieu (eau, air, sol) pour une durée déterminée, qui serait sans impacts sur l'environnement, sur la santé et sur la biodiversité ?

3.1.1 Teneurs du mercure dans les eaux

3.1.1.1 Hg dans l'eau marine

Il importe de souligner que le mercure est de source endogène. Il est par excellence un mal-aimé naturel de l'atmosphère, des sédiments, de l'hydrosphère et de la biosphère où ses teneurs doivent être de l'ordre de la partie par billion (ng/g : 10^{-9} g/g de matière).

Cependant, depuis l'avènement de l'ère industrielle, des études récentes ont montré que les teneurs de mercure dans les eaux marines des plateformes côtières, et surtout dans les eaux marines de surface, n'ont pas cessé d'augmenter. Ces études ont montré que les teneurs moyennes du mercure dans ces milieux peuvent se multiplier par 10, par 100, voire même par milliers dans des environnements contaminés au mercure par rapport au fond géochimique naturel. Cette contamination est liée aux émissions atmosphériques de cet élément, son voyage sur de longues distances (même d'un pays à l'autre) et ses rejets dans des eaux industrielles, domestiques usées ou dans des déchets solides. C'est le cas des eaux de la baie de Minamata à pollution mercurielle avérée (Gworek et al. 2016).

Tableau 1. Teneurs en mercure total (ng/L) dans les eaux océaniques, dans des mers régionales et dans des zones côtières.

Site/Région	Hg total
-------------	----------

Baie de Minamata (Japon)	1600 - 3 600
Océan Atlantique	400 – 1 600
Océan Atlantique N-E	2,7
Mer Rouge	700 - 2000
Mer Baltique	0,6
Mer du Nord	0,5 - 200
Mer Méditerranée	3
Mer Jaune (mer de Chine)	1,34 – 5,5

Ce tableau indique que les eaux de la Baie de Minamata, celles de l'Atlantique, celles de la Mer Rouge (saumures hydrothermales minéralisées connues des fosses Atlantis I et II), et celles des zones côtières méditerranéennes ont les concentrations les plus élevées.

3.1.1.2 Hg dans les eaux de rivières et de consommation (NT 09.14)

Les concentrations en Hg dans les eaux de ruissellement sont toujours faibles, de l'ordre de la partie par billion (ppb $\approx$ 1 μ g/L). Les lignes directrices de l'OMS (2022) sur la qualité de l'eau potable, sont la référence mondiale en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable. D'après cette organisation, la teneur couramment trouvée dans les eaux de ruissellement est < 5 μ g/L, et la ligne directrice fixée pour le mercure inorganique dans les eaux de boissons est de 0,006 mg/L, soit 6 μ g/L. Les normes publiées par l'OMS en 1993, et par l'UE en 1998, ont été de 0,001 mg/L (soit 1 μ g/L $\approx$ 1 ppb) de mercure total dans les deux cas, ce qui rend compte de valeurs trop restrictives, puisqu'elles sont 5 à 6 fois plus faibles que la teneur moyenne 'normale' des eaux de ruissellement.

Tableau 2. Teneur moyenne en mercure dans les eaux de ruissellement et teneurs limites recommandées (OMS) ou autorisées (UE, Tunisie) dans les eaux potables.

	Teneur maximale de Hg des eaux de ruissellement (μ g/L)	Teneur limite maximale recommandée ou autorisée eau potable (μ g/L)
OMS 2023	5	6
UE 2023		6
NT 09.14 Tunisie		1

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	0,7	μ g/L
Mercure	1,0	μ g/L
Nickel	70	μ g/L

Figure 1. Extrait de la norme NT 09.14 dans son Tableau 1B indiquant la concentration limite tolérée de 1 μ g/L pour le mercure.

Notons qu'en Tunisie, la norme NT 09.14 relative à l'eau potable fixe la teneur limite autorisée du mercure dans l'eau potable à [1 μ g/L]. Cette norme apparaît trop restrictive puisqu'elle demeure six fois inférieure à la valeur guide OMS/UE (2023). Le texte de cette norme NT 09.14 doit donc être révisé en vue d'un alignement adéquat sur la nouvelle valeur recommandée par l'OMS pour le mercure dans les eaux de boisson humaine.

3.1.1.3 Eaux de ruissellement dans le bassin de la Haute vallée de Méjerda

Les variations saisonnières des teneurs en mercure dans les eaux de certains affluents de l'oued Mellègue (Tableau suivant ; Mlayah et al. 2009), montrent que les concentrations en

mercure dans les eaux de cet oued sont parmi les plus élevées en été (1,4 à 1,8 µg/L, moyenne 1,6 µg/L) dépassant ainsi la norme limite de consommation NT 09-14, soit 1 µg/L.

Tableau 3. Moyenne et variations saisonnières des concentrations des éléments majeurs et en traces dans les eaux de l'oued Mellègue et ses affluents, (traces en µg/L).

Élément		Oued. Serrath		Oued Mellegue		Oued Rmel		Oued Kohl		Barrage	
		Été	Hiver	Été	Hiver	Été		Été	Hiver	Été	Hiver
Cd	Moyenne	0,13	0,1	0,14	0,08	0,6	nd	0,05	nd	0,3	nd
	Variation	0,05-0,4	0-0,2	0,05-0,14	nd-0,25	0,6	nd	0,05	nd	0,05-1	nd
Cr	Moyenne	2,4	1,13	3,3	nd	12	21	0,5	nd	2,44	1,05
	Variation	0,7-2,5	0,5-2,4	2,3-3,4	nd	12	2,1	0,5	nd	0,5-4,3	0,5-1,8
Cu	Moyenne	4	3	12,7	7,4	2,7	1,9	14,5	5,6	8,9	6,2
	variation	2,3-4,8	2-4	6,9-16,6	5,3-8,7	2,7	1,9	14,5	5,6	6,4-12	3,7-10,4
Fe	Moyenne	1447	57	3333	160	1158	520	1661	125	2037	139
	variation	698-1916	10-175	2923-3708	100-249	1158	520	1661	125	1531-2598	100-285
Hg	Moyenne	0,2	nd	1,6	nd	0,4	0,3	1,4	nd	0,25	nd
	Variation	0,1-0,4	nd	1,4-1,8	nd	0,4	0,3	1,4	nd	0,1-0,9	nd
Pb	Moyenne	0,4	nd	1,4	0,5	13,6	4	39	3	17	8
	variation	0,2-0,5	nd	1,2-1,7	0,2-0,7	13,6	4	39	3	12-22,4	5-12
Zn	Moyenne	36	4,4	9,8	6,8	4,3	3,5	6	2	12,4	7,8
	variation	6,7-72	2,5-8,3	7,1-12,5	5-8,9	4,3	3,5	6	2	6,6-25	6,9-16,4

3.1.1.4 Teneurs en mercure dans les eaux de rejets

L'arrêté conjoint du Ministre des Affaires Locales et de l'Environnement et du Ministre de l'Industrie et des Petites et Moyennes Entreprises du 26 mars 2018, abrogeant la norme NT 106.02 et fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur, fixe les teneurs du mercure dans les eaux de rejets dans les DPM et DPH à 0,005 mg/L (5 µg/L), mais il fixe aussi une teneur limite de 0,01 mg/L (10 µg/L) pour les eaux de rejets dans les canalisations publiques.

Il s'avère ainsi que la teneur limite du mercure dans les eaux de rejets dans le milieu récepteur (rejets dans DPM et DPH notamment) est très restrictive puisqu'elle est de l'ordre de grandeur des teneurs en mercure dans les eaux de ruissellement (voir tableau précédent). Elle est même inférieure à la teneur limite tolérée par les directives OMS/UE (2023) pour les eaux de boisson. Cette teneur réglementaire doit donc être révisée.

La teneur limite des eaux de rejets dans les canalisations publiques apparaît aussi trop faible, puisqu'elle ne dépasse les directives de l'OMS/UE pour la teneur en mercure dans les eaux de boisson, que de 4 µg/L, ce qui est très faible et difficilement admissible.

Un problème technique réel se pose devant la détermination des teneurs en métaux, surtout le mercure, dans les eaux usées traitées rejetées en mer. Les analyses étant le plus souvent effectuées par Absorption Atomique ou par AES-ICP. Or pour ces deux techniques, l'analyse s'effectue sur les eaux usées traitées après leur filtration. Dans ces conditions, rien n'indique que le mercure dans ces eaux est totalement soluble et libre dans l'eau pour passer dans le filtrat et pour être ensuite analysé sur l'appareil. Il y a fort à parier que le mercure est plutôt adsorbé sur les colloïdes (minéraux et organiques) en suspension dans ces eaux. Dès lors il serait resté dans le colloïde sur le filtre sans être analysé. L'idéal serait d'analyser l'eau usée traitée brute pour s'assurer de la teneur réelle y existant de mercure.

3.1.1.5 Norme Tunisienne de réutilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture : NT 106.03 (1989)

La valeur limite maximale fixée pour le mercure par cette norme peut être discutée brièvement, après avoir discuté en détail la norme NT 09.14 pour l'eau de boisson humaine, et l'arrêté du 26 mars 2018 relatifs aux rejets d'eaux usées dans le DPM, le DPH et les canalisations publiques.

La teneur limite maximale fixée pour le mercure dans eaux usées à réutiliser en agriculture est de 0,001 mg/L (voir tableau ci-dessous). Il s'agit bien si l'on convertit, d'une quantité maximale de 1 µg/L de mercure donnée par la norme NT 106.03 à cette teneur limite tolérée du mercure. C'est aussi ce que renseigne la norme NT 09.14 pour la limite maximale tolérée du mercure dans l'eau de boisson humaine en Tunisie (1 µg/L : voir plus haut). La norme NT 106.03 a fait l'objet d'une publication par le Deutsches Institut für Entwicklungspolitik : La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, par Susanne Neubert et Sihem Benabdallah, Etudes et rapport d'expertises 11/2003 (coopération CITET-Institut de Coopération IAD Bonn), Page 15, Bonn 2003, 96p. Ce rapport a été republié par Susanne Neubert et Sihem Benabdallah en 2003 et confirmé en date du 23 mars 2018.

Tableau 4. Teneurs maximales tolérées du mercure dans les eaux de boisson humaine, dans les eaux usées utilisées en agriculture et dans les eaux de rejets, et valeurs correspondantes proposées dans cette étude.

Norme/arrêté/eau de ruissellement	Teneur maximale Hg			Teneur maximale suggérée dans cette étude
Eau de ruissellement	5 µg/L (littérature, Europe)			4-5 µg/L
NT 09 14	1 µg/L			6 µg/L
Arrêté du 26 mars 2018 (eaux de rejets)	DPM 5 µg/L	DPH 5 µg/L	CP 10 µg/L	25 µg/L
NT 106.03 (eaux usées pour l'agriculture)	0,001 mg/L = 1 µg/L			30 µg/L

Tableau 10 : Norme NT 106.03			
Paramètres	Unité	Concentration maximale	FAO
pH		Entre 6,5 et 8,5	
Conductivité	us/cm	7000	
DCO	mg O ₂ /l	90	
DBO ₅	mg O ₂ /l	30	30
MES	mg/l	30	30
Chlorures	mg/l	2000	
Fluorures	mg/l	3	1
Organochlorés	mg/l	0,001	
Arsenic	mg/l	0,1	0,1
Bore	mg/l	3	3
Cadmium	mg/l	0,01	0,01
Cobalt	mg/l	0,1	0,05
Chrome	mg/l	0,1	0,1
Cuivre	mg/l	0,5	0,2
Fer	mg/l	5	5
Manganèse	mg/l	0,5	0,2
Mercure	mg/l	0,001	
Nickel	mg/l	0,2	0,2
Plomb	mg/l	1	5
Sélénium	mg/l	0,05	0,02
Zinc	mg/l	5	2
Oeufs de nématodes intestinaux		< 1/1000ml	
Source : INNORPI (1989b)			

Figure 2. Teneur limite tolérée pour le mercure dans les eaux usées traitées réutilisées en agriculture. Extrait du rapport cité du Deutsches Institut für Entwicklungspolitik : La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie, par Suzanne Neubert et Sihem Benabdallah, Etudes et rapport d'expertises 11/2003, Page 15, Bonn 2003, 96p

La norme NT 106.03 est le fruit du décret 89-1047 tel que modifié par le décret 93-2447 fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricole. Toutes les études de l'ONAS relatives à la qualité des eaux usées traitées utilisées en agriculture ou rejetés en mer (EIES) reconduisent cette même valeur de 0,001 mg/L dans de nombreux (cf. ONAS/MEDD : Etude d'Impact Environnemental et Social du Système d'Evacuation des Eaux Epurées de la Station d'Épuration Choutrana vers la Mer (par GEREP Environnement, Annexe 1b),

Le rapport Adapt'Action : Elaboration du Plan Directeur National de Réutilisation des Eaux Usées Traitées en Tunisie « WATER REUSE 2050 ». Phase 1 Diagnostic de la filière et élaboration des orientations de base (Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques

et de la Pêche/AFD, discute et compare les teneurs limite tolérées pour le mercure et pour d'autres composant, de la norme abrogée NT 106.02 et les teneurs limites fixées pour le mercure et autres métaux dans l'arrêté précédent du 26 mars 2018 relatifs aux rejets des eaux usées dans le DPM, le DPH et les canalisations publiques. Mais il ne compare pas les teneurs limites tolérées par la NT 106.03 en vigueur et celles de cet arrêté, pour le mercure et pour d'autres métaux. Il annonce seulement que la norme NT 106.03 est en cours de révision.

La révision de la norme NT 106.03 et d'autres textes réglementaires normatifs pour tous les contaminants métalliques doit faire le travail de spécialistes chimistes, géochimistes, toxicologues (médecins, biochimistes et vétérinaires) et doit reposer sur des études spécialisées et des rapports d'appréciation de la spéciation chimique des éléments et composées et l'ordre de grandeur de leurs teneurs, leurs DJT et VTR, et de même sur les techniques analytiques les concernant et leurs capacités de précision expérimentée et bien définie actuelle.

Les raisons du choix des teneurs proposées ici pour la valeur suggérée pour la teneur maximale en mercure dans les eaux usées traitées destinées à l'agriculture (NT 106.03), mais aussi dans les eaux de boisson humaine (NT 09.14) seront discutées plus en détail dans le chapitre sur les conséquences réglementaires en fin de ce rapport.

3.1.2 Teneurs en mercure dans l'air ambiant

Les dépôts atmosphériques de mercure restituées à partir de carottes prélevées dans la masse du glacier de Fremont au Wyoming (USA), ont permis d'enregistrer les pics de quantités excessives de Hg dans l'atmosphère terrestre au cours des 270 dernières années, qui sont d'origine volcanique et anthropique (Schuster et al., 2002).

Ces auteurs rapportent que la teneur moyenne naturelle du mercure dans l'atmosphère devrait être de l'ordre de quatre 4 ng/L. Nous constatons aussi que l'avènement de la Convention de Minamata en 2017, suit un pic estimé pour 2016 d'environ 27,7 ng/L Hg dans l'atmosphère déterminé dans ce rapport, correspondant à une production annuelle de mercure de l'ordre de 4500 tonnes mondiales, soit une valeur sept fois supérieure au fond géochimique naturel de Hg dans l'air proposé par ces auteurs.

Les auteurs précédents rapportent que les concentrations globales de mercure dans l'atmosphère ont été multipliées par 3 à 5 depuis le milieu du 19^{ème} siècle, à cause de l'activité anthropique (ruée vers l'or (1850-1884), production militaire des deux guerres mondiales (WWI et WWII), flambée industrielle après cette guerre, avec un pic aux alentours de 1980, etc.). Une multiplication par 3 à 7 correspond aussi à des pics d'activité accidentelle de volcans (Tombora, 1815 ; Krakatau (volcan de la Peur en Indonésie), 1883 ; Mont Sainte Hélène ; 1980). Ces auteurs en déduisent qu'en plus des risques naturels (explosions volcaniques), l'activité humaine a largement changé et de manière continue, la concentration de mercure dans l'air et surtout dans l'eau de mer, notamment à partir de 1900.

Malgré de nombreuses recherches nous n'avons pas pu trouver de données de mercure mesurées dans l'air ambiant en Tunisie. Les seules valeurs indicatives ont été mesurées par

AMEC (2005) sur le site de l'unité d'électrolyse à mercure abandonnée de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa. Ces valeurs sont les suivantes :

Tableau 5. Teneurs du mercure mesurées dans l'air par AMEC (2005) sur le site de l'unité d'électrolyse à mercure de la SNCPA à Kasserine.

N° Ech.	Localisation	Durée en minutes	Volume (L)	Résultats Labo. (µg)	Concentration ng/L
18	Près du forage 5	150	51	0,008	0,16
23	Près du forage 5	150	51	0,015	0,25
38	Près du forage 6	180	61,2	0,008	0,16
48	Aire du poteau à côté du vieux bâtiment d'électrolyse	75	45,5	0,074	1,63

Ces teneurs varient de 0,16 à 1,63 ng/L, soit une valeur du simple à dix fois supérieure. La valeur la plus élevée est mesurée dans l'aire située à côté de l'ancienne unité d'électrolyse à mercure de la SNCPA. La valeur limite de la norme appliquée par AMEC (2005) pour l'occupation au travail, est de 23 µg/m³ (= 0,023 ng/L ; norme ACGH : American Conference of Governmental Hygienists). La valeur mesurée près de l'ancienne unité d'électrolyse est donc très supérieure à la norme utilisée. Les deux forages 5 et 6 sont situés aux alentours de l'unité Chlor-Alkali, et le forage 5 se trouve au Sud de cette unité, dans une allée passant à côté de la nouvelle unité d'électrolyse, à une distance d'environ 80m. Ainsi, les valeurs de ce tableau indiquent que la présence d'un point chaud peut facilement augmenter de 10 fois la teneur en mercure dans l'air.

Notons aussi que la teneur limite autorisée du Hg, émise de source fixe du Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Acte enregistré 346) est de 5 µg/m³. Cette valeur est 10 fois inférieure à la teneur limite tolérée pour l'émission de mercure seul à partir de source fixe en Tunisie selon le décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010, fixant les valeurs limite à la source des polluants de l'air de sources fixes.

3.1.3 Teneurs en mercure dans les sols et les sédiments

En l'absence d'un apport anthropique, la teneur d'un sol en un métal donné (mercure par ex.) traduit généralement et à quelques effets de lessivage près, la teneur moyenne de leur roche mère en cet élément. Il s'en suit que dans les pays où les sols sont installés sur des roches mères cristallines (granite, basalte, ou arénites,...) dans des pays comme le Japon et les pays scandinaves, les teneurs des sols en presque tous les métaux, dépassent de loin la teneur de ces mêmes métaux dans les sols installés sur des roches sédimentaires comme en Tunisie. On ne devra donc pas s'étonner que les teneurs limitées tolérées par les normes de sols au Japon et aux pays scandinaves, soient de loin supérieures à celles qui sont de pratique dans les autres pays, dont la Tunisie.

Il en ressort que les normes de sols sont basées sur l'excédent d'apport anthropique d'un élément donné comme le mercure par rapport au fond géochimique local défini dans le sol, et non la valeur absolue de ladite teneur dans un sol donné. Il en découle que les normes de sols sont généralement définies en dépendance de leur occupation (sols résidentiels, commerciaux, industriels, sédiments marins) qui engendre un apport (un excès de Hg) par rapport au fond géochimique local dans les sols.

Malgré de nombreuses recherches, il s'avère que dans la littérature concernant le pays et même mondiale, il n'existe pas de données sur les teneurs en mercure dans les sols. Aussi, il serait judicieux d'examiner le cas du site de la SNCPA de Kasserine affecté par un point chaud comme exemple, pour se rendre compte de la contamination locale et des normes d'occupation possible des sols dans et aux alentours de ce site, mais aussi le cas des sédiments marins des deux lagunes de Tunis et de Bizerte, et des sédiments des zones côtières du golfe de Tunis et du golfe de Gabes.

Sols dans et aux alentours du site de la SNCPA à Kasserine

Plusieurs études effectuées pour le compte du Ministère de l'Environnement, ont mesuré les teneurs en mercure des sols sur le site de la SNCPA (unité Chlor-Alkali) et à ses alentours. Les teneurs en cet élément sur le site sont très élevées (marge : 1,21 – 59,2 µg/g). Cependant, puisqu'il s'agit d'un site industriel, l'Equipe d'AMEC a comparé ces résultats à la norme CCME pour les teneurs en mercure selon l'occupation du sol (norme CCME ; site industriel à valeur limite autorisée du mercure de 50 µg/g). Dans ces conditions seul l'échantillon de sol n° 13 dépasse la valeur limite en mercure autorisée pour les sols industriels selon cette norme.

Tableau 6. Teneurs en mercure dans les sols sur le site de SNCPA et près de l'unité d'électrolyse à mercure abandonnée.

Sol	Profondeur	Date de collecte	Hg µg/g
Norme CCME			50
Limite de détection			0,01
Soil 1	0-30 cm	09-mai-04	3,64
Soil 3		10-mai-04	16,2
Soil 5		11-mai-04	32,4
Soil 7		12-mai-04	11,4
Soil 11		13-mai-04	9,95
Soil 13		14-mai-04	59,2
Soil 15		15-mai-04	1,98
Soil 17		16-mai-04	2,73
Soil 19		17-mai-04	9,43
Soil 22		18-mai-04	14,4
Soil 23		19-mai-04	9,23
Soil 25		20-mai-04	1,21
Soil 29		21-mai-04	11,2
Soil 32		22-mai-04	5,55
Soil 34		23-mai-04	24,6
Soil 37		24-mai-04	0,632
Soil 39		25-mai-04	8,03
Soil 40		26-mai-04	1,78
Soil 42		27-mai-04	4,53

CCME: Canadian Council of Ministers of the Environment

Les critères environnementaux CCME (teneurs limites tolérées dans le milieu récepteur) sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 7. Teneurs en mercure dans les topo-séquences de sols résidentiels et agricoles situés aux alentours du site de la SNCPA.

Milieu	Critère	Base	Agence et référence
Eau de boisson et eau souterraine	1 µg/L	Protection de la santé humaine	Canadian Council of Ministers of the Environment CCME 2002
Eau d'alimentation de bétail	3 µg/L	Protection de la santé humaine	CCME 2002
Eau de vie aquatique	0,026 µg/L	Protection des espèces aquatiques	CCME 2003
Sol résidentiel ou agricole	7 µg/g	Protection de la santé humaine (enfant récepteur)	CCME 1996
Sol à usage commercial	24 µg/g	Protection de la santé humaine (adulte récepteur)	CCME 1996
Sol industriel	50 µg/g	Protection de la santé humaine (adulte récepteur)	CCME 1996
Sédiment	0,17 µg/g	Protection des espèces d'eau douce en relation avec les lignes guides sur la qualité des sédiments (ISQGs)	CCME 2003
Air ambiant	5 µg/m ³	Concentration à la limite de clôture pour les émissions de source fixe (1/2 heure en moyenne)	Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Acte enregistré 346)
Exposition au travail	25 µg/m ³	Moyenne pondérée sur 8 heures	ACGH

Les sols agricoles (plaine d'él Arish et ferme Agrocombina) situés au Nord de Kasserine ont aussi été analysés. Les teneurs de mercure mesurées dans des profils de sols de 0 à 60 cm de profondeur (AMEC, 2005), sont données dans le tableau suivant. Les teneurs supérieures à la limite de détection varient de 0,01 à 4,36 µg/g. L'échantillon le plus riche en mercure (4,36 µg/g) est situé juste au Nord du terrain de l'ancienne station d'épuration de la SNCPA abandonnée depuis 1972. Selon la norme CCME relative aux sols à usage agricole et résidentiel, toutes les teneurs en mercure dans les topo-séquences de sols analysées sont inférieures à la teneur limite autorisée de 7 µg/g.

Sol	Profondeur	Date	Hg µg/g
CCME Occupation résidentielle et Agricole			7
Limite de détection			0,01
TP 1-1	0-30	19-août-04	4,01
TP 1-2	30-60		0,59
TP 2-1	0-30		3,11
YP 2-2	30-60		0,4
TP 3-1	0-30		0,05
TP 3-2	30-60		0,03
TP 4-1	0-30		0,05
YP 4-2	30-60		<0,01
TP 5-1	0-30		1,94
TP 5-2	30-60		4,36
TP 6-1	0-30		0,89
TP 7-1	0-30		0,19
TP 7-2	30-60		0,05
TP 8-1	0-30		0,26

TP 8-2	30-60		0,05
TP 9-1	0-30		<0,01
TP 9-2	30-60		<0,01
TP 10-1	0-30		0,03
TP 10-2	30-60		0,01
TP 11-1	0-30		0,06
TP 12-1	0-30		0,05
TP 12-2	30-60		0,04
TP 13-1	0-30		0,08
TP 14-1	0-30		0,04
TP 15-1	0-30	20 août 2004	0,03
TP 15-2	30-60		<0,01
TP 16-1	0-30		0,03
TP 16-2	30-60		<0,01
TP 17-1	0-30		<0,01
TP 17-2	30-60		<0,01
TP 18-1	0-30		0,05
TP 18-2	30-60		<0,01
TP 19-1	0-30		0,58
TP 19-2	30-60		0,69

Cet exemple pourrait être une source d'inspiration pour le choix des valeurs limites tolérables des teneurs en mercure dans les sols en Tunisie selon leur occupation. Cependant ce choix irait contre l'esprit et les dispositions de la Convention de Minamata qui penchent vers l'utilisation des MTD et des MPE pour dépolluer les sols, plutôt que de les occuper en fonction de leurs teneurs en mercure contaminant. Ce point est clarifié dans le chapitre sur les conséquences réglementaires en fin de ce rapport.

Mercure dans les sédiments marins de la Lagune de Tunis

Le cas du lac Sud de Tunis, de son état avant réaménagement, et du devenir des matériaux mobilisés ou mis en décharge mérite d'être évoqué. Ben Souissi et al. (1998)¹ ont publié des analyses de vases dans des stations de ce lac avant aménagement. La position des stations et les résultats obtenus pour plusieurs métaux sont rapportés ci-dessous.

¹ Ben Souissi, J. Zaouali, S. Aouij, E. Orlando, M. Mazghouni, M. Rezig, 1998. Teneurs en métaux traces des sédiments de surface du Lac Sud de Tunis avant restauration (IAEA-SM-354/14). Marine pollution Proceedings of a symposium held in Monaco, 5-9 October 1998, IAEA-TECDOC-1094, pp 13-18.

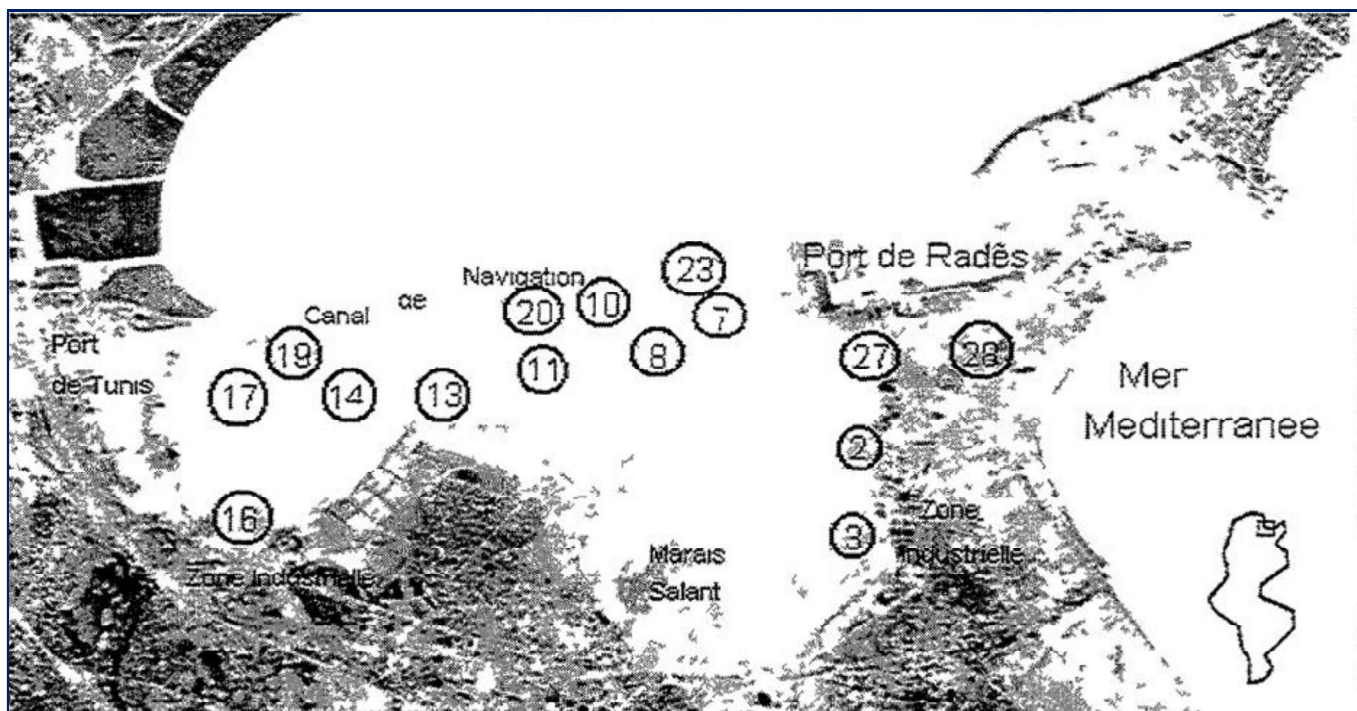


Figure 3. Position des stations échantillonnées et analysées dans le Lac Sud de Tunis, avant aménagement.

La lagune (ou Lac Sud) de Tunis couvrant 1120 ha, faisait partie du Lac de Tunis (5000 ha). Ce lac et la ville de Tunis existent depuis au moins deux siècles avant J.C.

Le Lac de Tunis a été divisé en deux parties Nord et Sud en creusant en 1885 le chenal de navigation de Keireddine reliant le port de la Goulette à celui de Tunis. Le lac Sud communique avec la mer par deux canaux artificiels, le canal de Rades qui le relie directement au golfe de Tunis, et le chenal de navigation à travers trois passes équipées de pêcheries fixes. Avant son aménagement, ce lac Sud avait une bathymétrie qui n'excède pas un mètre. Les échanges avec la mer sont faibles ce qui permet une forte stagnation des eaux. L'eutrophisation extrême domine et se traduit par des blooms alternes de phytoplancton et d'algues chlorophycées macrothalliques. Les crises dystrophiques estivales étaient nombreuses, engendrant des conditions létales et d'apparition d'eaux rouges. Les auteurs cités rapportent également que les zones industrielles situées au Sud et au Sud-Est (Jebel Jeloud, Megrine, Rades) de ce lac sont la principale cause de sa pollution par les métaux, et que leur travail constitue une contribution à l'évaluation de l'état initial (état 0) de pollution des lieux à aménager.

Les dix premiers centimètres de sédiments ont été prélevés par benne, traités, puis l'échantillon total a été analysé par AAS et au four à graphite.

Tableau 8.: Analyse des métaux dans les vases du Lac Sud de Tunis avant aménagement (teneurs en $\mu\text{g/g}$)

Station	Latit. N	Longit. E	Hg total	Cd	Ni	Mn	Fe	Zn	Pb	Cu	Cr
2	36° 47',16	10° 16',09	0,27	0,14	9,6	65	2812	14	4	11	20
3	36° 46',76	10° 16',09	0,72	0,13	7,9	84	3443	21	24	6	38
7	36° 46',16	10° 15',09	0,59	1,92	24	119	18995	227	259	48	133
8	36° 47',66	10° 15',09	0,88	1,18	14,7	82	8557	120	137	21	102
10	36° 48',16	10° 14',59	0,32	0,14	8,2	67	2415	15	10	4	26
11	36° 47',66	10° 14',09	0,84	1,72	15	97	8811	132	145	23	91
13	36° 47',66	10° 13',59	1,36	1,15	10,4	106	5960	91	86	17	71
14	36° 47',66	10° 13',09	1,74	3,43	25,4	139	22525	425	545	76	296

16	36° 47',16	10° 12',59	2,8	13,3	27,1	135	20820	791	888	128	800
17	36° 47',86	10° 12',59	2	1,75	18,3	306	22139	144	124	290	81
19	36° 47',92	10° 12',77	0,48	1,12	15	123	11342	194	213	29	104
20	36° 48',06	10° 14',13	0,37	1,07	11,3	115	10019	158	141	20	63
23	36° 48',23	10° 15',16	0,31	0,14	9,6	93	5877	33	19	9	27
Normes Néerlandaises relatives à la qualité des sédiments de surface (seuil d'alarme)			15	30	200	-	-	2500	1000	400	1000

Tous les échantillons sont riches en métaux (Hg total, Cd, Pb, Cr et Cu notamment). En particulier, les stations 13, 14, 16 et 17) sont riches en mercure. Les auteurs proposent que 1200 établissements classés fortement polluants, soient à l'origine de l'apport de métaux dans ce lac. En effet, les berges du lac abritent essentiellement des industries agro-alimentaires (12%), chimiques (8%) , industries diverses (tanneries et teintureries... soit 32%) , des industries textiles , de l'habillement et du cuir (12%), des industries mécaniques, métalliques et électriques (27%) et des industries de matériaux de construction, céramique et verreries (9%). Les teneurs critiques en métaux sont observées à l'Ouest où les rejets d'eaux industrielles sont nombreux, contenant des métaux lourds, des colorants, des graisses et des huiles minérales.

Les auteurs ne se prononcent pas sur les raisons de comparer les teneurs retrouvées, à la norme Néerlandaise des sédiments dont les seuils d'alerte sont exorbitants pour tous les éléments. Or comme il a été souligné plus haut, ces normes d'un pays à sols d'origine magmatique dominante, ne peuvent pas être appliquées en Tunisie. Les fortes teneurs en mercure dans les sédiments de la lagune de Tunis peut s'expliquer de la manière suivante :

- L'apport d'eaux usées de la ville, puisque le lac de Tunis a servi depuis avant J.C. comme bassin d'épandage d'eaux usées, de ruissellement et déchets "urbains" associés ;
- Le chenal médian a servi depuis 1885 à la navigation et constitue un facteur de pollution constante durant environ deux siècles ;
- Les usines Pennàroya et Asturienne, fonderies de surliures métalliques, qui ont fonctionné du début du siècle jusqu'en 1972 (Asturienne a fermé en 1956) ; auraient pu également participer à cette pollution ;
- Sur la rive droite du Chenal passant par le port de Rades et en face de ce port, existe le champ des tanks de stockage stratégique de fuels du Grand Tunis.

Voyant le fait que les eaux usées industrielles des établissements situés autour du Lac de Tunis ne sont pas encore prises en charge pour le traitement, il y a fort à parier que cette pollution, notamment par le mercure qui nous intéresse, demeure fonctionnelle jusqu'à nos jours.

Mercure dans les sédiments de la lagune de Bizerte

Yoshida et al (2002) ont prélevé, analysé et expliqué la répartition des métaux provenant des apports hydriques dans la lagune de Bizerte à partir de sites contaminés environnants, mais aussi des bassins versants (pollution en partie naturelle) via les oueds. Les auteurs distinguent deux couches de sédiments, l'une supérieure (couche crème) et l'autre inférieure (sédiment ferme ancien).

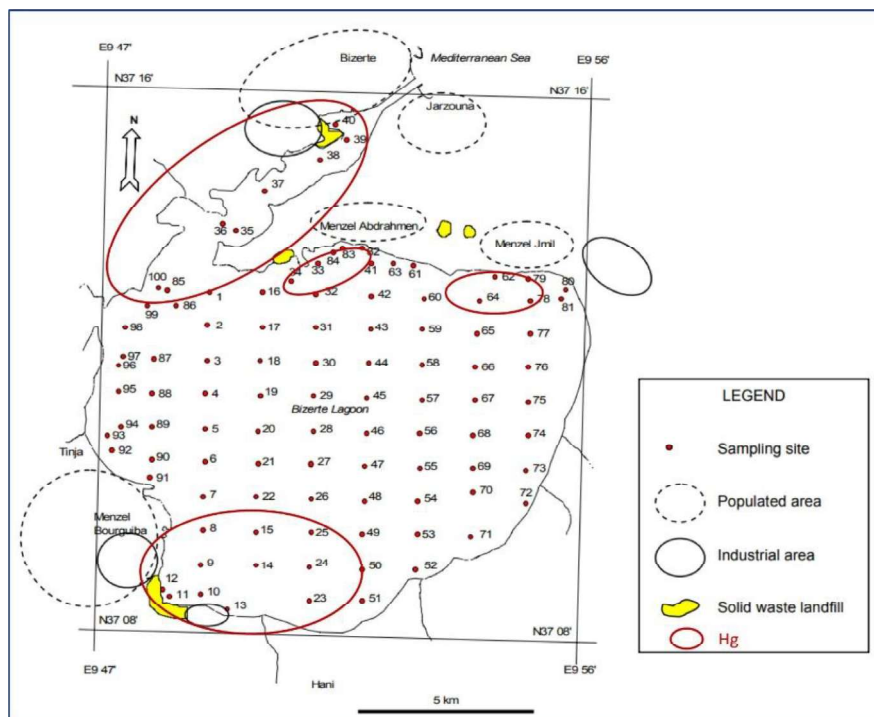
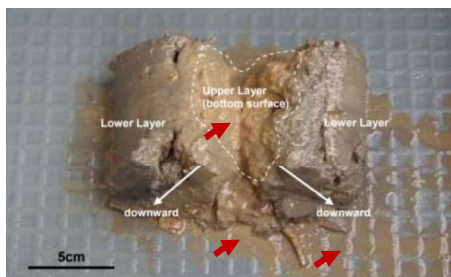


Figure 4. Localisation des échantillons de l'étude de la lagune de Bizerte de Yoshida et al. (2002), et des stations les plus contaminées en mercure dans les sédiments de surface colloïdaux.

Les sédiments de cette lagune apparaissent fortement contaminés par les métaux provenant des rejets d'eaux usées urbaines, des décharges publiques et industrielles, et des industries environnantes, notamment le complexe sidérurgique d'El Fouledh. Un large spectre de métaux (majeurs et en traces) analysés dans les dépôts de fond sont très révélateurs.



Couche crème formée sur du sédiment ferme dans la Lagune de Bizerte ; Yoshida et al, 2002.



Eau rouges et début de formation de couche crème par les rejets d'El Fouledh. Cliché S. Tlig



Formation de couche crème sur la côte de la lagune de Bizerte à partir des rejets d'El Fouledh. Cliché S. Tlig

Figure 5. Formation de couche crème dans la Lagune de Bizerte, à partir des rejets ferrifères et carbonatés d'El Fouledh.

Les auteurs distinguent deux couches dans les carottes de sédiments prélevés dans les différents sites. La couche supérieure (interface eau-sédiments) est formée en surface par un dépôt de couleur crème (couche crème). Celle-ci repose en profondeur sur une couche inférieure évoluant progressivement en un sédiment ferme. Le fait le plus remarquable est la composition chimique de la couche crème en éléments majeurs qui indique des composés de colloïdes électriquement chargés (état de la matière intermédiaire entre le solide et le liquide), très riches en Ca, Na, Al, Fe et probablement en silice, qui fixent les métaux toxiques dont le mercure. De plus, les stations qui sont les plus contaminées par le mercure (marge de teneurs : 0,015 à 0,5 ppm Hg) sont les stations 8 à 13, 15 et 16 situées aux environs de l'usine d'El Fouledh, les stations situées dans le canal de Bizerte, et celles situées en face des anciennes décharges de Menzel Abderrahmane et Menzel Jemil. Il n'est pas exclu que l'industrie du fer ait traité de par le passé, des minéralisations de fer riches en Hg.

La couche crème de surface des sédiments et les métaux y existant peuvent être assimilés par les organismes limivores ou par les plantes aquatiques, pour rejoindre la chaîne trophique, d'où leur bioaccumulation et leur bioamplification dans les organismes marin. C'est le cas du mercure.

Mercure dans les sédiments du cours de l'oued Méliane

L'oued Méliane constitue en continuité avec l'oued El Kébir en amont, le second cours d'eau pérenne de la Tunisie après la Méjerda. Son écoulement est régulé par le barrage de Bir Mcherga. Une étude de reconnaissance de la qualité des sédiments le long de l'oued Méliane a été entreprise en réponse aux préoccupations concernant les impacts environnementaux et l'étendue de la pollution par les éléments chimiques potentiellement toxiques provenant des activités anthropiques (agriculture, industrie, urbanisation et effluents). En particulier, les impacts des déchets solides déposés illicitement dans le bassin fluvial et les déversements d'eaux usées industrielles / municipales traitées, ont été examinés.

L'oued a été suivi sur près de 60 km, de la station de Sminja à 5 km à l'Ouest de Zaghouan, jusqu'à son embouchure. La majeure partie du bassin fluvial est encaissée dans les sédiments tertiaires à quaternaires principalement composés de sable, de limons et d'argiles. L'intervalle amont de Sminja à El Khlidya se trouve dans une zone agricole, tandis que l'aval traverse une zone urbanisée où divers types de déchets solides sont éliminés dans le bassin hydrographique, et où les eaux usées industrielles et les eaux usées municipales traitées s'écoulent dans la rivière dans le gouvernorat de Ben Arous. L'étang de Radès sert de bassin de lagunage.

Douze échantillons de sédiments fluviaux ont été prélevés et analysés², dont la localisation est portée dans la figure suivante.

² Yoshida M., H. Kallali, A. Ghrabi, 2002. *Environmental Impacts of Human Activities Monitored by PTEs Contamination of Stream Sediments along the Wad Malyan River. In Solid Waste Landfill and Soil/Sediment Contamination: Case Studies in Tunisia*, p.89-99, 2002, INRST-JICA

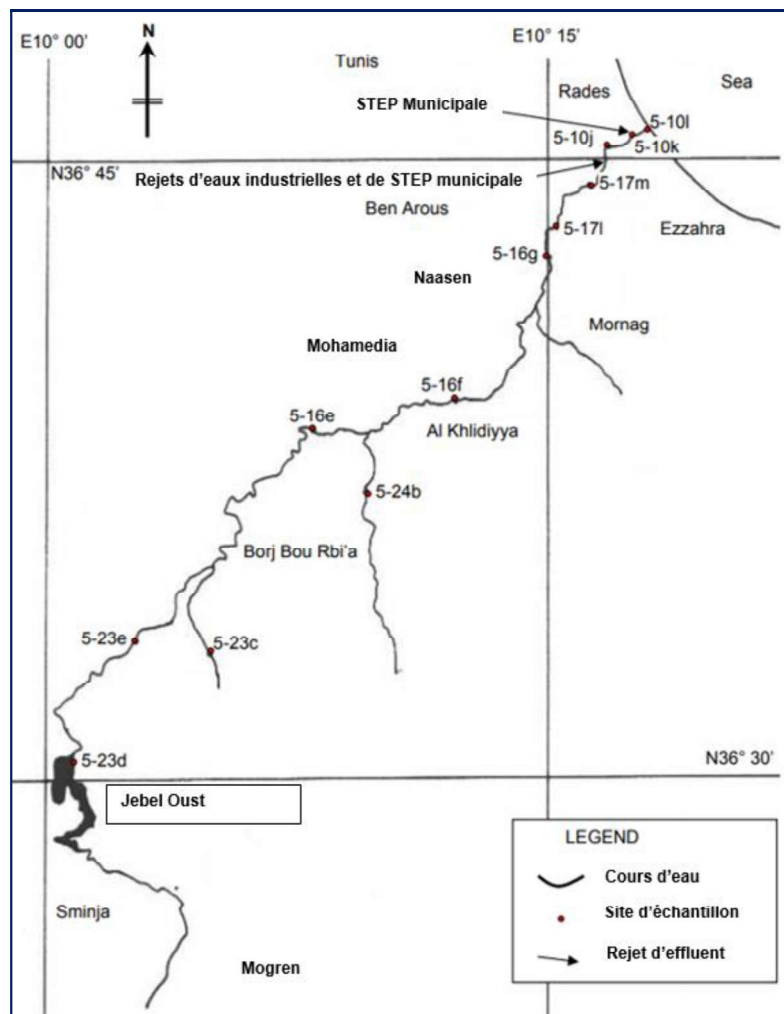


Figure 6. Situation des zones urbaines et des sites de stations échantillonnée

Tableau 9. Localisation et description des échantillons

Site	Latitude N	Longitude E	Description
5-23c	36 33,02'	10 04,84'	Jebel Oust
5-23d	36 30,60'	10 00,62'	Barrage Jebel Oust
5-23e	36 33,56'	10 02,46'	Jebe Oust - Ville
5-16e	36 38,42'	10 07,82'	Sud Mohamedia, décharge anarchique (illicite)
5-24b	36 37,39'	10 10,60'	Borj Bou Rbiaa
5-16f	36 39,14'	10 11,96'	Khelidia, décharge anarchique
5-16g	36 42,61'	10 14,95'	Naasen, décharge anarchique
5-17l	36 43,43'	10 15,18'	Ben Arous Est, décharge anarchique
5-17m	36 44,30'	10 16,35'	Route de Mornag, décharge anarchique
5-10j	36 45,32'	10 16,82'	Ezzahra, aval du débouché d'eaux industrielles traitées
5-10k	36 35,53'	10 17,48'	Rades, sortie d'eaux usées traitées municipales
5-10l	36 45,81'	10 17,90'	Rades estuaire

L'analyse a été faite par ICP-AES et ICP-MES. Trente-sept (37) éléments ont été mesurés pour une grande série d'éléments, dont en particulier le mercure. Les résultats donnés pour cet élément, mais aussi pour le plomb et le zinc à titre de comparaison, sont les suivants.

Tableau 10. Teneurs en ppm ($\mu\text{g/g}$) en Hg mais aussi en Pb et Zn données pour comparaison, déterminées dans les sédiments du cours de l'oued Méliane.

Elément	5-23c	5-23d	5-23e	5-16e	5-24b	5-16f	5-16g	5-17l	5-17m	5-10j	5-10k	5-10l
Hg	0,027	0,028	0,745	0,649	0,127	0,062	0,050	0,053	0,064	0,159	0,035	0,226

Zn	98,1	65,7	90,4	245,4	72,6	60,1	113,2	76,7	85,6	164,2	61,8	242,5
Pb	18,4	15,51	25,1	237,5	44,66	14,67	53,63	49,28	39,42	57,1	15,8	77,39

On constate que les teneurs des trois éléments ont tendance à augmenter à partir du site 5-10j sur le cours et dans les sites en aval, où se situent les zones peuplées et industrielles et les rejets d'eaux usées industrielles et municipales contaminées. Les eaux usées industrielles peuvent constituer la source principale de la contamination par Hg, mais aussi par Pb et Zn.

Le flux de mercure est maximum aux sites 5-23e et 5-16e dans la zone agricole du cours supérieur. Ce flux en amont est peut-être dû à un effet de produits chimiques agricoles, des déchets illicites éliminés, mais il peut être aussi d'origine naturelle (sols minéralisés et altération).

Mercure dans la zone côtière du golfe de Tunis

La contamination de la Lagune de Bizerte et des grands oueds confluant dans l'oued Méjerda, par le mercure, mais aussi d'autres oueds comme Méliane, en plus des rejets d'eaux usées en mer peuvent être cause des sédiments côtiers du golfe de Tunis en mercure.

Une étude récente d'Ennouri et al (2015) a été conduite sur des sédiments prélevés par benne à une profondeur de 1,7 à 20 m dans la zone côtière du golfe de Tunis depuis la péninsule du Cap Bon jusqu'aux environs de Bizerte à l'Ouest. Ces sédiments ont été analysés pour le mercure par spectrophotométrie à vapeur froide qui est une technique assez fiable pour ce type d'analyse. Les résultats obtenus sont comme suit.

- En termes de variation des teneurs en Hg, les sédiments des marges du golfe de Tunis varient de 0,03 à 2,52 mg/Kg. La borne inférieure de cet intervalle, de l'ordre de 30 µg/Kg peut correspondre à un échantillon naturel indemne de pollution. Par contre la borne supérieure, de 2520 µg/Kg, c'est-à-dire une quantité de mercure par unité (Kg) qui est 80 fois supérieure, ne peut s'expliquer que par une contamination au mercure.
- En termes de qualité des sédiments, la comparaison à d'autres exemples provenant de la NOAA et d'autres sites de par le Monde, est significative comme le montre le tableau suivant.

Tableau 11. Concentrations en mercure dans les sédiments du golfe de Tunis comparés à la référence NOAA et à d'autres exemples de sédiments de golfes de par le Monde.

Localités	Hg (mg/Kg) ou ppm
Sediment quality guidelines for metals (NOAA)	0,15
Golfe de Tunis (Ennouri et al. 2015)	0,03 -2,52
Golfe de Gabes (Sud de la Tunisie)	0,11-2,1
Golfe de Candarli (Turqui)	0,23-1,4
Golfe de Palerme (Sicile)	0,1-2,7
Côte d'Aliaga (Trquie)	0,32-7,02

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration: USA)

Les lignes guide pour la qualité chimique des sédiments (NOAA) indique la concentration "normale" moyenne d'un sédiment marin sans apport anthropique de mercure. Au-dessus d'une limite de 0,15 mg/Kg de mercure dans un sédiment, il existe de fortes chances pour que ce mercure soit de source anthropique ; or les sédiments du golfe de Tunis peuvent largement dépasser cette valeur de référence du mercure. Il existe aussi dans les sédiments une étroite relation entre les teneurs en mercure et la quantité de C.O.T en pourcent (carbone organique total), ce qui peut signifier que le mercure de source anthropique est lié aux colloïdes plutôt qu'à la fraction minérale du sédiment.

- La répartition des teneurs en mercure, cartographiée à l'échelle de la zone côtière du golfe de Tunis est encore plus parlante.

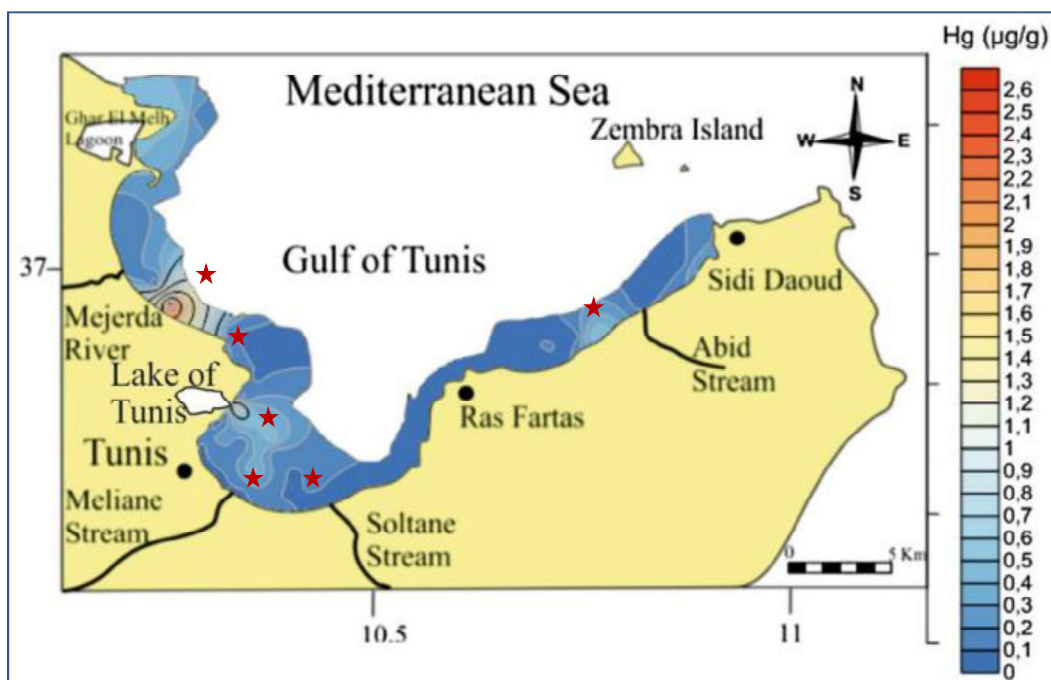


Figure 7. Répartition des teneurs en mercure dans les sédiments des côtes du golfe de Tunis. L'étoile rouge indique les zones d'enrichissements (d'après Ennouri et al., 2015).

Les zones riches en mercure sont situées ;

- Juste en face de l'embouchure de la Méjerda qui a migré du Nord de Tunis (Sidi Thabet) jusqu'à son emplacement actuel durant le quaternaire récent.
- En face du Canal de Kheireddine et de la Lagune de Tunis ; il faut noter que la dynamique des eaux de cette lagune est contrôlée par la marée motrice, avec deux clapets "entrée-sortie" ; la drée de séjour de l'eau de mer dans la lagune est d'environ 21 jours ;
- Dans l'embouchure de l'oued Méliane, mais aussi dans les embouchures des oueds situés plus à l'Est.

Cet enrichissement peut s'expliquer par la richesse des eaux de la Méjerda par drainage de mines et de territoires minéralisés riches en cinabre (HgS), situés dans la haute vallée de cet oued. Mais les fortes teneurs en face du Lac de Tunis, au Nord de la sebkha Ariana (au Nord de ce lac), dans l'embouchure de l'oued Méliane et celles des autres oueds situés plus à l'Est,

ne peuvent s'expliquer que par un apport anthropique du mercure dans la situation actuelle (eaux usées, eaux industrielles, déchets illicites, rejet d'hydrocarbure, etc.).

Mercure dans les sédiments du golfe de Gabès

Une étude consacrée à la détermination des teneurs en métaux en traces (Pb, Cd, Hg) dans les sédiments marins côtiers du golfe de Gabès (Chouba et Mzoughi-Aguir, 2006), donne des teneurs variant de 0,11 à 2,1 mg/Kg de mercure déterminé par absorption atomique à vapeur froide, technique analytique adéquate pour la détermination du mercure. La valeur supérieure de 2,1 mg/Kg (2,1 µg/g) est suffisamment élevée pour indiquer une contamination locale par Hg.

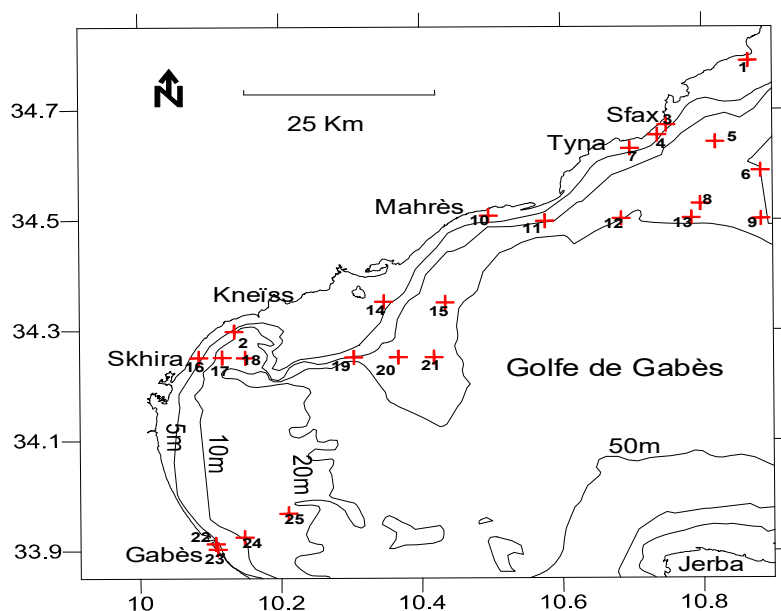


Figure 8. Carte de localisation des échantillons de sédiments marins analysés pour Hg, Cd et Pb par Chouba et Mzoughi-Aguir (2006).

Un grand nombre d'échantillons parmi la série analysée montre des teneurs situées entre 0,5 et 1 ppm, ce qui est trop élevé pour un sédiment marin naturel. Ces auteurs mettent ces fortes teneurs du mercure et celles de Cd et Pb associés sur le compte de rejets de phosphogypse de l'industrie phosphatière située sur la côte à Ghannouche Gabès, à La Skhira et au Sud de Sfax. L'échantillon dont la teneur en Hg (2,1 ppm) est la plus élevée est situé au Nord-Est de Gabès sur la côte (St 22 ; Chouba et Mzoughi-Aguir, 2006), près des installations industrielles de Ghannouche-Gabès.

3.1.4 Mercure dans les produits de consommation (biote)

3.1.5 Bioaccumulation et bioamplification du mercure et du méthyl-mercure

Plusieurs études ont démontré que le rapport de la teneur en mercure dans un poisson sur la teneur de Hg dans l'eau de mer, bien que variable d'une espèce à une autre, peut s'amplifier de 10^4 . Pour une eau à 990 ng/L (≈ 961 ng/Kg) Hg, la chair d'un poisson y vivant peut atteindre une teneur de $961 \text{ ng} \cdot 10^4 / \text{Kg} = 0,961 \text{ } \mu\text{g} \cdot 10^4 \approx 9,6 \text{ mg/Kg}$. C'est une teneur excessive qui condamne définitivement la consommation de ce poisson. La bioconcentration du mercure en début de la chaîne alimentaire, et la bioamplification de proche en proche de

ses teneurs en remontant de niveau trophique, aggravent les impacts de Hg chez le prédateur, et subséquemment chez son consommateur, dont l'Homme.

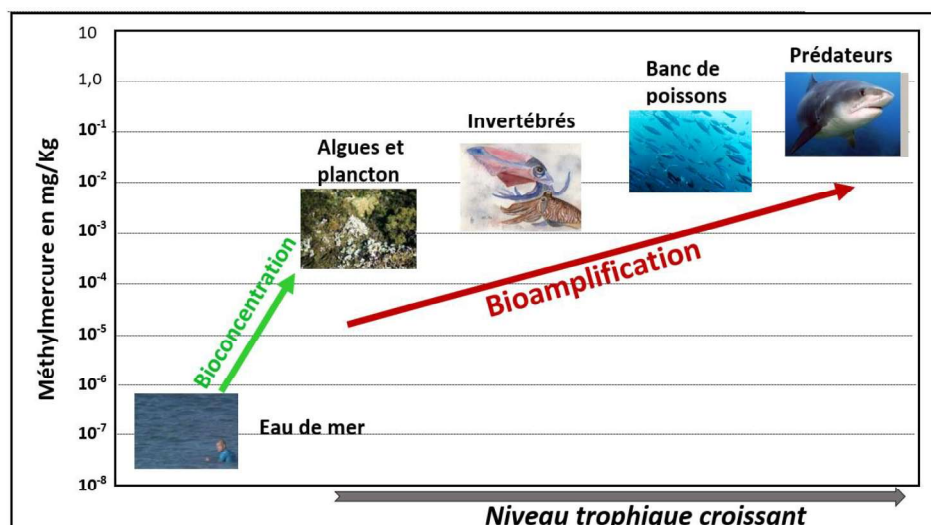


Figure 9. Augmentation des concentrations du méthyl-mercure dans les organismes aquatiques avec l'augmentation des teneurs en méthyl-mercure dans l'eau, et avec l'augmentation du niveau trophique. Les prédateurs au sommet de la hiérarchie dans la chaîne alimentaire auront les plus fortes concentrations en ce composé hautement toxique (les estimations des teneurs en méthyl-mercure sont d'après Wentz et al. 2014).

La teneur limite en Hg total, recommandée par l'EPA (USA) pour la consommation de poisson est de 0,3 ppm (ou 0,3 mg/Kg en poids frais). Les teneurs limites autorisées pour ces produits de consommation varient de 1 à 0,5 mg/Kg de poids frais selon les espèces (voir ci-dessous).

3.1.6 Teneurs en mercure dans le biote en Tunisie

La réglementation à ce sujet en Tunisie, a été mise à jour dans l'arrêté des ministres de la santé, de l'industrie, du commerce et de l'artisanat, de l'agriculture, et de l'équipement et de l'environnement, du 12 mai 2013. L'annexe I de cet arrêté interdit la mise sur le marché des denrées alimentaires lorsqu'elles contiennent des contaminants qui dépassent la limite maximale. La teneur limite du mercure dans les produits de la pêche et la chair musculaire de poissons est ainsi fixée dans la marge : 0,5 à 1,0 mg/Kg de poids à l'état frais.

L'évaluation des teneurs en mercure dans les poissons et fruits de mer en Tunisie et leur comparaison par rapport aux normes légales de consommation, sont abordés par de nombreux auteurs durant la dernière décennie. Les échantillons analysés par les auteurs se répartissaient entre le golfe de Gabès, le large de Sfax à Mahdia, et la Lagune de Bizerte. Les principaux résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 12. Teneurs en mercure dans le biote.

Région	Eaux/Espèces analysées	Teneurs en mercure	Observations	Auteurs
Lagune de Bizerte	Eaux	11 Stations : 1,7 à 7,4 µg/L	>0,15 µg/L en mer ouverte	Gharbi et al. 1987
	Sédiments	12 stations : 0,115 à 0,794 ppm	Hg essentiellement insoluble	
Fermes aquacoles NE	Daurade	0,039 à 0,055 µg/g PF	<à la norme NT µg/g PF : 1 µg/g	Chouba et al. 2016
	Loup	0,049 à 0,059 µg/g PF	<à la norme NT µg/g PF : 0,5 µg/g	
Golfe de Tunis	Rouget (<i>Mullus barbatus</i>)	10 à 27 µg/Kg PF		Haj Ali et al. 1986
	Pageot (<i>Pagellus erythrinus</i>)	32 à 47 µg/Kg PF		
	Chinchard (<i>Trachurus trachurus</i>)	10 à 91 µg/Kg PF		
	Marbré (<i>Lithognathus mormyrus</i>)	32 à 92 µg/Kg PF		
	Daurade royale (<i>Sparus auratus</i>)	40 µg/Kg PF		
	Merlu blanc (<i>Merluccius merluccius</i>)	50 µg/Kg PF		
	Chevrette (<i>Parapenaeus longirostris</i>)	77 µg/g PF		
	Seiche (<i>Sepia officinalis</i>)	180 à 215 µg/Kg PF		
Golfe de Gabes	Durade royale (<i>Sparus auratus</i>)	66 µg/Kg PF		
	Crevette royale (<i>Penaeus kerathurus</i>)	77 µg/Kg		
Lac de Tunis	Moule (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	30 à 48 µg/Kg		
Lac de Bizerte	Moule (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)=	60 µg/Kg		
Golfe de Gabes	Huitre plate (<i>Ostrea edulis</i>)	10 à 27,3 µg/Kg		
	Palourde commune (<i>Tapes decussatus</i>)	5 à 100 µg/Kg		
Sidi Mansour	<i>Diplodus annularis</i> (Sar ; Sparailon)	1,1 ± 0,41 µg/g (mg/Kg PF)	>Norme Tunisienne	Mezghani-Chaari et al. (2010)
Kerkennah	<i>Diplodus annularis</i>	0,6 ± 0,31 µg/g (mg/Kg PF)		
Sidi Mansour	<i>Sarpa salpa</i> (Saupe)	0,08 ± 0,01 µg/g (mg/Kg PF)		
Kerkennah	<i>Sarpa salpa</i> (Saupe)	0,04 ± 0,02 µg/g (mg/Kg PF)	<Norme Tunisienne	
Sidi Mansour	<i>Sepia officinalis</i> (Seiche)	0,55 ± 0,23 µg/g (mg/Kg PF)		
Kerkennah	<i>Sepia officinalis</i> (Seiche)	0,43 ± 0,12 µg/g (mg/Kg PF)		

Pour la majorité des espèces, les teneurs en mercure en mg/Kg de poids frais demeurent inférieures à la teneur limite fixée dans l'arrêté des ministres de la santé, de l'industrie, du commerce et de l'artisanat, de l'agriculture, et de l'équipement et de l'environnement, du 12 mai 2013. Néanmoins, selon des publications récentes, dans la région de Sfax les teneurs en Hg dans certaines espèces comme le sar dépassent couramment cette "norme". C'est aussi le cas de la seiche au large de Sfax et à Kerkennah.

Pour le reste, le manque d'études et surtout d'analyses précises du mercure dans les l'air, d'eaux et de sols et dans le biote à l'échelle du pays, nécessite un examen approfondi. Ceci est dû essentiellement aux difficultés que rencontrent les chercheurs pour analyser le mercure à des concentrations trop basses. La technique du Direct Mercury Analyzer (DMA 800) existe en Tunisie et permet aux chercheurs d'analyser le mercure dans la chair de poissons et fruits de mer. Par contre pour les eaux et les sols, la technique MES-ICP (Mass Emission Spectroscopy-Inductively Coupled Plasma) est pratiquement la seule appropriée pour atteindre la précision nécessaire pour des teneurs en mercure de l'ordre du ng/L. Malheureusement cette technique n'est pas disponible en Tunisie.

3.1.7 Récapitulatif des valeurs limite tolérées/ recommandées du mercure dans les composantes du milieu récepteur confrontées aux données de mesures sur terrain

Le tableau suivant récapitule les valeurs limite tolérées pour le mercure dans l'eau, l'air, le sol, les sédiments, et dans le biote. Ces valeurs confrontées aux directives et normes étrangères, et aux données de rapports techniques et de publications internationales concernant la Tunisie, peuvent aider à définir les teneurs limites de Hg qui devraient être adoptées dans de nouveaux textes réglementaires, ou d'amender les textes existants qui permettent au mieux de gérer les émissions et rejets de mercure dans l'environnement et leurs conséquences potentielles sur le milieu de vie et sur la santé humaine.

Tableau 13. Récapitulatif des résultats de l'analyse de la répartition du mercure dans l'air, l'eau, le sol, les sédiments et le biote confrontés aux valeurs limites tolérées par les textes réglementaires existants en Tunisie, et par les normes et directives de pays étrangers et de l'OMS.

Milieu/usage	Eau de mer	Eaux de ruissellement	Eaux de boisson	Rejets d'eaux usées dans				Sol		Air ambiant	Sédiments	Produits de consommation
				DPM	DPH	CP		industriel	Commercial			
Eau Méditerranée	3 ng/L											
Arrêté du 26 mars 2018				5 µg/L	5 µg/L	10 µg/L						
Norme NT 09.14			1 µg/L									
Directives OMS/UE		5 µg/L	6 µg/L									
Critères CCME			1 µg/L					50 µg/g	24 µg/g	7 µg/g		
Décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010 (polluants de l'air de sources fixes)										50 µg/m³		
Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Acte enregistré 346)										5 µg/m³		
Eaux d'oued Meilègue		1,6 µg/L										
Sédiments Lagune de Tunis											0,27-2,8 µg/g	
Sédiments lagune de Bizerte											0,015-0,5 µg/g	
Sédiments Oued Meliane											0,227-0,745 µg/g	
Sédiments Golfe de Gabes											0,5-2,1 µg/g	
Sols industriels (SNCPA)								<59,2 µg/g				
Sols contaminés Kasserine									<0,01-4,36 µg/g			
l'arrêté des ministres de santé, d'industrie, du commerce et d'artisanat, d'agriculture, d'équipement et d'environnement, du 12 mai 2013												0,5 à 1,0 mg/Kg
Biote												0,04 à 1,1 mg/Kg
EPA (USA)												0,3 mg/Kg

3.2 Mercure dans les produits de consommation : le point chaud des thermomètres à Hg

3.2.1 Méthodologie d'inventaire des appareillages à mercure ajouté dans les hôpitaux

Démarche :

L'Equipe du Projet a conduit une enquête sur les produits médicaux à mercure ajouté pouvant constituer un ou des points chauds dans les établissements Santé. La démarche de l'enquête englobe les activités suivantes :

- Identification du nombre/quantité de dispositifs médicaux nécessitant un remplacement ou une substitution.
- Évaluation de la disponibilité de dispositifs alternatifs sans mercure et des services d'appui connexes, par exemple l'entretien, la validation, l'étalonnage.
- Définition du volume de déchets à collecter, stocker et éliminer.
- Évaluation des capacités disponibles/existantes pour soutenir les activités d'élimination progressive et identification des lacunes, notamment en matière de collecte, de stockage et d'élimination écologiquement rationnelle.
- Identification des zones prioritaires (par exemple, lieux, installations) à cibler pour les interventions et activités initiales.
- Estimation des coûts associés aux scénarios potentiels d'élimination progressive.
- Formulation de recommandations sur les options disponibles pour la mise en œuvre des activités d'élimination progressive.

Administration d'enquêtes dans les établissements de santé :

Sur l'ensemble des établissements sanitaires de classe A, B et C en Tunisie (y compris les grandes Cliniques privées, sont choisis pour l'administration d'un Questionnaire :

- 22 Grands centres publics de soins de la capitale, de Sousse et de Sfax ;
- 6 Grands hôpitaux régionaux (Ariana, Medenine, Jerba, Gafsa, Gabes, Kairouan, etc.) ;
- 3 Hôpitaux militaires ;
- 1 Hôpital des forces de l'ordre
- 4 Polycliniques du CNSS (Caisse Nationale de Solidarité Sociale) ;
- 8 Cliniques privés.
 - ✓ *Soit en tout quarante-quatre (44) établissements*
 - ✓ *Les grands établissements de plus de 400 lits sont visés en priorité.*

Préoccupations attendues :

- ✓ Questionnaires incomplets (informations manquantes ou non signées/tamponnés).
- ✓ Dispersion des déchets de mercure stockés dans les hôpitaux dans des conditions précaires.
- ✓ Inquiétudes concernant les coûts associés et le fait que le remplacement des dispositifs soit effectué avant la collecte.

3.2.2 Questionnaire

Préparation et administration d'un questionnaire qui se subdivise en 4 sections :

- **Section 1** : Utilisation de thermomètres à mercure, de sphygmomanomètres, de sondes gastro-intestinales (par exemple : sondes de Cantor, dilateurs œsophagiens, sondes de Miller-Abbott) dans les hôpitaux publics et cliniques privés.
- **Section 2** : Alternatives aux thermomètres, sphygmomanomètres et tubes gastro-intestinaux à mercure.
- **Section 3** : Spécifications techniques pour l'approvisionnement.
- **Section 4** : Gestion des déchets contenant du mercure et programme de remplacement des équipements au mercure.
- **Situation actuelle**
 - Les thermomètres et autres appareillages à mercure ajouté, et les appareillages équivalents sans mercure, ont toujours été libres d'importation jusqu'en 2018.
 - Ce type de matériel est soumis à une autorisation de mise sur le marché ou à une autorisation d'utilisation dans les établissements de soins.
 - L'importation s'effectue sous le contrôle de la Direction de la Pharmacie et du Médicament (DPM).
 - ***La Circulaire N°36 du 27.06.2018 du Ministre de la Santé interdit définitivement l'usage des thermomètres à mercure ajouté à partir de sa date de publication.***

3.2.3 Résultats du Questionnaire

Les questionnaires sont administrés aux services d'hygiène des hôpitaux, par le biais de la DHMPE (Direction de l'Hygiène du Milieu et Protection de l'Environnement (Ministère de la Santé), en début de septembre 2022. Les dernières réponses ont été reçues à la fin de décembre 2022.

- **Taux de réponse aux questionnaires**
 - Sur l'ensemble des établissements, seuls 21 ont répondu au Questionnaire, soit moins de la moitié (**47,7%**). C'est peu, mais assez significatif.
 - Tous les répondants au Questionnaire sont conscients des dangers de Hg et sont soucieux d'appliquer la réglementation en vigueur (Circulaire n° 36 du 27.06.2018 ; et Conv. Minamata signée par la Tunisie en octobre 2013).
- **Gestion d'appareillages obsolètes à mercure ajouté**
 - Tous les hôpitaux enquêtés disposent d'un service de gestion des déchets de soins qui sont enlevés et éliminés par des sociétés spécialisées sous contrôle de l'ANGed.
 - Mais il n'existe pas de filière spécifique au stockage, puis à l'élimination des appareillages à mercure ajouté et leurs déchets. Ceux-ci sont éliminés dans les déchets de soins.
 - Un manuel des procédures de la gestion des déchets de soins existe, mais sans directives à la gestion spécifique des appareillages à mercure ajouté et les déchets en provenant.
- **Thermomètres à mercure obsolètes et autres produits de soins à mercure ajouté déclarés dans les questionnaires**

Etablissement	classe	Hg estimé (kg)	Thermomètre	Sphygmo- manomètres	Sondes oesophagiques	Tubes gastrointestinaux	Pression intraoculaire	Baromètres	Autres appareils	Remarques
Aziza Othmana	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
Centre de Maternité et de Néonatalogie	B	3.23	0	38	0	0	0	0	0	2 Sphygmanomètres obsolètes
Charles Nicolle	A	5.95	0	70	0	0	0	0	10	20 Sphyg. utilisés; 50 obsolètes
Complexe Sanitaire Jebel Oust		0	0	0	0	0	0	0	0	
RH Mahmoud El Matri		0	0	0	0	0	0	0	7	Manomètres, 20g/an
Habib Thameur	B	0	0	0	0	0	0	0	0	Réactif à mercure Hematoxylene de Harris
Hôpital Farhat Hached	A	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hôpital Habib Bourguiba	A	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hôpital Sahloul	A	0	0	0	0	0	0	0	0	
Institut Hédi Raïes d'Ophtalmologie de Tunis	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
Institut National de Neurologie	C	2.975	0	35						25 Sphyg. achetés par an 10 sphyg. à éliminer
Institut National de Nutrition et de Technologie Alimentaire	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
Institut Salah Azaïez	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
La Rabta	A	0	0	0	0	0	0	0	0	
MH Gabes		0.255	0	3	0	0	0	0	0	Sphyg. obsolètes
Mongi Slim	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
RH Habib Bourguiba		0	0	0	0	0	0	0	0	
RH Mohamed Ben Sassi		0.85	0	10	0	0	0	0	0	30 sphyg. /an - 200 sphyg. in storage -
RH Sadok Mokadem		0	0	0	0	0	0	0	0	

Clinique Avicenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hôpital des forces de sécurité intérieure de la marsa	0.528	176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Thermomètres en stock
TOTAL	13.788	176	156	0	0	0	0	0	0	0	17	

3.2.4 Conclusions

De manière succincte, quelques conclusions peuvent être tirées :

- **Participation au Questionnaire**
 - Peu de réponses (moins de 50%) au questionnaire ont été données sur un échantillon global de quarante-quatre (44 établissements)
 - Il se peut qu'il n'existe pratiquement pas d'appareillages à mercure ajouté obsolètes (et leurs déchets) stockés dans l'ensemble des hôpitaux (surtout ceux de catégorie A);
 - Il se peut qu'il en existe, mais les services concernés sollicités par questionnaire s'abstiennent de répondre.
- **Résultats majeur du questionnaire :**
 - En tout, 176 Hg-Thermomètres, 158 Shygmomanomètres et 17 autres appareillages ont été déclarés, correspondant à une charge totale de mercure estimée d'environ 13,788 Kg (≈ 1 L).
- **Héritage des pratiques de gestion des déchets de mercure**
 - En l'absence de méthodes spécifiques de 'gestion des déchets de mercure' dans les hôpitaux, ou par les sociétés autorisées pour l'enlèvement et la gestion de ces déchets, ***il n'est pas exclu que les appareillages obsolètes à mercure ajouté et leurs déchets soient éliminés en mélange avec l'ensemble des DASRI jusqu'en 2018 et peut être même après.***
- **Ratification de la Convention de Minamata**
 - La mise en application de la circulaire indiquée du Ministre de la Santé représente un gain considérable, en éradiquant l'une des catégories source de mercure dans l'environnement les plus importantes que sont les thermomètres à mercure (Voir Bilan de mercure pour l'année 2022).

3.3 Mercure dans le domaine minier et industriel et gestion des points chauds

3.3.1 Mines de mercure de la Tunisie

La Tunisie a produit, utilisé et exporté du mercure vierge durant le 20^{ème} siècle (1936 – 1973) à partir de deux de ses districts miniers. Elle a aussi disposé d'une installation Chlor-Alkali implantée sur le site de la SNCPA et mise en exploitation en 1963 et abandonnée en l'état (sans mise en sécurité) en février 1998. Ces faits indiquent déjà que la Tunisie compte parmi les pays qui peuvent largement être impactés par le mercure.

La minéralisation polymétallique à Hg du district d'Oued Maaden situé à 18 km au Nord de Ghardimaou (gouvernorat de Jendouba, Tunisie) varie de chapeaux de fer oxydés à faibles teneurs en mercure (0,005 % Hg ; 50 ppm ou $\mu\text{g/g}$) au gîte de Kedouet el Oulahiss, à un minerai beaucoup plus concentré en profondeur. Les minéraux du mercure se trouvent en mouches dans les calcaires argileux éocènes, et en boules (cinabre et métacinabre) associées à de la galène, de la blende, de la stibine, et des minéraux de la série tennantite-tétrahédrite (cuivre gris ; gisement Berka). Certains travers-bancs en profondeur ont

traversé des zones particulièrement riches (6,2 % Hg pour 12,5 % Pb, 4,7 % Zn et 5,13 % Sb ; 32,8 % Hg pour 6,2 % Pb, et 2,2 % Sb) (Sainfeld, 1952 ; Slim-Shimi, 1992).

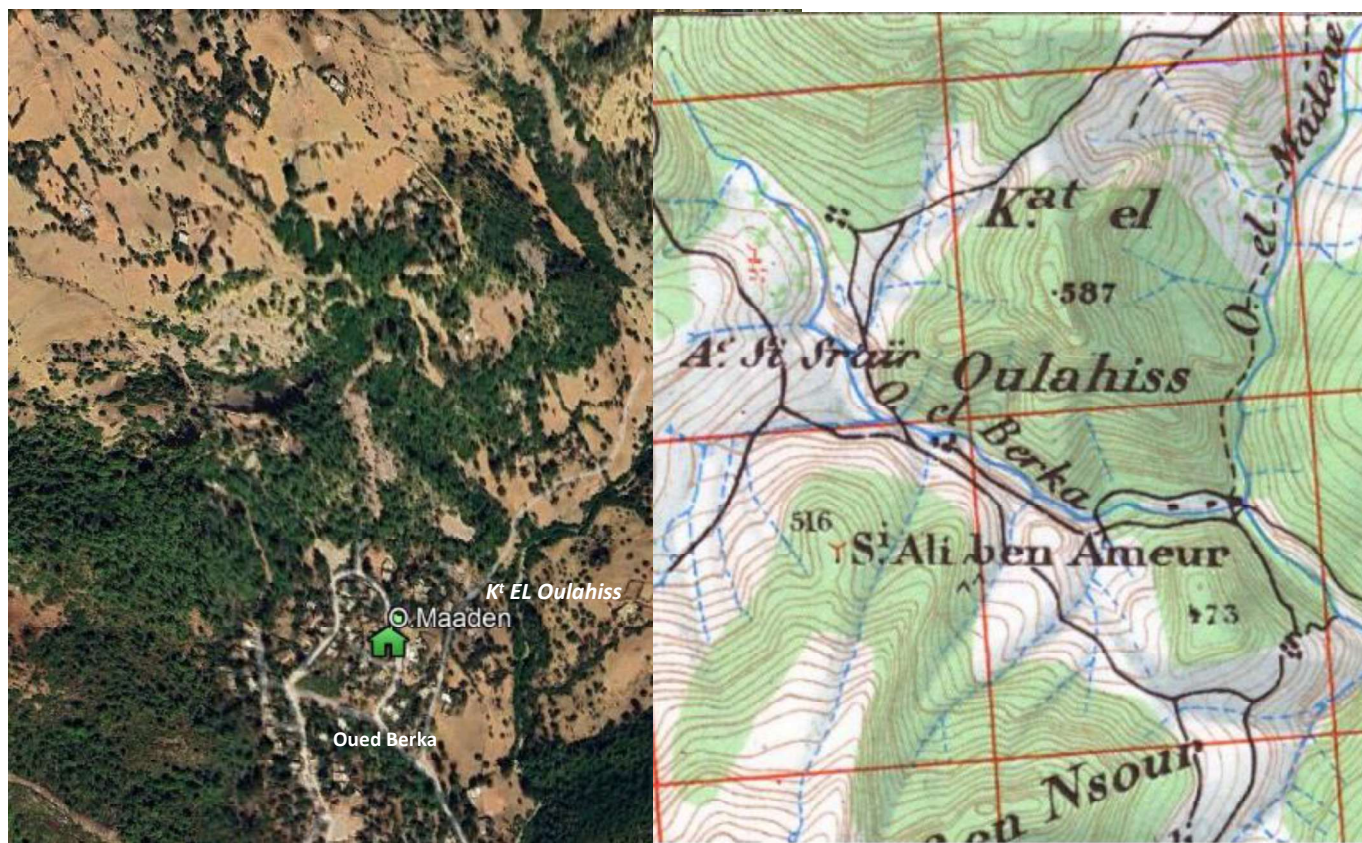


Figure 10. Carte de localisation de la mine d'Oued Maaden.

La mine de mercure du district Jebel el Arja-Sidi Khalifa situé à environ 1,5 km au Sud-Ouest de la ville de Ras Errajel dans la délégation de Tabarka, n'a pas été décrite dans la littérature. La zone est aujourd'hui habitée. Cette mine a été décrite comme *'' un petit gîte de contact, ... (plombo-calaminaire), mais qui présente également des indices de mercure (mouches de cinabre)...gisement Sidi Khalifa.*³

³ Sainfeld, P., 1952. Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie. Annales des Mines et de la Géologie, n°9, Direction des travaux publics. 285p.

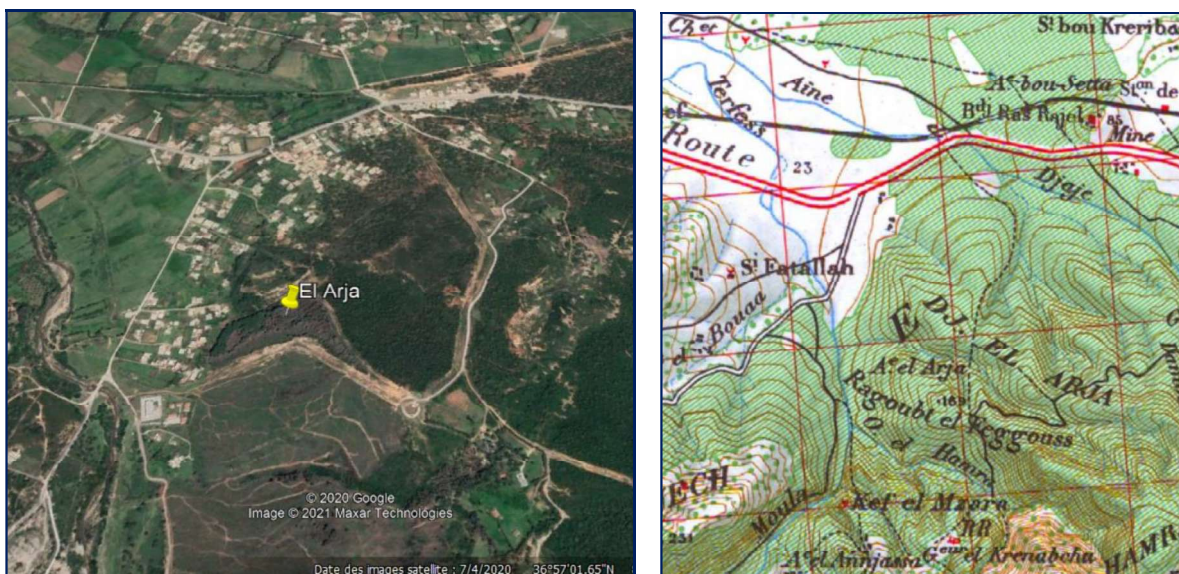


Figure 11. Carte de localisation de la mine de Jebel El Aja-Sidi Khalifa.

Le gisement minier est associé à une zone faillée et broyée de direction NE-SW, permettant l'imprégnation des grès l'Oligocène-Miocène inférieur par une minéralisation très fine à cinabre et métacinabre dominants. L'exploitation s'est effectuée dans des galeries qui sont aujourd'hui fermées.

3.3.2 Production historique de mercure vierge et points chauds en Tunisie

La production totale de mercure du pays de 1935 à 1973 a atteint 3 406 flasques ou potiches (1 potiche en fer = 34,5 Kg Hg), soit un total d'au moins 117,5 tonnes de mercure, dont 24 tonnes ont été extraites sur place au four, du gisement de Berka – Oued Maaden (période : 1936-1944 ; sans trop de précision), et 98,5 tonnes avaient été fournies sur place par la mine de Jebel el Arja-Sidi Khélifa.

Tableau 14. Production du mercure en Tunisie de 1936 à 1973, des districts d'Oued Maaden (Sainfeld, 1952), et celui de Jebel El Arja – Sidi Khélifa au Nord-Ouest du pays, à partir de 1955 jusqu'en 1973 (USGS, 2017).

Année	Production Hg (flasques)	Référence
1936-1944	696	24 tonnes Hg (Sainfeld, 1952)
1945 - 1954	?	?
1955	166	https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/
1956	22	
1957	?	
1958	39	
1959	198	
1960	166	
1961	54	
1962	?	
1963	?	
1964	?	
1965	174	
1966	254	
1967	292	
1968	309	

1969	244	
1970	102	
1971	340	
1972	238	
1973	112	
1974	Arrêt	

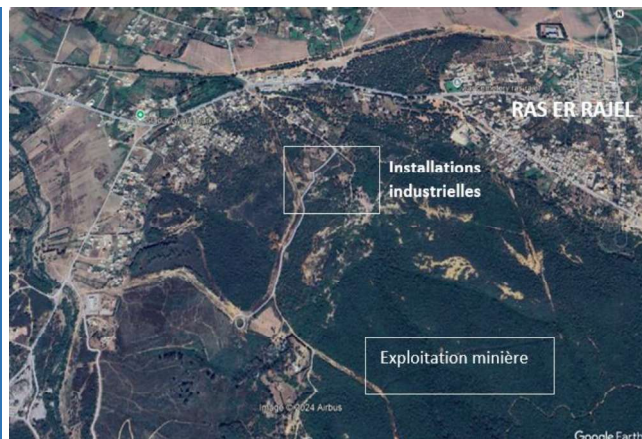
Les données de production de métal vierge du district d'Oued Maaden proviennent de Sainfeld (1952 ; pp : 28-31), et celles concernant le district du Jebel El Arja, des statistiques de l'USGS-USA sur les quantités de mercure exportées (voir Tableau précédent). Dans ce dernier cas, la production rapportée pourrait couvrir seulement les quantités de mercure exportées par la Tunisie de 1955 à 1973 et donc observées en échange transfrontière. La mine d'El Arja a été fermée en 1974 et la production de mercure vierge abandonnée.

Les données manquent pour les années 1957 et 1962 à 1964 qui correspondent à la création de la SNTC (Société Nationale Tunisienne de Cellulose) en 1957 et sa mise en exploitation à partir de 1963. Il n'est pas exclu que du mercure utilisé dans le procédé Chlor-Alkali de cette société soit prélevé sur la production de la mine de Sidi Khalifa. Ceci revient à dire que la production totale de 117,5 tonnes citée précédemment, devrait *a priori* être majorée des quantités qui auraient pu être utilisées par la SNTC/SNCPA de 1963 à 1973. D'après nos informations la SNTC utilisait environ 8 tonnes de mercure par an, soit une quantité de 80 tonnes en 10 ans (1963 à 1973). Ceci revient à majorer la quantité totale précédente (117,5 tonnes) de mercure vierge produit par la Tunisie durant et après la période coloniale, d'environ 80 tonnes, soit un total possible de près de 197,5 tonnes. Ceci paraît d'autant plus probable du fait même qu'en cas de production de mercure vierge en Tunisie la SNTC se serait servie de celui produit au district de Jebel Aja-Sidi Khalifa, sans avoir besoin d'importer du mercure.

Notons que de 1963 à 1998, l'Unité Chlor-Alkali de la SNCPA avait utilisé en moyenne 8 à 10 tonnes (232 à 290 potiches) de mercure par an. La grande majorité de la quantité totale utilisée a été livrée comme rejet dans le milieu récepteur local.

3.3.3 Etat de gestion des anciennes installations de production de mercure vierge

Les deux districts miniers d'Oued Maaden et de Jebel El Arja Sidi Khalifa sont aujourd'hui abandonnés sans contrôle, ni suivi. Les anciennes installations minières d'Oued Maaden se sont transformées en un village de même nom où les vestiges des anciennes installations qui datent de la seconde guerre sont complètement disparus. Au contraire, les vestiges de ce type d'installations pour la production de mercure vierge au Jebel El Arja Sidi Khalifa ont été visités. Les vestiges de ces installations sont situés sur les cartes suivantes.



Situation de la mine et des installations industrielles (extrait Google Earth).



Vue agrandie des installations industrielles et bâtiments de la mine (extrait Google Earth)

Figure 12. Description des vestiges des installations industrielles de la mine du Jebel El Arja-Sidi Khelifa.

Le site est totalement désaffecté. Il n'est ni clôturé, ni gardé. Il est très difficile d'en reconstruire les installations. L'aire de préparation au broyage montre un tas de blocs gréseux minéralisés en mercure, parfois bréchiques, prêts à être livrés au broyeur, mais aussi des tas de déchets divers. La bande transporteuse jusqu'à l'usine de grillage et de production a été totalement démantelée. Aucune installation d'enrichissement du minerai broyé ne peut être reconnue, et les installations de production de mercure vierge sont très méconnaissables. On devine à peine l'emplacement du four, les installations d'absorption et de refroidissement du mercure en haut du bâtiment, et sur le côté, le récupérateur de poussière. Toutes les canalisations et les accessoires de l'installation ont été démantelés. Les bâtiments de l'administration, les garages, les magasins de stockage et d'entretien sont aussi très méconnaissables.



Installations de production

Zone de broyage

Figure 13. Photo illustrant le bâtiment de l'usine de production de mercure vierge et du site des installations de broyage. Le matériau broyé est livré à l'unité de production par bande transporteuse.

3.3.4 Minéralisations de mercure dans la Haute Vallée de la Méjerda

Les districts miniers d'Oued Maaden et de Jebel el Arja ne sont pas les seuls à présenter des minéralisations à minéraux propres du mercure (cinabre, métacinabre et polhémusite). Il s'agit en réalité d'une suite de minéralisations polymétalliques alignées dans le couloir tectonique Ghardimaou-Cap Serrat datant du Paléozoïque ancien qui avait continuellement été réactivé durant les orogénèses Pyrénéenne, Alpine et Atlasique.

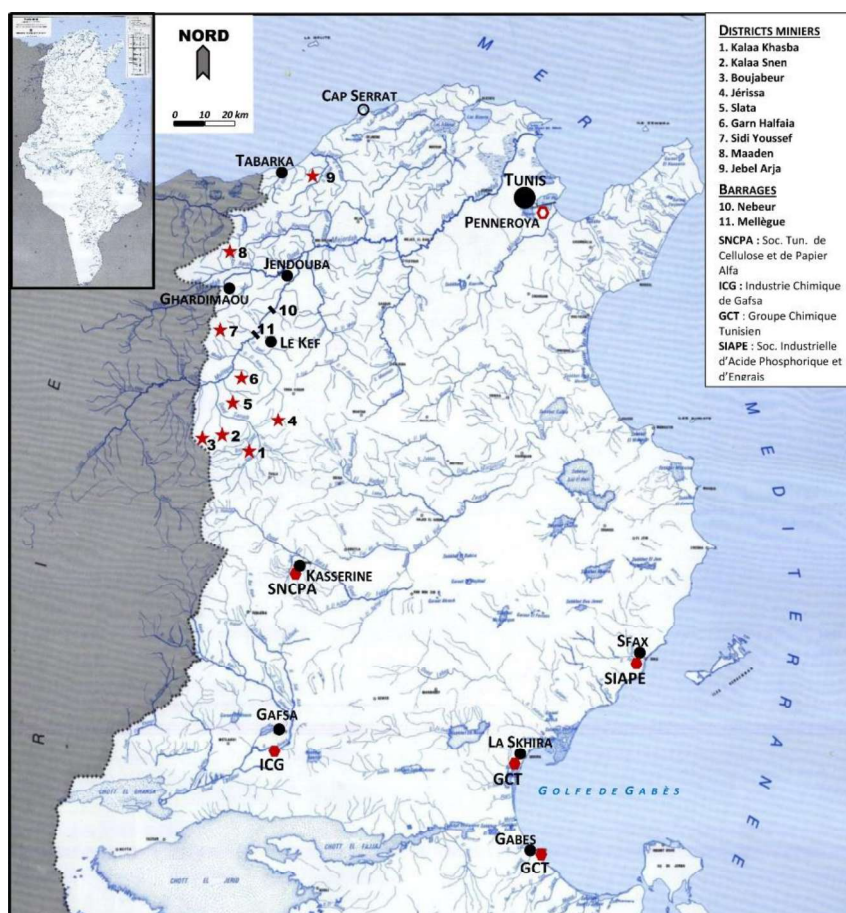


Figure 14. Carte de localisation des districts miniers, des barrages et des complexes industriels (industrie des phosphates, complexe SNCPA, fonderies Penneroya).

Plusieurs districts miniers recèlent une minéralisation mercurielle (Fej Hassine, Oued Maden, Mejjerr Lahnèche, Jebel Abiod, Jebel el Arja, Ras Errajel, Kedouet Oum Témim, etc.). Tous ces districts ont fait l'objet d'exploration et/ou d'exploitation, mais seules deux mines locales (Berka-Oued Maaden et Jebel Arja-Sidi Khalifa) ont produit du métal vierge à grande échelle (Sainfeld, 1952 ; Slim Shimi, 1992).

Toutes ces mines peuvent aujourd'hui représenter des sources d'émission du mercure (points chauds) dans l'environnement, à l'état solide (matières en suspension), liquide et gazeux.

3.3.5 Terrils miniers et sédiments des rivières de la haute vallée de la Méjerda

Les teneurs en Hg des terrils de certaines mines (mines de Boujabeur, de Garn Halfaya, Sidi Youssef) sont élevées. Ces teneurs peuvent atteindre 9,6 ppm (9650 ppb) à la mine de Boujabeur sur la frontière Algérienne à l'Ouest de Ghardimaou, et 1,9 ppm (1904 ppb) à Garn Halfaya (Mlayah et al. 2009).

Les sédiments du lit de la Rivière Mellègue, confluent amont de la Rivière Méjerda, sont très riches en mercure (stream sediment : variation des teneurs de Hg de 0,07 à 1,87 ppm ; Mlayah et al. 2009).

.

Tableau 15. Variation des concentrations de métaux lourds dont Hg dans les rejets des différents types de mines du Nord-Ouest et du Centre-Ouest de la Tunisie. Les concentrations sont en mg Kg-1 pour tous les éléments, sauf pour Fe et S, en % et Hg en µg Kg-1.

Concentrations of the elements in the different mines (in mg/kg)										
Mine Type	Slatà Fer	Jérissa	Boujabeur	Pb-Zn-Ba mine	Sidi Amor	Sidi Youssef	G. el Halfaya	Zeg et Tir	K. el Khasba	K. Snen
N° Samples	(n = 5)	(n = 5)	(n = 10)	(n = 5)	(n = 5)	(n = 6)	(n = 4)	(n = 1)	(n = 5)	(n = 1)
Cd	Moy. 0.4	0.3	43	10	228	216	144	87	17	—
	variant 0.1 - 0.6	0.2 - 0.3	1.0 - 212	0.4 - 27.2	92.0 - 588	104 - 287	—	44 - 138	—	—
Cr	Moy. 9	12	117	18	26	48	7	590	211	—
	variant 5 - 15	10 - 15	4 - 550	5 - 36	15 - 32	28 - 76	—	251 - 1059	—	—
Cu	Moy. 130	69	90	88	95	65	8	57	80	—
	variant 12 - 414	21 - 116	17 - 219	34 - 210	21 - 181	22 - 156	—	15 - 88	—	—
Fe	Moy. 18.10	8.08	1.60	4.56	5.19	4.61	1.78	1.62	1.20	—
	variant 1.75 - 34.31	7.13 - 9.02	0.06 - 3.91	0.71 - 10.5	4.50 - 6.70	1.25 - 11.80	—	0.16 - 3.32	—	—
Hg	Moy. 369	438	9605	300	714	1904	67	1.54	100	—
	variant 56 - 795	405 - 471	1304 - 23650	3 - 1408	1 - 1908	5 - 7578	—	0.07 - 5	—	—
Pb	Moy. 8408	221	10599	49681	13862	64976	36336	21	210	—
	variant 62 - 18623	188 - 253	1725 - 21119	2382 - 151020	2614 - 26600	18790 - 148450	—	3 - 62	—	—
Zn	Moy. 309	147	21353	4693	72375	64154	62197	577	304	—
	variant 101 - 605	115 - 179	755 - 96120	76 - 12796	10987 - 204400	28070 - 100960	—	238 - 834	—	—
S	Moy. 0.03	0.10	0.93	0.94	6.54	0.26	1.89	0.97	0.23	—
	variant 0.02 - 0.06	0.06 - 0.14	0.10 - 5.75	0.11 - 2.10	1.48 - 10.00	0.05 - 0.60	—	0.70 - 1.08	—	—

Tableau 16. Moyennes et marges de variation des concentrations en ppm d'éléments en traces dont Hg dans les sédiments des lits des oueds Mellègue, Sarrath, et ceux du barrage de Nébeur en été (S) et en hiver (W). Les teneurs en Fe sont en %.

Elément	Teneur	Oued Sarrath		Oued Mellègue		Nebeur	
		Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hivers
Cd	Moyenne	0,4	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2
	Variation	0,2 - 0,7	0,2 - 0,6	0,1 - 0,3	0,2 - 0,3	0,1 - 0,2	0,2 - 0,4
Cr	Moyenne	38	39	34	42	37	45
	Variation	30 - 40	33 - 49	32 - 36	35 - 53	34 - 41	43 - 49
Cu	Moyenne	9	11	12	13	12	14
	Variation	7 - 10	10 - 12	9 - 14	12 - 14	11 - 12	13 - 15
Fe	Moyenne	2,10	2,12	2,30	2,43	2,40	2,59
	Variation	1,71 - 2,29	1,94 - 2,25	2,16 - 2,53	2,20 - 2, 71	1,72 - 2,61	2,26 - 3,03
Hg	Moyenne	0,1	0,03	0,68	0,04	0,05	0,02
	Variation	0,07 - 0,15	0,02 - 0,03	0,07 - 1,87	0,03 - 0,05	0,04 - 0,06	0,01 - 0,04
Pb	Moyenne	7	8	17	16	22	19
	Variation	6 - 8	7 - 8	10 - 24	14 - 19	18 - 34	17 - 22
Zn	Moyenne	43	46	74	79	70	80
	Variation	33 - 48	42 - 49	49 - 110	60 - 94	60 - 109	66 - 90

3.3.6 Unité d'Electrolyse Chlor-Alkali de la SNCPA à Kasserine

Situation de l'unité d'électrolyse à mercure et études de dépollution antérieures

Des installations d'Electrolyse Chlor-Alkali avaient de 1963 à 1998, desservi le complexe industriel de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa (SNCPA) à Kasserine en produits chimiques, et avaient livré au moins 300 tonnes de Hg au milieu récepteur, sur le site du complexe et dans ses environs. Ceux-ci englobent la Cité El Khadhra, l'oued Andlou, les plaines d'El Ksarnia et d'El Arich et le proche cours de l'oued El Hatab (AMEC, 2005 ; GEREP Environnement, 2009). Quelques tonnes de cette masse (Hg métal et amalgame HgNa) devraient demeurer sur site en juillet (2017) dans un collapse total de l'ancienne unité industrielle à électrolyse, sans trop de protection.

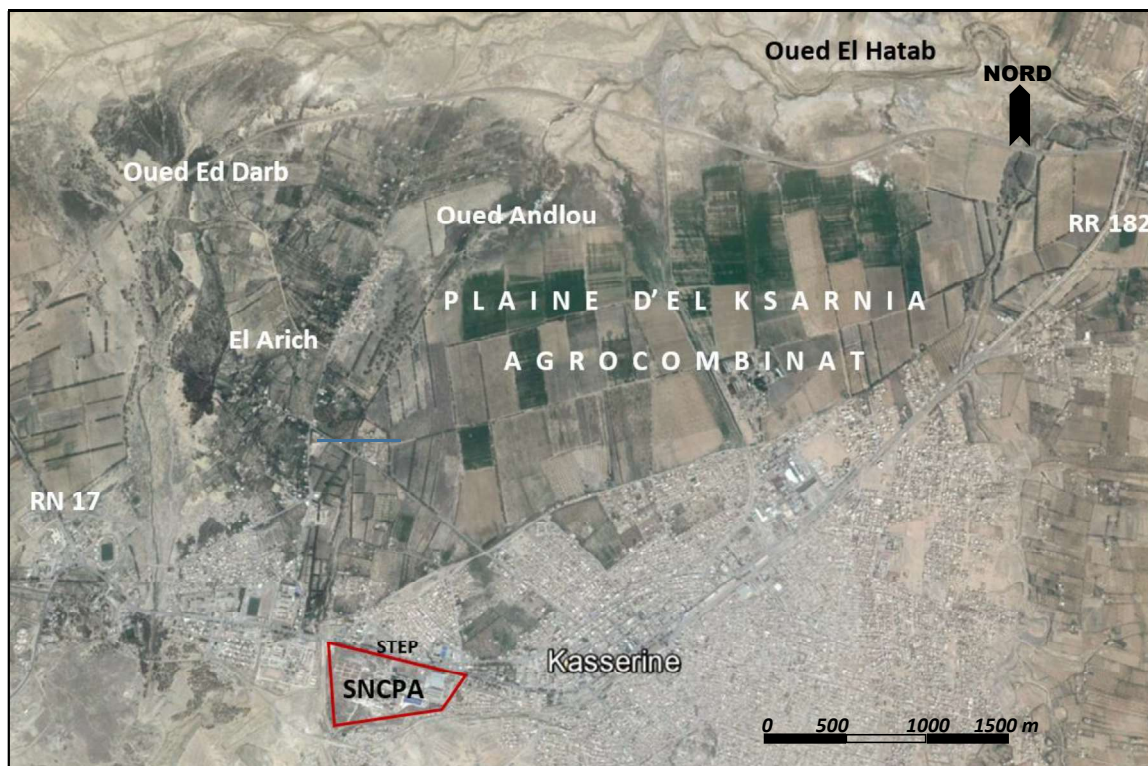


Figure 15. Localisation du site du Complexe Industriel de la SNCPA, de l'oued Andlou émissaire de rejets d'eau industrielle, de la STEP, du réseau hydrographique, du domaine urbain, et des plaines voisines.

En effet, l'unité d'électrolyse abandonnée en l'état, en 1998, c'est-à-dire sans mise à l'arrêt, puis en sécurité, s'apparente jusqu'en 2017 à un collapse à déchets spéciaux (Hg, amiante, amalgame HgNa fortement réactif aux eaux de drainage, etc.).

	
Photo 1 : Ré de chaussée de l'unité d'électrolyse observé en 2009, avec flaques de mercure au sol.	Photo 2 : Vue des cellules d'électrolyse au 1er étage et des décomposeurs au fond.
	
Photo 3 : Collapse de l'unité d'électrolyse (juillet 2017) à déchets spéciaux (amiante, HgNa, Hg, ...).	Photo 4 : Unité en collapse avec plusieurs réservoirs de stockage de produits chimiques divers.
	
Photo 5 : Réservoir d'hydrogène à proximité du collapse de l'unité d'électrolyse abandonnée.	Photo 6 : Réservoir de stockage du chlore liquide encore utilisé au voisinage sud de l'unité.



Photo 7 : Flaques de mercure abondantes sur le sol de l'unité en collapse (juillet 2017).



Photo 8 : Tours d'acide sulfurique pour la dessiccation du chlore de synthèse.

Figure 16. Photos illustrant les derniers vestiges de l'ancienne Unité Chlor-Alkali à la SNCPA de Kasserine, aujourd'hui démolie pour sécuriser le site déjà pollué par le mercure (Clichés S. Tlig)/

Des études ont été conduites jusqu'ici sur la pollution mercurielle émanant du site à Unité de Chlor-Alkali abandonnée, dont les auteurs et les sujets sont comme suit :

- O'Connor Associates Environmental Inc. (1998) : Etude d'Evaluation de l'Impact de la Contamination par le Mercure sur l'Environnement (Kasserine).
- AMEC Earth and Environmental, AMEC Americas Ltd, 2005 : Etude de Dépollution du Site de la SNCPA à Kasserine.
- GEREP Environnement, Tunisie, 2009. Etude de Faisabilité de la Dépollution du Site de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa, Gouvernorat de Kasserine.
- Amélioration de la gestion du mercure en Tunisie (GEF, SAP 120575) par ONUDI-MAL&E (2017-2020)

Ces études antérieures ont été conduites sur la contamination par Hg du site industriel (UEM), de la STEP dans le quartier El Khadra, des sols des deux plaines El Arich et El Ksarnia, et des cours des oueds Andlou et El Hatob (stream-sédiments, eaux). Hg a aussi été déterminé dans des crudités, des herbes, de la végétation naturelle, et des fruits (pommes, olives) à El Arich par AMEC (2005). Les principaux résultats sont comme suit.

Travaux de mise en sécurité de l'unité d'électrolyse à mercure

Plus récemment, des travaux ont été conduits par le ministère des affaires locales et de l'environnement. La démolition de l'ancienne unité effondrée et la mise en sécurité du site ont conduit à la construction d'un magasin pour le stockage des déchets de matériaux contaminés par le mercure. Une étude de dépollution du site a aussi été abordée dans le cadre du Projet signalé précédemment "Improving Mercury management in Tunisia" ONUDI-MAL&E.

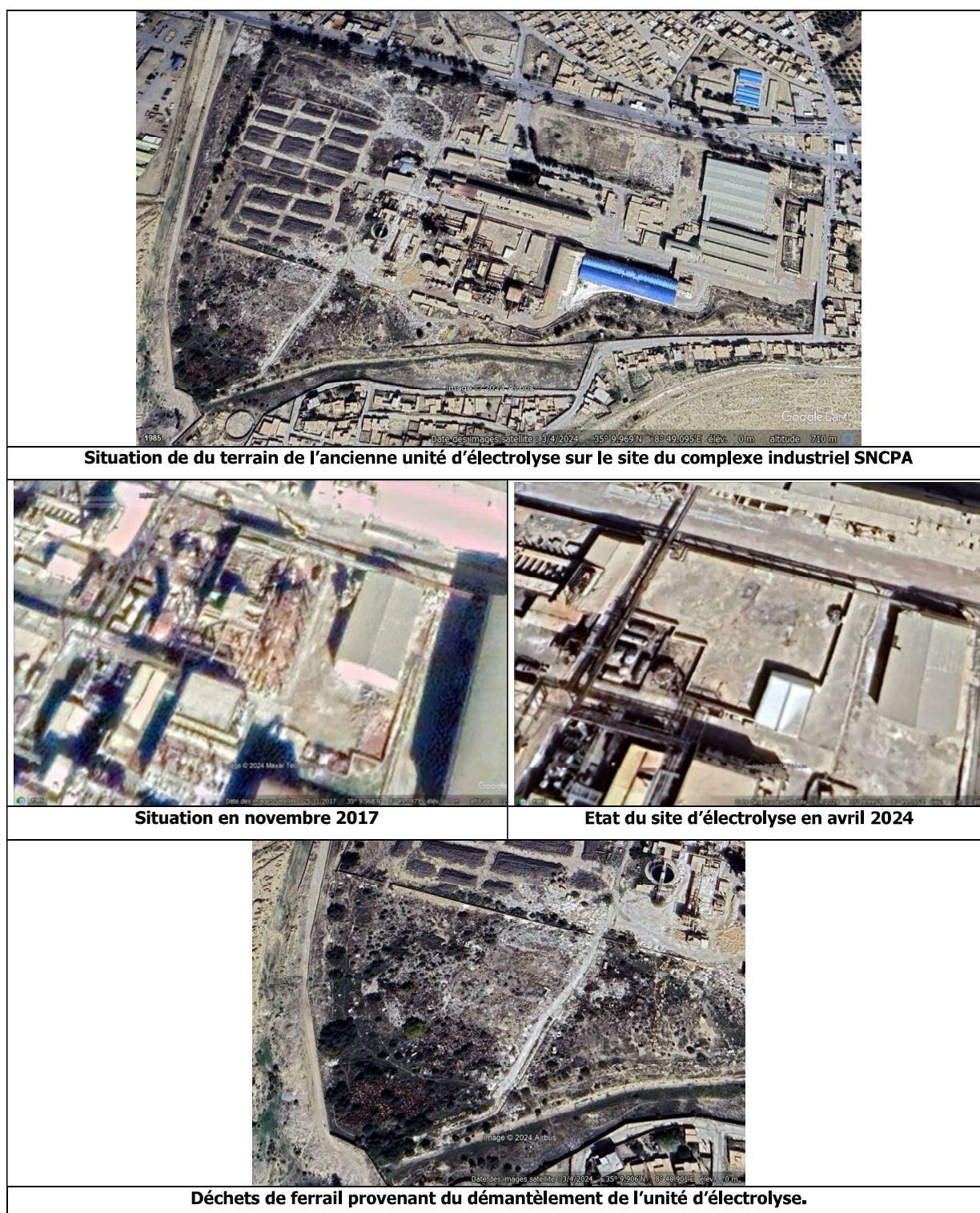


Figure 17. Etat du site de l'unité d'électrolyse avant (2017) et après (2024) les travaux du projet de mise en sécurité de cette unité (2018-2019)

3.3.7 Terrils des mines de phosphates et de phosphogypse

L'information sur les teneurs moyennes en Hg dans les phosphorites, terrils miniers correspondants et dans le phosphogypse sont rares et souvent contradictoires.

Teneur en mercure dans les terrils de phosphates

La teneur moyenne en Hg de cinq échantillons donnée par Mlayah et al. (2009) dans les terrils phosphatés de Kalaa Khasba au centre ouest du Pays, est de 1,54 ppm, variant dans la marge : 0,07-5 ppm. Ces analyses ont été effectuées au Laboratoire ACME-Canada et peuvent être considérées fiables, au moins pour les échantillons de Kalaa Khasba.

Teneurs en mercure dans le terril "A" de phsophogypse (SIAPE, Sfax)

Zaïri et Rouis (1999) rapportent considèrent une teneur moyenne en Hg de 14,5 ppm dans le phosphogypse, en se référant à un travail antérieur de Rouis et al. (1990) et de El Kihel (1995), ce qui représente une valeur très forte en mercure, qui ne devrait pas être prise en considération. De plus, la variation des teneurs en Hg dans les lixiviats du terril de phosphogypse de la SIAPE (NPK) à Sfax, déterminée par ces auteurs, se situe dans la marge : 16 – 31 ppb, avec une moyenne de 22 ppb, ce qui est très faible et contradictoire avec la forte valeur précédente.

Dans l'étude de Rouis et al. (1990), les métaux sont déterminés par absorption atomique et par ICP à ionisation d'argon ; la méthode précise de traitement du mercure qui est très volatile dans la flamme n'est pas discutée. Les teneurs moyennes de métaux trouvées dans le stock "A" de phosphogypse à 5 km au Sud de Sfax sont comme suit.

Tableau 17. Teneurs moyenne du phosphate, du fluor et des métaux lourds dans le terril "A" de phosphogypse de SIAPE (Sfax) comparées à la valeur limite du Standard de rejets au Québec à l'année indiquée.

Contaminant	Concentration moyenne (mg/Kg)	Valeur limite (Standard Québec) (mg/Kg)
Phosphates (P₂O₅)	31 000	nd
Fluor	40 000	nd
Zn	31,5	100
Cd	39,8	1,5
Hg	14,5	0,2
Ni	15,4	50
Fe	58,4	nd
Cu	5,9	50
Mo	5	2
Co	7,6	15

(nd) : non disponible.

Tableau 18. Composition chimique de l'eau de stockage à l'entrée du terril "A" de la SIAPE à Sfax.

Composé chimique	Concentration (mg/L)
F	5539
Cl	1520
P₂O₅	4015
Fe	12,8
Hg	0,61
Cd	0,62
Co	0,18
Pb	0,18
Zn	3,952
Cr	2,73
Cu	0,082
Matières en suspension	19 503
pH	1,8

D'après ces auteurs, les teneurs en Hg retrouvées dans l'eau acide de stockage (méthode humide) du phosphogypse sont de 0,61 mg/L, ce qui représente une teneur élevée. Les concentrations en Hg en aval du terril, dans le sens de l'écoulement de la nappe de surface vers la côte, varient de 0,1 à 0,60 mg/L. Cette marge de valeur est nettement supérieure à la valeur limite de l'arrêté conjoint du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises (2018), concernant le mercure dans les rejets hydriques (Hg : 0,005 mg/L) en Tunisie.

4 PROGRAMMES ET PROTOCOLES DE GESTION DES DECHETS DE MERCURE DES POINTS CHAUDS

4.1 Traitement des eaux et des sédiments contaminés par le mercure

Les données obtenues dans ce rapport montrent que les sols (autres qu'industriels), les sédiments continentaux (près des points chauds) ou marins, les eaux de ruissellement, et l'air ambiant peuvent être contaminés par le mercure. Il existe des procédés de démercuration des eaux ou des sédiments.

- Les procédés appliqués aux eaux contaminées, sont d'efficacité limitée et à coûts dissuasifs.
- Pour les sols, deux traitements sont envisageables : la stabilisation dans un liant (plâtre, ciment ou un mélange plâtre/ciment 70%/30% de prise très rapide) puis enterrement dans une décharge de déchets dangereux, et le traitement à l'UDT (Unité de Désorption thermique). Cette dernière opérant à forte température permet de récupérer le mercure et de neutraliser les gaz associés dégagés. Le coût du traitement UDT d'une tonne peut atteindre 400 à 500 €.

Pour les eaux, le traitement peut se faire sur site (cas de nappe ou de source d'eau contaminée). C'est aussi le cas des eaux ou des sédiments sur un site de point chaud (unité d'électrolyse à mercure de la SNCPA par ex). Cependant, il est souvent recommandé que l'opération de stabilisation du matériau ou son traitement à l'UDT, doit se faire sur le site de la décharge définitive du mercure et des déchets de mercure.

Enfin, il est difficile d'envisager de décontaminer des eaux ou des sols à faible contamination (exemple : eaux de la nappe phréatique d'el Arish et sols de la plaine, contaminés, voisins de l'unité d'électrolyse à mercure) surtout pour les coûts de traitement très élevés.

4.2 Collecte et traitement du mercure et déchets de mercure liés aux amalgames dentaires et produits de consommation à mercure ajouté

Amalgames dentaires et appareillages médicaux à mercure ajouté

La Circulaire n°1 du-2023 du 11 janvier 2023 du Ministre de la Santé stipule l'installation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires et cliniques privés, et cabinets publics des hôpitaux. L'application de cette circulaire conduit à la nécessité :

- De collecter les déchets d'amalgames, les séparateurs obsolètes et la vidange des séparateurs opérationnels ; cette opération doit se faire par une société de collecte

autorisée pour le transport et le dépôt de ces déchets de soins dans le centre de collecte (stockage provisoire) de déchets dangereux le plus proche sous le contrôle de l'ANGed ; le traitement (stabilisation) et l'élimination desdits déchets doivent se faire dans une décharge de produits dangereux ;

- dans l'alternative, les cabinets et cliniques dentaires privés peuvent contribuer à l'apport volontaire de leurs déchets d'amalgames et de séparateurs jusqu'au centre de collecte de déchets dangereux le plus proche sous la responsabilité de l'ANGed, surtout que dans les délégations des grandes cités, des centres de collecte de déchets dangereux existent ;
- Dans le cas des cabinets dentaires publics, il y a lieu d'instaurer le tri séparé des déchets de séparateurs d'amalgames, séparateurs obsolètes et déchets d'amalgames dans des containers dédiés ; ces containers seront ensuite enlevés, transportés et livrés aux centre de collecte de déchets dangereux le plus proche sous contrôle de l'ANGed.
- Dans tous les cas, il est recommandé que les déchets concernés soient déposés dans des caissons (poubelles) de couleur grise ou argentée, bien gardés sous clé pour éviter l'éparpillement ou le vol, dans un local à plancher bétonné ;
- Le bilan des émissions de mercure dans le milieu récepteur pour l'année 2022 montre que les thermomètres à mercure et les amalgames dentaires sont les sources dominantes de ces émissions ; ceci revient à considérer ces deux sources comme de véritables "points chauds". Il apparaît aussi que l'instauration des séparateurs d'amalgames, la collecte des déchets de soins chez les dentistes, le dépôt de ces déchets dans des centres régionaux dédiés, puis l'opération définitive de stabilisation de ces déchets et de leur élimination dans une décharge de déchets dangereux constituent une filière d'élimination qui ne sera que trop difficile à gérer et surtout trop coûteuse.
- Cette dernière remarque revient à analyser les deux alternatives :
 - Maintenir l'usage des séparateurs d'amalgame, malgré une gestion difficile et difficilement contrôlable de la filière, en plus des coûts supplémentaires élevés de ce mode de gestion ;
 - Abandonner et interdire totalement l'application des amalgames à Ag-Hg dans les cabinets privés et publics (plombage).
 - Le choix entre l'une et l'autre de ces deux options nécessitent une Analyse Coûts Bénéfices (ACB) du projet d'abandon des amalgames dentaires sur une période raisonnable de près de vingt ans.
- En ce qui concerne l'affiche ci-dessous, adoptée par l'ANCSEP pour la sensibilisation contre les dangers que présentent non seulement les appareillages à mercure ajouté (thermomètres, sphymomanomètres, sources de lumière à mercure, piles à mercure, etc.), il faudra ajouter les précautions et recommandations pour la collecte et le tri des déchets de soins dentaires.



Figure 18. Affiche de l'ANCSEP relative à la conduite à tenir en cas de casse d'un produit à mercure ajouté notamment dans les établissements de soins privés et publics.

- Un manuel spécifique de tri en amont des déchets de soins a aussi été édité et mis en application à l'hôpital Habib Thameur en 2015 (61 pages). Il s'agit du "Manuel spécifique des procédures de gestion des Déchets d'Activités de Soins" préparé dans le cadre du Projet PASP et PCB en application de la convention de Stockholm. Malheureusement, ce manuel n'insiste pas sur les dangers du mercure et la nécessité du tri obligatoire séparé des appareillages et produits à mercure ajouté (thermomètres, sphymomanomètres, sources de lumière, piles, etc.) et des séparateurs d'amalgames dentaires. Ce manuel peut être complété par une procédure séparée pour le tri en amont des appareillages médicaux à mercure ajouté, sources de lumière, piles, déchets d'amalgames, séparateurs d'amalgames et déchets de ces séparateurs. Dès lors une filière séparée de collecte, transport, et mise en dépôt dans le centre de collecte (de stockage provisoire) de déchets dangereux le plus proche. La stabilisation des déchets puis leur élimination dans une décharge de déchets dangereux sous la responsabilité de l'ANGed constituent l'étape finale de l'élimination définitive.



Figure 19. Page de garde du Manuel des procédures de gestion des déchets d'activités de soins de l'hôpital Habib Thameur.

Procédure globale de traitement et d'élimination des déchets d'amalgames et autres produits à mercure ajouté

Le traitement et l'élimination des déchets de ces produits nécessitent le plus grand soin pour prévenir la contamination des lieux et de l'opérateur par le mercure :

- Le traitement de ces déchets peut se heurter à l'existence d'objets encombrants (hétéroclites) ; dans ces conditions la découpe de ces hétéroclites doit se faire obligatoirement à froid ;
- Le traitement peut se faire par l'UDT dans un circuit fermé ; néanmoins la technologie n'est pas disponible en Tunisie et nécessite un financement conséquent ;
- Le traitement peut être par simple stabilisation du mercure et de ses déchets dans le plâtre, le ciment ou le mélange des deux, mais cette opération et la découpe précédente des hétéroclites, doivent obligatoirement s'effectuer sur le site de la décharge ultime de déchets dangereux ; c'est aussi la solution qui a été proposée pour l'élimination des déchets de l'unité d'électrolyse à mercure dans le cadre de l'étude du Ministère de l'Environnement en 2009.

La procédure globale de collecte, de stockage, de traitement et d'élimination des déchets d'amalgames peut dérouler comme suit.

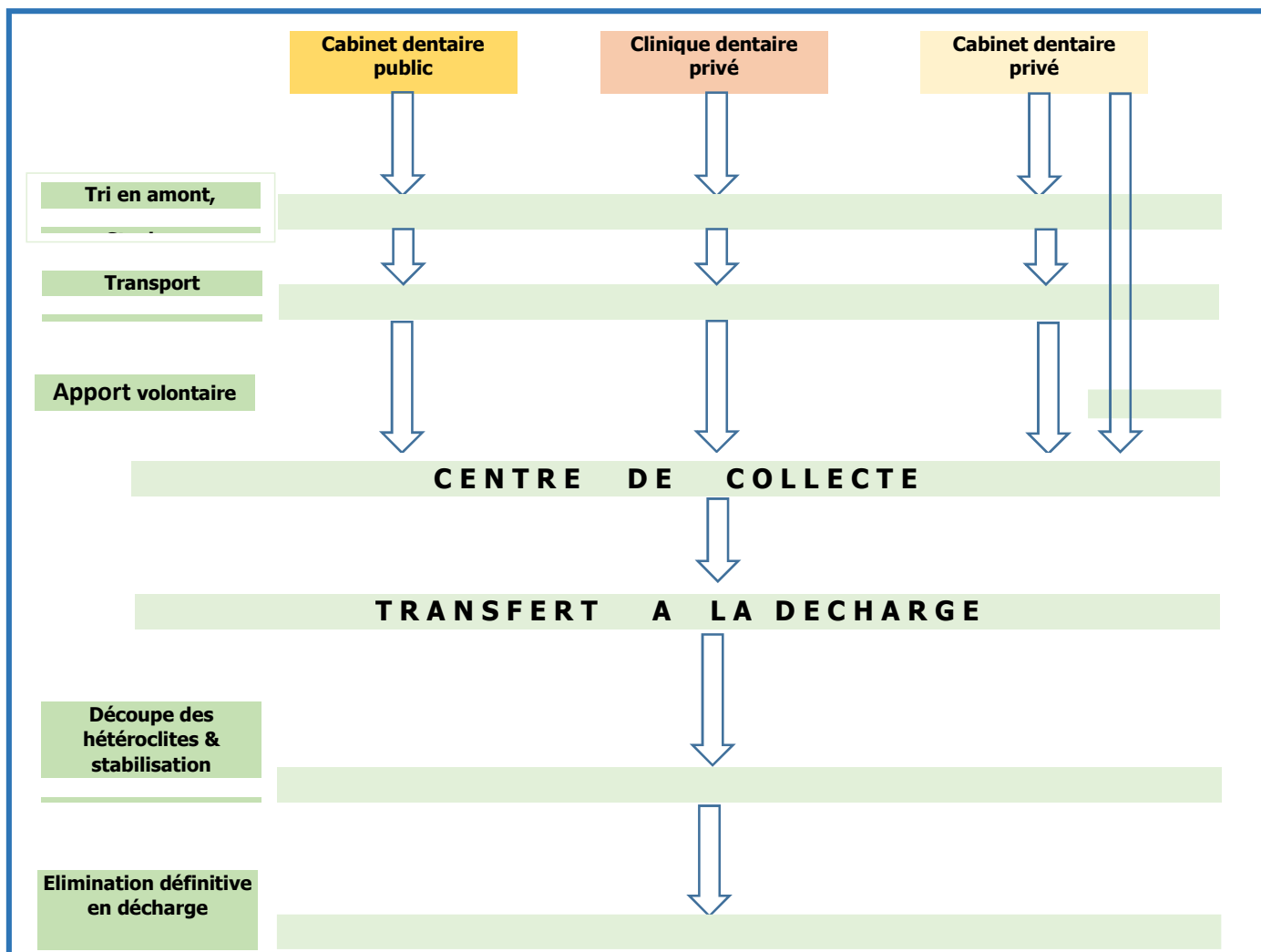


Figure 20. Protocole de gestion des déchets d’amalgames et d’autres appareillages médicaux et sources de lumière à mercure ajouté.

Les problèmes posés par la décharge ultime de déchets dangereux seront discutés à la fin de ce chapitre.

4.3 Travaux d’intervention sur le site de l’unité d’électrolyse à mercure à Kasserine

Le site de l’unité d’électrolyse à mercure de la SNCPA a fait en 2009 et en 2017, l’objet de deux études de dépollution importantes par le Ministère de l’Environnement (MEDD). Ces études ont porté sur l’évaluation des coûts de la dépollution de ce site, tout en comparant des variantes de dépollution basées sur le choix des techniques d’intervention et de dépollution. Ces deux études ont pris en considération la dépollution des sols les plus contaminés aux alentours de l’unité, les bétons, mais aussi les différentes composantes de l’unité d’électrolyse abandonnée. Elles ont aussi considéré la décontamination du sous-sol sur une profondeur d’environ 20 m qui s’est avéré contaminé suite à des opérations de forages carottés et analyse des eaux souterraines et de carottes de sédiments.

Première études de projet de dépollution (2009 et 2017)

L'étude de 2009 a comparé les coûts des deux variantes de dépollution :

- Concassage et lavage des gravats de bétons in situ et leur recyclage, puis démantèlement des différentes composantes de l'unité, transport sur le site de la décharge définitive, stabilisation et élimination .
- Le traitement des déchets contaminés de l'unité (autres que les concassas de bétons) a envisagé deux variantes de traitement :
 - Un traitement in situ à l'UDT, puis transfert des produits décontaminés vers une décharge de déchets dangereux ;
 - Un traitement ex-situ (sur le site de la décharge définitive), avec découpe à froid surtout des composantes métalliques, stabilisation dans un liant (plâtre, ciment, ou mélange plâtre/ciment) puis élimination dans une décharge de déchets dangereux. Celle-ci peut être la décharge de Jéradou dans la délégation d'Enfidaville, sinon une décharge créée au besoin, sur place au Nord de la plaine de Kesserine et du village d'el Arish, non loin de la vallée de l'Oued El Hatob.

La réévaluation du projet de dépollution dans le cadre du projet MEDD-ONUDI (SAP 12075) : "Improving Mercury Management in Tunisia" financé par le GEF, a proposé en 2017, le traitement in situ de tous les sous-sols, sols, gravats de béton et composantes de l'unité d'électrolyse à démanteler, par la technique UDT, puis l'élimination des déchets ultimes dans une décharge contrôlée.

Projet de mise en sécurité de l'unité d'électrolyse à mercure (2018-2019)

Cependant, le MEDD a décidé en fin 2017 et début 2018, de conduire le projet de mise en sécurité de l'unité d'électrolyse à mercure avec l'intervention de SEGOR (société spécialisée en dépollution). Ce projet n'a pas traité le sous-sol. Il s'est restreint au décapage des sols les plus contaminés du site, le démantèlement des bétons, et la découpe des différentes composantes de l'unité d'électrolyse à mercure.

Ce projet a conduit aux résultats suivants qui se constatent sur le site de l'ancienne unité d'électrolyse et qui ont été mentionnés précédemment. Ceux-ci englobent :

- Les travaux qui ont permis de dégager le terrain sur une surface d'environ 1650 m² qui a été recouvert de sables et de graviers, et de construire un mur de clôture ; ce terrain est mis en défens pour toute nouvelle construction ;
- La construction d'un hangar fermé, gardé et surveillé, de stockage provisoire des produits de démantèlement contaminés, situé au coin Sud-Est du terrain dégagé précédent, construit en dur (Llh : 10 m*12 m*4 m environ) ;
- Un tas de ferrailles a aussi été stocké à découvert au coin Sud-Ouest, sur le terrain dégagé du site de la SNCPA, près d'un ancien forage exploité par ce complexe ; ce stockage relève du principe connu en chimie que le mercure s'amalgame avec tous les métaux sauf le fer et il est donc assumé que cette ferraille est peu sinon très peu contaminée par le mercure.
- Environ 20 L de mercure métal (environ 270 Kg) ont aussi été récupérés (mercure sur le sol de l'unité, décomposeurs de l'électrolyse, etc.) et sont stockés dans un Dewar en fer hermétiquement fermée, disposé dans l'ancien dépôt de sel situé juste à l'Est du terrain de l'unité d'électrolyse à mercure.



Figure 21. Etat actuel du site mis en sécurité de l'unité d'électrolyse à mercure, montrant le terrain dégagé et clôturé, le dépôt de sel avec du mercure gardé en potiche, le hangar emplit de déchets contaminés en attente de traitement et d'élimination et plus au Sud-Ouest, le dépôt de ferrailles à découvert.

Projet de dépollution des déchets contaminés par le mercure stockés provisoirement dans le hangar

L'intervention de mise en sécurité de l'unité d'électrolyse représente un pas assez avancé dans la décontamination du site même si le sous-sol contaminé a été délaissé. Le projet réel en attente concerne seulement le traitement des déchets stockés contaminés par le mercure, et le béton de construction du hangar qui sont soumis à la contamination par le mercure.

Le mode de collecte, de transport, de traitement et d'élimination définitive de l'ensemble de ces déchets a déjà été proposé dans les études précédentes de 2009 et 2017. Deux modes opérationnels peuvent être envisagés :

Mode de gestion *in situ* : Ce mode s'adapte bien à la désorption thermique sur site malgré des quantités de déchets relativement réduites qui obligent à la mobilisation d'une unité de désorption thermique qui n'existe pas en Tunisie.

Mode traitement *ex situ* : reposant sur la découpe des hétéroclites dans les déchets, le concassage du béton du hangar de stockage, puis la stabilisation des déchets traités dans un liant plâtre/ciment. Ce mode de traitement est moins coûteux que le traitement par l'UDT ; il est plus pratique et s'adapte mieux au cas présent puisqu'au lieu d'être conduit sur le site, il peut s'opérer en parallèle de la phase d'élimination définitive des déchets dans une décharge contrôlée construite dans la région, ou dans une décharge de produits dangereux comme celle de Jeradou.

Ces deux modes potentiels de traitement conduisent aux schémas (protocoles) de traitement suivants.

Traitement in situ par UDT :

Tableau 19. Etapes du protocole de traitement des déchets contaminés par le mercure par l'UDT

Etape 1	Clôture du site de l'ancienne unité d'électrolyse, y compris le hangar de stockage pour éviter au mieux les retombées de la contamination sur les sols et installations voisines
Etape 2	Installation de l'UDT (unité de désorption thermique) sur le site dégagé de l'ancienne unité d'électrolyse

Etape 3	Découpe à froid des éléments encombrants dans les déchets contaminés en traitant progressivement dans l'UDT
Etape 4	Traitement direct à l'UDT des déchets contaminés en blocs ou relativement fins (boues, sols, etc.)
Etape 5	Démantèlement du hangar, concassage du béton et découpe à froid de la porte, puis passage à l'UDT
Etape 6	Analyse des déchets pour évaluer la contamination résiduelle
Etape 7*	Transport jusqu'à la décharge contrôlée la plus proche pour l'élimination définitive des déchets traités.

(*) **N.B.** En cas de faible contamination résiduelle, la stabilisation dans du ciment/plâtre n'est pas nécessaire.

Traitement ex situ

Etape 1	Clôture du site de l'ancienne unité d'électrolyse, y compris le hangar de stockage pour éviter au mieux les retombées de la contamination sur les sols et installations voisines
Etape 2	Découpe à froid des éléments encombrants dans les déchets contaminés et concassage du béton du hangar
Etape 3	Transport progressif des déchets dans des conteneurs en fer scellés jusqu'au lieu de décharge définitive (décharge contrôlée ou décharge de produits dangereux)
Etape 4	Prévenir la déverse des déchets sur le site de la décharge pour prévenir la contamination et stabiliser les déchets en déversant le contenu des containers en fer, directement dans le mélange stabilisant
Etape 5	Laisser prendre le liant (mélange plâtre/ciment de prise très rapide)
Etape 6	Elimination des déchets stabilisés dans la décharge contrôlée, ou dans la décharge de produits dangereux
Etape 7*	Recouvrir par une couche de sol d'une épaisseur excédant 1m et végétaliser.

4.4 Cas des deux anciens sites de points chauds miniers d'Oued Maaden et de Jebel el Arja-Sidi Khalifa

Il faut remarquer qu'en l'absence d'études d'évaluation détaillée de la contamination de ces deux sites par le mercure, il est prématuré de proposer une procédure de gestion de la pollution depuis l'intervention sur chaque site, jusqu'à la collecte des produits contaminés, leur transport, leur traitement et leur élimination dans une décharge. Les informations suivantes et propositions sont ainsi données à titre indicatif sur la foi des observations effectuées sur terrain et des données de la littérature nationale et internationale.

4.4.1 District d'Oued Maaden et production de mercure vierge

Il n'existe actuellement pas de données sur la contamination des sols locaux par le mercure. L'étude la plus récente a montré que dans la région, les sols de surface qui représentent un chapeau de fer, sont minéralisés et riches en mercure pouvant facilement atteindre 50 µg/g. Ceci ne veut pas dire que ce mercure est libre (en excédent lié à une contamination anthropique) et peut s'évaporer ou être entraîné dans les eaux de ruissellement pour porter atteinte à la santé humaine. En effet, il est possible qu'il s'agit de mercure bien que riche en surface, il est fixé dans les minéraux naturels d'altération.

D'après Sainfeld (1952), 24 tonnes de mercure ont été produites dans ce district. La minéralisation à cinabre et métacinabre provient d'une carrière située sur la Kedouat El

Oulahiiss, mais l'auteur n'indique pas le site exact des installations qui ont permis la production de mercure vierge.

Seule la carte Google indique l'existence locale des vestiges d'une laverie sur le cours de l'oued Berka, au Sud-Est du village actuel de Maaden.

Le district de l'oued Maaden a aussi produit de l'argent, du plomb et du cuivre dont l'enrichissement nécessite le traitement dans une laverie. L'existence de cette dernière ne peut donc pas constituer un motif certain de l'existence de vestiges d'anciens fours de production du mercure près de ladite laverie, mais il serait raisonnable de penser que l'enrichissement de la minéralisation du cinabre/métacinabre est aussi passé par la même installation. Dans un cas comme dans l'autre, il y a lieu de penser que le site de cette laverie aurait pu aussi accueillir les installations de production de mercure vierge.

Démarche proposée pour la reconnaissance du site et de sa contamination potentielle par du mercure anthropique

En l'absence d'indications sur l'excédent les teneurs en mercure (contamination) dans la zone indiquée, l'évaluation des teneurs en mercure dans les sols aux alentours du site de la laverie, devient nécessaire. Cette évaluation peut se faire de deux manières :

- Un échantillonnage stratégique à maille bien définie et analyse des échantillons pour leurs teneurs en mercure total à l'ICP-AES ou mieux à l'ICP-MES qui est une technique plus précise. La mesure de la fraction vaporisable de ce mercure peut aussi se faire directement à l'aide d'un Direct Mercury Analyzer DMA 800 disponible au CITET ;
- Un échantillonnage stratégique à maille bien définie et une analyse du mercure sur terrain à l'aide d'un appareil de fluorescence X portable sont aussi possibles. Il faut cependant prêter attention au fait que les résultats obtenus à l'aide de cette technique (Hg : de l'ordre du $\mu\text{g/g}$) dépendent largement de la géométrie de la mesure.



Figure 22. Extrait de la carte Google montrant la situation actuelle des vestiges de laverie.

Traitement des sols en cas de contamination avérée

Si le site d'installation des fours pour la production de mercure vierge est bien identifié, les analyses stratégiques conduites permettront d'évaluer le degré de contamination du site. En cas de contamination sérieuse, deux possibilités se présentent :

- Traitement des produits contaminés à l'UDT ;
- Simple décapage et élimination dans une carrière contrôlée locale, sachant bien que tous les sols de la région sont assez riches en mercure.

Il serait ainsi judicieux de décapier les sols contaminés et de les transporter vers une décharge à créer sur l'ancienne carrière d'extraction de cinabre sur la Kedouat el Oulahiss située plus au Nord-Est du site de la laverie. Les travaux de décontamination peuvent s'organiser en les étapes suivantes.

Etape 1	Clôture et sécurisation de la zone des travaux
Etape 2	Décapage des sols contaminés sur une profondeur de 2 m
Etape 3	Transport sécurisé des produits de décapage contaminés.
Etape 4	Dépôt en carrière
Etape 5	Recouvrir par une couche en terre de 2m et végétalisation.

4.4.2 District du Jebel el Arja-Sidi Khalifa et production de mercure vierge

Il existe de fortes chances pour que le site de l'unité de production de mercure vierge depuis les années 1960 jusqu'en 1973 y compris le bâtiment désaffecté de l'unité de production, et les sols environnants soient contaminés par le mercure. Néanmoins, aucune analyse n'a encore été conduite sur l'excédent potentiel de mercure sur ce bâtiment et sur les sols du site, lié à la contamination.

Ainsi, un futur programme stratégique peut avoir comme objectifs : l'analyse du mercure à l'intérieur du bâtiment, dans les sols de surface environnants et éventuellement dans des puits de reconnaissance (3 m de profondeur) ou mieux dans des forages carottés sur une profondeur d'au moins cinq mètres. Ces analyses permettront la reconnaissance de la contamination en surface et en profondeur par infiltration.

Il faut noter que le site de stockage et de broyage de la minéralisation est aussi contaminé par le mercure provenant surtout des poussières de cinabre émises durant le broyage. Par contre, une contamination des bâtiments d'administration, magasins, etc. est peu probable. En effet, le mercure est très lourd, le plus souvent gardé dans des potiches en fer de 34,5 Kg (volume $\approx$ 2,5 L) et il serait très probable que le mercure produit soit gardé sur le site de l'unité de production.

L'analyse du mercure en excédent dans les échantillons de béton, de sol et de sous-sol, doivent se faire à l'ICP-AES disponible au CITET (mais le mercure est volatile dans la flamme), sinon mieux l'ICP-MES, mais c'est une technique qui à notre connaissance, n'est pas disponible en Tunisie.

Les échantillons de sols lorsqu'ils sont meubles, se prêtent aussi à une analyse du mercure volatile à l'aide du Direct Mercury Analyzer DM 800 disponible au CITET.

Programme proposé en cas de dépollution du site

Pour ce site assez dégagé, situé sur un terrain forestier propriété de l'Etat, donc non habitable, le traitement de la contamination à l'UDT est trop coûteux et pratiquement inutile. Il serait raisonnable de procéder au démantèlement des bâtiments et au décapage des sols, leur enlèvement, transport et élimination en décharge.

Le programme proposé est comme suit :

Etape 1	Clôture et sécurisation de la zone des travaux
Etape 2	Démantèlement et concassage des bétons du bâtiment de l'unité de production de mercure vierge et de ses accessoires. Toute découpe d'éléments encombrants (portes, grilles, tubages, etc.) doit se faire obligatoirement à froid.
Etape 3	Décapage des sols contaminés sur une profondeur de 2 m
Etape 4	Transport sécurisé des gravats de bétons, déchets d'accessoires des produits de décapage contaminés.
Etape 5	Dépôt en décharge
Etape 6	Travaux de remblayage et de remise en état du site des travaux et végétalisation

Il faut rappeler aussi que l'exploitation minière dans ce district s'est effectué dans des galeries souterraines qui sont aujourd'hui fermées et interdites d'accès. Ces galeries sont situées plus au Sud des installations industrielles, au Jebel el Arja. Il serait alors judicieux de stocker les déchets dans l'une des galeries, puis ensuite de la fermer, de la condamner définitivement et de la répertorier minutieusement en tant que site de stockage de déchets de mercure, avec toutes les signalisations nécessaires.

5 CONTROLE ET SUIVI, BASE DE DONNEES

5.1 Programmes et réseaux existants, responsabilités et bases de données

Le contrôle et le suivi de la contamination des composantes du milieu récepteur sont de la responsabilité de l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement aidée dans cette tâche par d'autres organismes de l'Etat dont l'Observatoire Tunisie du Développement Durable (OTEDD), l'ANGed, l'APAL, l'ONAS, le Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Energie, et le Ministère des Transports.

Tous les éléments d'un véritable programme de contrôle et de suivi de la contamination/pollution ont été mis en place depuis plus de deux décennies. Les deux bases de données RNSQE (réseau de suivi de la qualité des eaux), et RNSQA (réseau de suivi de la qualité de l'air) peuvent être visitées sur le site de l'ANPE.

Le réseau national de la surveillance de la qualité de l'air offre les données journalières, mensuelles et annuelles, alors que le réseau de suivi de la qualité de l'eau recouvre tous les points projetés sur la carte deux fois par an à des fins d'analyse.

On constate cependant que la base de données RNSQA ne s'intéresse qu'aux gaz comme l'ozone (O_3), le gaz carbonique (CO_2), le dioxyde d'azote (NO_2), la teneur en PM_{10} , etc. dans des stations fixes, mais elle ne comporte aucune indication sur les teneurs en métaux lourds dans l'air ambiant tel que le mercure.

La base de données RNSQE ne s'intéresse qu'à la pollution des eaux à des stations fixes, par des anions majeurs dont en particulier les nitrites et les nitrates. Aucune mention n'est alors faite concernant la pollution des eaux par des métaux, dont le mercure. Les prélèvements et données sont biennaux.

L'Office National du Thermalisme et de l'Hydrothérapie (ONTH) relevant du ministère de la santé assure le suivi et le contrôle de la qualité des eaux mise en bouteilles (contrôle qualité ; contrôle bactériologique), mais il n'exige la composition des eaux embouteillées en éléments en trace comme le mercure, que dans le cadre de lancement de nouveaux projets d'usines. Il n'effectue donc pas de contrôle et de suivi réguliers de la qualité des eaux pour leurs teneurs en métaux toxiques, plus spécifiquement le mercure.

Il n'existe pas de réseau national de données sur la qualité des sols.

5.2 Programme de suivi et de contrôle à proposer pour le mercure

Pour l'eau et l'air, il ne s'agit pas de proposer un nouveau programme pour le mercure, puisque le contrôle et le suivi du mercure dans les eaux et dans l'air peut se faire par extension des programmes actuels cités plus haut. Cette extension peut aussi s'appliquer à d'autres métaux préoccupants (Pb, Cd, Cr, etc.). La difficulté qui peut être rencontrée tient aux moyens de financement et surtout à la disponibilité des moyens d'analyse.

Pour les sols, un nouveau programme similaire et parallèle (Réseau National de Suivi de la Qualité des Sols : RNSQS) peut facilement être adopté, moyennant le financement et la mise à disposition des moyens techniques d'analyse nécessaires.

5.3 Organigramme d'un réseau national de suivi de la qualité de l'air, de l'eau et du sol

L'organigramme du projet de contrôle et de suivi du mercure dans l'air, l'eau et le sol intégré dans les réseaux de contrôle et de suivi existants, étendu au contrôle et au suivi de la qualité des sols, est présenté dans le tableau suivant.

Il faut égerment noter que le Décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant constitue l'outil juridique de base pour le programme recherché de suivi et contrôle de la qualité de l'air, même si ce décret ne responsabilise aucune structure dans cette fonction. Ce décret sera discuté dans le dernier chapitre sur les conséquences réglementaires en fin de ce rapport.

Tableau 20. Organigramme pour la création d'un programme de contrôle et de suivi du mercure dans l'eau, l'air et le sol

AGENCE NATIONALE DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT						
Réseau	Composé et stations de mesure	Fréquence de mesure des gaz de l'air	Technique de mesure Hg sur terrain et au Labo	Opérateur pour Hg	Fréquence de mesure Hg	Base de données
RNSQA	Gaz de l'air	Journalière, mensuelle				RSQA
	Mercure		JEROME	CITET	Semestrielle	RSQA extension
RNSQE	Composés majeurs toxiques dans l'eau	Annuelle				RSQA
	Mercure ⁽¹⁾		ICP-AES ; ICP-MES	CITET	Annuelle	RSQA extension
RNSQS	Métaux toxiques préoccupants, en particulier le mercure ⁽²⁾		ICP-AES ; ICP-MES Direct Mercury Analyzer DMA 800	CITET	Annuelle	Nouvelle BD RSQS
⁽¹⁾ : Aux stations actuelles du réseau, ajouter les barrages de Mellègue 2, Barbara, Béni Mtir, Sarrath, Barrak, Sidi Salem, Sejnène, Joumine, Sidi Saâd						
⁽²⁾ : Stations : STIR, El Fouledh, Port de Rades, Port La Skhira, Port de Sousse, 1 ZI Tunis, 1 ZI Bizerte, 1 sédiment du cours du Mellègue, Sarrath, Méjerda (en aval de Mejez), amont du Barrak, amont Sidi Saad (oued Hatab), amont Sidi Saad (oued el Hajel), Sols de quatre grandes cités (Tunis, Bizerte, Sousse, Sfax), embouchure de l'Oued Méliane. Le suivi peut ensuite être étendu à d'autres stations.						

6 BIOSURVEILLANCE (PRODUITS DE CONSOMMATION, SANTE HUMAINE, ALIMENTS POUR BETAIL)

La biosurveillance visant à prévenir l'intoxication des produits de consommation et de l'imprégnation des individus par des matières toxiques, relèvent de la responsabilité du Ministère de la Santé et des attributions de l'ANCSEP et de l'INSSPA (Institut National de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires). Le contrôle et le suivi de la qualité des eaux de boissons relève de l'Office National du Thermalisme et de l'Hydrothérapie.

Contrôle et suivi de la qualité des produits alimentaires

Il n'existe pour l'instant pas de moyens analytiques, ou de base de données sur la qualité des produits de consommation. Pour la qualité de ces produits, il convient d'attirer l'attention sur la nécessité de renforcer les capacités humaines, mais aussi matérielles et analytiques de l'ANCSEP et de l'INSSPA pour le suivi et le contrôle régulier du mercure dans les produits de consommation pour l'homme et pour le bétail. Les données d'analyse régulière gagneraient aussi à être saisies dans une base de données dédiée.

En dehors des capacités humaines à renforcer et des moyens financiers à allouer, la technique d'analyse par le Direct Mercury Analyzer (DMA 800, disponible au CITET et au Labo. de l'INSPA situé près de l'administration de l'APIP au Port de La Goulette) apparaît la plus adaptée. Il s'agit en effet d'une technique très rapide, applicable sur les produits alimentaires frais (légumes, poissons, etc.) qui permettrait à l'ANCSEP, en cas de disponibilité, d'aller de l'avant dans ce type de suivi et contrôle et la construction d'une base de données dédiée.

Contrôle et suivi de la qualité de l'air ambiant dans les établissements de soins et dans les lieux publics hautement fréquentés

Le contrôle et le suivi de la qualité de l'air pour le mercure, sont très importants pour prévenir les risques d'imprégnation des individus par le mercure. L'appareil idéal qui permet d'assurer l'analyse du mercure dans l'air ambiant est le JEROME. Il s'agit d'un appareil portable, qui peut atteindre une précision de l'ordre du nanogramme mercure.

Dépistage du mercure chez l'homme

Il s'agit de dépister le mercure chez des personnes déjà atteintes par cet élément ou qui peuvent présenter des symptômes de sa maladie (hydrargyrie). Toutefois, aucun programme de ce type ne peut faire l'objet de conception, d'officialisation, d'application ou de divulgation de ses résultats quel qu'en soit le moyen (article, publication, rapport technique, etc.), sans l'avis préalable des deux Commissions d'Ethique Médicale (CNEM) et de Protection des Données Personnelles (CPDP) relevant du Ministère de la Santé.

Un programme national de dépistage du mercure chez l'homme à concevoir, implique ainsi la responsabilité du corps médical concerné, l'ANCSEP, l'INSSPA, la DHMPE, la Direction Générale de la Santé Publique et le Ministère de la Santé en général, et demeure assujéti à l'avis de deux Commissions CNEM et CPDP, et même celui de l'Instance de Protection des Données Personnelles.

7 INFORMATION, SENSIBILISATION ET EDUCATION

L'information, la sensibilisation et l'éducation constituent bien avant les programmes de suivi et de contrôle du mercure dans l'eau, l'air, le sol et les produits de consommation, le meilleur moyen d'éduquer le citoyen pour s'accoutumer avec une gestion saine des produits à mercure ajouté (thermomètres, sources de lumière, piles, matériel électronique, etc.), de prendre les précautions nécessaires en cas de casse de ces produits, ou de prévenir leur mélange avec les déchets ménagers et assimilés. Malgré un chemin difficile, cette éducation doit aboutir à éduquer le citoyen à contribuer aux efforts de tri en amont des déchets de ces produits dangereux, leur collecte séparée, voire même leur apport aux centres de collecte (de stockage) des produits dangereux en vue de leur traitement et élimination définitive.

Les moyens efficaces communément conseillés pour réussir cette éducation englobent la diffusion de brochures, les workshops, les spots publicitaires, les affiches, les banderoles, les journées porte-ouverte (ANGEd par ex.), etc., qui permettent de donner la juste mesure du combat contre un élément aussi dangereux que le mercure.

8 EN GUISE DE CONCLUSIONS : ANALYSE DES VALEURS LIMITES TOLEREES/RECOMMANDEES EN TUNISIE ET IMPLICATIONS REGLEMENTAIRES

L'un des objectifs principaux de ce rapport est d'aider à mettre à jour la législation nationale en matière de gestion du mercure pour s'aligner sur les dispositions de la CM. Il convient cependant de noter qu'il n'est pas de coutume que suite à la ratification d'une convention de promulguer des textes réglementaires qui apparaissent comme des lois, des arrêtés, des circulaires d'application de ladite convention. En effet, le simple fait de la ratification entraîne l'application de ses dispositions comme s'il s'agit d'éléments de la juridiction nationale.

Il en ressort aussi l'intérêt à mettre à jour les textes réglementaires existants pour s'aligner non seulement sur les dispositions de cette convention, mais aussi par mesure de conformité relative des textes réglementaires du pays avec ceux de pays partenaires pour des raisons d'échanges divers en autres économiques, éducatifs, de santé, environnementaux, cultureux etc.

8.1 Analyse des valeurs limites tolérées/recommandées pour le mercure de par le Monde et comparaison à la réglementation et normes en Tunisie

De par le Monde, la valeur limite tolérée/recommandée (eau, air, sol, rejets) pour un composé chimique toxique donné est définie sur la base de nombreux critères dont l'abondance naturelle de composé, ses sources d'émission, la dose journalière tolérée pour sa consommation humaine (DJT), mais aussi la technique de mesure la plus performante des teneurs de ce composé dans l'objectif recherché.

Il est alors utile de comparer la réglementation et les normes appliquées en Tunisie, aux recommandations et directives de l'OMS, de l'UE et du Canada par exemple, afin de comprendre les écarts éventuels entre les valeurs définies dans chaque cas.

8.1.1 Mercure dans les eaux de boisson humaine

Notons que les valeurs limite tolérées dans ce cas (NT 09.14) ne s'appliquent pas à l'eau minérale mise en bouteille répondant aux normes homologuées NT 09.33 et NT 09.83 (Arrêté du ministre de l'industrie du 17 juin 1997 portant homologation des normes tunisiennes relatives aux eaux minérales naturelles et eaux de table conditionnées). En principe, les eaux de tables et celles dites "minérales" doivent être indemnes de toute contamination (contrôlée par ONTH).

Le tableau suivant donne un exemple des marges de valeurs mesurées (en µg/L) du Hg, mais aussi en Pb et Cd dans des cours d'eau dans la Haute vallée de la Méjerda et dans le barrage de Nébeur pour rendre compte de l'ordre de grandeur des teneurs en Hg, Pb et Cd dans les eaux de ruissellement durant la période d'étiage. La prise en compte de Pb qui engendre le saturnisme, et Cd qui est cause de la maladie Itai Itai (aie aie en Japonais) est faite pour des raisons de comparaison, et par souci de ne pas oublier les dangers de ces deux métaux, pareils que ceux du mercure. En Europe, plusieurs études de suivi, contrôle et analyse du mercure dans les eaux de ruissellement indiquent que la teneur moyenne en cet élément devrait être <5µg/L.

Dans ce tableau sont aussi reportées les valeurs limites tolérées indiqués dans la norme NT 09.14, celles des directives OMS et de l'UE pour les eaux de boisson humaine, et les standards pour l'eau potable au Canada.

Tableau 21. Teneurs limite du mercure dans les eaux de boisson humaine autres que les eaux mises en bouteilles (en µg/L).

Recommandation/ réglementation	Hg des eaux de ruissellement	Eau de consommation humaine		
		Hg	Pb	Cd
Eau de ruissellement	Oueds et barrage Nébeur 0,8 (0,35-1,15)	≈ 1	13,4	0,24
NT 09.14		1 (?)	25	5
Directive UE 2022	<5	6	10	3
Directive OMS 2022	<5	6	10	3
Canada	-	1	5	7

Source : Norme NT 09.14 1983 (révisée 2013) ; CMA Canada (Hg (1986), Pb (2019), Cd (2020)) ; Directives OMS/UE (OMS/INERIS, 2017) ; teneurs dans les eaux de ruissellement en Tunisie (Mlayah et al. 2009). Le point d'interrogation relève de l'expression 1,0 µg/L utilisé dans la norme comme indiqué précédemment.

Ce tableau montre que les valeurs limite tolérées pour le mercure dans l'eau de boisson humaine en Tunisie et au Canada sont très faibles ; elles peuvent même être inférieures aux teneurs de Hg dans les eaux de ruissellement en Tunisie et à la valeur moyenne <5 de l'UE prouvée par un contrôle et suivi étroit de la qualité des eaux ruissellement en Europe sur une longue période. Des écarts similaires se constatent pour les teneurs limites tolérées par l'OMS/UE pour le cadmium (3 µg/L) et pour le plomb (10 µg/L), contre celles données pour le cadmium (5 µg/L en Tunisie et 7 µg/L au Canada) et pour le plomb (25 µg/L en Tunisie et 5 µg/L au Canada) prises pour comparaison.

La norme NT 09.14 n'explique pas les raisons du choix de la valeur limite tolérée du mercure dans l'eau de boisson humaine. Par contre, l'OMS et l'UE tiennent compte de critères précis permettent de fixer la valeur limite tolérée du mercure dans cette eau de boisson. Ces critères sont comme suit :

Spéciation du mercure : le mercure dans l'eau potable est considéré essentiellement inorganique, et la nourriture est la principale source de mercure pour les populations non exposées dans le cadre professionnel ;

Présence : le mercure est présent sous forme inorganique dans les eaux de surface et les eaux souterraines à des concentrations habituellement inférieures à 5 µg/L,

La DJT (dose journalière tolérée) : l'ingestion alimentaire moyenne de mercure dans de nombreux pays varie de 2 à 20 µg/jour par personne buvant environ deux litres d'eau par jour,

La DJT (dose journalière tolérée) : elle est 2 µg/kg Hg de poids corporel pour le mercure inorganique, sur la base d'une dose sans effet nocif observée (VTR) de 0,23 mg/kg de poids corporel par jour déterminée par l'expérience sur une longue période.

Limite de détection au dosage et précision de l'analyse : elle est de 0,05 µg/L par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) en vapeur froide ; 0,6 µg/L par SAA à plasma à couplage inductif ; 5 µg/L par spectrométrie d'absorption atomique de flamme (FAAS).

Performance du traitement : *une concentration inférieure à 1 µg/L (voir norme NT 09.14) devrait pouvoir être atteinte en traitant les eaux brutes non fortement contaminées par le mercure, et en utilisant des procédés incluant la coagulation/sédimentation/filtration, l'utilisation de charbon actif en poudre (CAP) et l'échange d'ions.*

Il en ressort que les critères de choix de la teneur limite tolérée du mercure dans l'eau de boisson au Canada, mais surtout en Tunisie qui nous intéresse, ne sont pas indiquées. La teneur limite de 1 µg/L de la norme NT 09.14 est tellement faible qu'il devient très difficile de la vérifier en cas de suivi et contrôle par l'analyse par spectroscopie d'absorption atomique en vapeur froide, par spectroscopie d'absorption atomique à couplage inductif, et par absorption atomique de flamme. Il est alors obligatoire de concentrer le mercure pour pouvoir analyser sa teneur de 1 µg/L arrêtée par la norme. La seule technique moderne pour la déterminer directement serait la spectrométrie d'émission de masse à couplage inductif, mais à notre connaissance, cette technique n'existe pas en Tunisie.

La teneur limite de Hg de la norme NT 09.14 est inférieure à la teneur en mercure considéré inorganique dans les eaux de ruissellement, ce qui conduit non seulement à des difficultés de dosage lors de suivi et de contrôle de la qualité des eaux destinées à la boisson, mais aussi à l'obligation virtuelle de les décontaminer. La valeur donnée pour cette norme doit donc être révisée.

Nous proposons que la teneur limite maximale du mercure dans l'eau de boisson humaine en Tunisie, soit portée à 6 µg/L comme indiqué plus haut dans ce rapport.

8.1.2 Mercure dans les eaux de rejets

Le mercure dans les eaux de rejets est assujéti à l'arrêté conjoint du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur, et abrogeant la norme NT 106.02. Les teneurs limites tolérées pour le rejet de mercure dans le domaine public maritime (DPM), le domaine public hydraulique (DPH) et dans les canalisations publiques sont données dans le tableau suivant. Dans ce tableau sont aussi portées les teneurs limites tolérées pour les rejets de mercure dans le milieu naturel en France, liés aux activités d'établissements classés pour l'environnement, et les rejets urbains.

Tableau 22. Teneurs limite du Hg tolérées pour les rejets d'eaux usées dans le milieu naturel (en µg/L)

Recommandation /réglementation	Hg dans les eaux de rejets	Teneurs limites Hg			Milieu naturel
		DPM	DPH	CP	
Eaux de rejet en Tunisie	Absence de données sur les valeurs moyennes de Hg	-	-	-	-
Arrêté du 26 mars 2018		5	5	10	-
France : Arrêté du 21 novembre 1991 (rejets des établissements classés, abrogé depuis 16.10.2007	Rejets eaux résiduaires ; adoption des MTD pour abaisser les rejets de mercure.	-	-	-	50
France arrêté du 2 février 1998 (version en vigueur au 30 octobre 2024) (1)	-	-	-	-	25

(1) Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation (version en vigueur au 30 octobre 2024)

Ces valeurs indiquent que les teneurs limite tolérées, fixées pour les rejets d'eaux usées dans le DPM et DPH en Tunisie, notamment celles qui proviennent des industries, sont trop basses. En effet, elles sont de l'ordre de la teneur moyenne du mercure supposé inorganique dans les eaux de ruissellement en Europe déterminée sur la foi de nombreuses études de suivi et de contrôle, et apparemment même celles de certains oueds et barrages du Nord de la Tunisie comme donné précédemment. Elles sont également du même ordre de grandeur du standard de qualité des eaux de boisson humaine recommandé récemment par l'OMS et l'UE (6 µg/L 2022) sur la base des critères évoqués précédemment. Aussi, lorsqu'elles sont comparées aux teneurs limites des rejets hydriques dans le milieu naturel en France (arrêté du 21 novembre 1991 (rejets des établissements classés, abrogé depuis 16.10.2007) ; et arrêté du 2 février 1998, version en vigueur au 30 octobre 2024), concernant les établissements classés pour l'environnement et les rejets d'eaux urbaines, toutes les valeurs fixées par l'arrêté ministériel du 26 mars 2018 (Tunisie) pour le mercure, apparaissent trop faibles. Elles sont donc très restrictives et doivent être réexaminées.

Il faut également bien noter que les rejets d'eaux usées des établissements classés en Tunisie ne sont pas pris en charge par les stations d'épuration de l'ONAS et que ces établissements sont tenus de traiter leur rejet (premier stade du traitement, au moins). Ceci ajoute à la difficulté d'appréciation, mais aussi du contrôle et du suivi de la qualité des rejets de ces établissements et des rejets dans les canalisations publiques, notamment pour ces faibles teneurs en mercure qui sont pratiquement à la limite de détection des appareillages d'analyse (SAA : spectrométrie d'absorption atomique de flamme par ex. ; voir plus haut).

Aussi nous suggérons que la teneur limite maximale du mercure dans le DPM, le DPH et dans les canalisations publique citée dans l'Arrêté du 26 mars 2018, soit portée à 25 µg/L. Cette valeur doit être vérifiée, modifiée ou confirmée par des chimistes, géochimistes, des toxicologues (médecins spécialisés, biochimistes, vétérinaires) sur la foi d'études de recherche et de rapports d'expérience, mais aussi par des spécialistes maîtrisant les techniques analytiques du mercure.

8.1.3 Emissions de mercure dans l'air

Comme avancé dans ce rapport, les mesures des teneurs en mercure dans l'air ambiant en Tunisie, sont très rares dans les rapports techniques, mais aussi dans la littérature nationale et internationale. Nous n'entendons pas ici les teneurs communément mesurées lors d'études de dangers ou de dépollution des établissements classés pour l'environnement (source fixe).

Schuster et al. (2002) dans leur étude des variations de la concentration du mercure dans l'atmosphère depuis 270 ans, rapportent que la teneur moyenne de cet élément dans l'air (sans intervention anthropique) devrait être de l'ordre de 4 ng/L en moyenne, soit environ 4 µg/m³. Cette valeur est très proche de la teneur limite de 5 µg/m³, fixée par le Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Acte enregistré 346) pour la pollution de l'air.

Tableau 23. Teneurs limite de mercure tolérées pour les émissions de mercure de source fixe et pour l'exposition au travail.

Recommandation/réglementation	Emissions de mercure
Moyenne de l'atmosphère	0,004 mg/m ³
Décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010 (polluants de l'air de source fixe, Tunisie.	Rejets de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés : si le flux horaire total de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés dépasse 1g/h, la valeur limite de concentration est de 0,05 mg/m ³ par métal et de 0,1 mg/m ³ pour la somme des métaux (exprimés en Cd + Hg + Tl)
Décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.	Ne se prononce pas sur le mercure
Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement. Version en vigueur au 30 octobre 2024.	Rejets de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés : si le flux horaire total de cadmium, mercure et thallium, et de leurs composés dépasse 1 g/h, la valeur limite de concentration est de 0,05 mg/m ³ par métal et de 0,1 mg/m ³ pour la somme des métaux (exprimés en Cd + Hg + Tl).
ACGH : Exposition au travail	0,025 mg/m ³

ACGH : American Conference of Governmental Hygienists

Le contraste entre les différentes teneurs limite du mercure dans ce tableau est assez net. D'abord, l'intervention de l'homme a nettement augmenté la teneur en Hg de l'atmosphère par rapport au fond géochimique naturel de l'ordre de 0,004 mg/m³. Ce contraste est aussi net entre la valeur recommandée pour l'exposition au travail (ACGH) pondérée sur une période d'activité de 8 heures, et la teneur limite tolérée pour les émissions de mercure considéré seul (0,05 mg/m³), à partir de source fixe en Tunisie et en France. Le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018 ne se prononce pas sur le seuil d'alerte concernant le mercure, mais on peut peut-être se référer au décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010 pour fixer ce seuil d'alerte à 0,05 mg/m³, comme ce décret le fait pour le cadmium avec un seuil d'alerte également de 0,05 mg/m³.

Il faut remarquer aussi que dans l'esprit de la Communauté Européenne, la lutte contre le mercure se focalise plutôt sur une forte tendance à l'encouragement de l'application des MTD disponibles et des MTE pour infléchir les rejets et les émissions anthropiques du mercure de manière régulière avec des objectifs fixés à atteindre à échéance. *Aussi, dans cet esprit, la tendance à vouloir établir des normes à respecter pour ces rejets et ces émissions devient pratiquement caduque.*

Pour la teneur maximale du mercure dans l'air ambiant (seuil d'alerte) autour des établissements classés pour l'environnement, nous suggérons une valeur de 0,03 µg/L. Cette valeur doit néanmoins être vérifiée par une équipe spécialisée de chimistes, géochimistes, toxicologues, et par des spécialistes des techniques analytiques sur la foi d'études et de rapports de suivi sur une période suffisante de ce type d'émissions lié au PM₁₀ autour des établissements classés.

8.1.4 Qualité des sols

Comme indiqué plus haut, le terme de valeurs de fond pour un sol regroupe trois niveaux de classification (Ademe, 2018) :

- Le fond géochimique : signifie la gamme de teneur en mercure dans la roche mère naturelle ;
- Le fond pédo-géochimique naturel : il relève des seuls phénomènes géologiques, pédologiques et biochimiques et des apports diffus naturels de mercure ;
- Le fond pédo-géochimique anthropisé : il est issu d'un apport diffus dû aux activités humaines passées et actuelles (retombées atmosphériques, substances introduites par les activités industrielles ou agricoles, activités minières, remblais, rejets de déchets, etc.).

Aussi, l'établissement des normes d'occupation régissant les teneurs en mercure d'un sol n'est pas conditionné par les deux premiers points précédents. Il concerne exclusivement le fond-géochimique anthropisé et donc le niveau de contamination par un apport supplémentaire de mercure souvent libre qui peut être néfaste pour l'environnement et pour la santé humaine.

Dans beaucoup de zones minières de la Tunisie, les sols peuvent être riches à très riches en mercure, indépendamment de l'anthropisation. Dans ces conditions le risque d'imprégnation de la population occupante est minime du fait même que dans ces sols le mercure peut être lié aux minéraux. Il est en quelque sorte stabilisé.

Par contre, les sols des régions qui ont fait l'objet d'exploitation minières et surtout d'extraction de mercure vierge, et dans les lieux de points chauds engendrés par des activités industrielles (cas du site de la SNCPA de Kasserine), le fond géochimique anthropisé peut poser problème selon le type d'occupation du sol (résidentiel, commercial, industriel, agricole). Dans ces conditions, il devient nécessaire de prévenir le risque de contamination de la population lié à l'excédent de mercure apporté par l'anthropisation.

Parmi les rares normes d'occupation des sols selon leur qualité en termes d'apport de mercure anthropisé, ont été rapportées plus haut pour les standards CCME qui ont parfois fait l'objet de source d'inspiration dans des études sur l'évaluation de la contamination de points chauds en Tunisie comme à Kasserine. Néanmoins, cette approche de vouloir établir des normes d'occupation des sols malgré leur contamination et surtout lorsqu'il s'agit de points chauds, va à l'encontre de l'objectif de la Convention de Minamata (article 1 : protection de l'environnement et de la santé humaine). Elle va aussi à l'encontre des dispositions relatives à la protection des personnes vulnérables (article 16 (1) ; article 18 (1) ; article 19 (1) ; article 22 (2)), l'engagement des pays parties à prévenir les points chauds (stocks de mercure de 50 tonnes ou des sources d'importation produisant des stocks de plus de 10 tonnes (article 3 (5)), l'élaboration de stratégies pour identifier et évaluer les sites contaminés, et prévenir le risque (article 12 (1,2) ; etc.

Ces arguments sont suffisants pour conclure que dans l'esprit de la Convention de Minamata, toute approche visant l'élaboration de standards d'occupation des sols ne peut être que contre-productive. Ceci n'empêche pas la tentative d'établir une norme pour se prononcer sur la teneur limite de mercure (anthropisée) pour pouvoir se prononcer sur l'état contaminé ou non d'un sol.

Aussi, nous proposons qu'un apport de mercure de 5 ppm supplémentaires par rapport au fond pédo-géochimique naturel, soit suffisant pour déclarer que le sol soit contaminé par le mercure.

8.1.5 Amalgames dentaires

Les recommandations sur l'élimination progressive des amalgames dentaires et l'encouragement à leur abandon progressif, font partie de l'Annexe A Partie 2 (amendée) de la convention de Minamata. Parmi ces mesures, les suivantes peuvent être citées :

- Promouvoir l'utilisation des meilleures pratiques environnementales dans les établissements de soins dentaires afin de réduire les rejets de mercure et de composés du mercure dans l'eau ;
- Définir des objectifs nationaux visant à réduire autant que possible leur utilisation ;
- Promouvoir l'utilisation de matériaux de restauration dentaire économiques et cliniquement efficaces qui ne contiennent pas de mercure ;
- Promouvoir les activités de recherche-développement axées sur des matériaux de restauration dentaire de qualité qui ne contiennent pas de mercure ;
- Encourager les polices d'assurance et programmes qui favorisent l'utilisation de matériaux de restauration dentaire de qualité sans mercure ;
- Proscrire ou empêcher, en prenant des mesures appropriées, ou déconseiller l'utilisation d'amalgames dentaires dans les interventions sur des dents de lait, des patients de moins de 15 ans et des femmes enceintes ou allaitantes, à moins que le praticien de l'art dentaire ne l'estime nécessaire en raison des besoins du patient

Il faut noter que dans cette Annexe et même dans le corps du texte de la Convention de Minamata, la notion de norme (eau, air, sol), n'est même pas évoquée.

A ce sujet, la Circulaire n°1-2023 du Ministre de la Santé instaure l'installation de séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires privés et publics pour réduire les rejets du mercure dans l'eau, et la Circulaire n°2-2023 interdit l'application des amalgames à mercure aux femmes enceintes et allaitantes, et aux enfants moins de 15 ans.

C'est cependant la gestion des déchets dangereux de mercure générés par les séparateurs qui doivent être collectés, traités et éliminés, qui pose problème. Le séparateur en lui-même s'il est mal entretenu peut constituer un mini "point chaud" dans le cabinet. D'un autre côté, l'élimination de l'amalgame y compris dans une décharge contrôlée ou une décharge de produits dangereux créera pour les futures générations un véritable point chaud du fait même que le mercure soit un polluant éternel, indestructible. Enfin, la filière de gestion des déchets de mercure est non seulement assez risquée en terme de contamination accidentelle, mais elle engendre aussi des coûts supplémentaires à supporter par les cabinets dentaires privés et publics et en particulier par l'ANGed.

Dès lors, la solution la plus rationnelle réside dans l'interdiction totale de leur importation et leur utilisation en obturation dentaire, comme ce fût fait pour l'abandon des thermomètres à mercure en 2018⁴.

8.2 Conséquences réglementaires et mise à jour de réglementations en vigueur en Tunisie

8.2.1 Nécessite de la mise à jour de certains textes réglementaires ciblés

L'étude de bilan des émissions de mercure pour l'année 2022 et les informations recueillies auprès des partenaires concernés, révèlent que la Tunisie ne dispose pas d'industries utilisant le mercure comme catalyseur, ou de fabrication de produits à mercure ajouté (Hg-thermomètres, piles, etc.). La seule usine Fawaniss (Sidi Abdelhamid, Sousse) produisant des sources de lumière, a déjà abandonné le procédé à mercure et s'est convertie au LED. La société SOTUPILE a déjà abandonné la fabrication de piles de mercure depuis 1997. La seule unité d'électrolyse à mercure de la SNCPA a été abandonnée depuis février 1998, et la mine de production de mercure vierge (Jebel el Arja-Sidi Khalifa) a été définitivement fermée depuis 1974.

Dès lors, l'adoption éventuelle d'un texte juridique global portant sur l'alignement de la réglementation Tunisienne sur les dispositions de la CM, qui ferait appel au MPE/MTD et qui permettrait une transition des procédés utilisant le mercure, vers des procédés sans mercure, n'est pas justifiée. Dès lors, l'adoption de ce type de texte à l'instar de ceux qui ont été adoptés par la communauté européenne par exemple, paraît improductive.

Seuls la mise à jour, l'amendement et la promulgation de nouveaux textes concernant certains produits (amalgames dentaires) et certains secteurs bien ciblés, s'imposent. Par conséquent, les propositions concernant les textes à envisager qui se dégagent de cette étude et qui ont déjà été soulignées à plusieurs reprises dans les chapitres 3, 4 et 5 de ce rapport, s'imposent.

8.2.2 Textes proposés

Le tableau ci-dessous résume l'analyse des textes et normes homologuées (NT 09.14 et NT 106.03) existants à mettre à jour, et les nouveaux textes à proposer conformément aux justifications soulignées dans les chapitres 3, 4 et 5 de ce rapport.

⁴ Nous venons d'apprendre que l'utilisation des amalgames pour l'obturation dentaire vient d'être interdite par l'UE.

Tableau 24. Propositions de mise à jour de textes réglementaires et de promulgation de nouveaux textes, et justifications.

Texte réglementaire à mettre à jour	Justifications pour l'alignement sur les dispositions de la CM	Modifications à apporter au texte juridique existant, article par article	Modifications à apporter	Ordre du texte proposé
1. Loi 2003-30 du 28 avril 2003 portant Code minier	Chapitre Premier : Dispositions générale et définitions 'page 1273, JORT n° 34 du 26 avril 2003. L'article 5 inclut le mercure dans les substances du 3 ^{ème} Groupe. Il est considéré comme mine autorisée à l'octroi de permis, puis de concession d'exploitation.	Aucun des autres articles de la loi qui demeurent globaux (pour toutes les substances), ne cite le mercure. Le texte de la loi demeure donc cohérent.	- Interdiction de l'octroi de permis pour la recherche du mercure, - interdiction de l'exploitation des minerais de mercure associé aux minéralisations polymétalliques	Loi modifiant la Loi 2003-30 du 28 avril 2003 portant Code minier
2. Arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur. JORT n°26 du 30 mars 2018, pages 822-827.	Les teneurs limites du mercure dans les rejets d'eaux usées dans le DPM et DPH, mais aussi dans les canalisations publiques, sont trop faibles, et difficiles à mesurer par les techniques disponibles. Toutes ces teneurs sont très proches de la teneur moyenne du mercure dans les eaux de ruissellement. Elles risquent donc d'être ni vérifiables, ni applicables. Les teneurs limite concernant les rejets d'eaux usées dans le DPM et DPH sont inférieures à la teneur limite du mercure autorisée pour le mercure dans les eaux de boisson humaine (OMS/UE).	Le mercure est cité dans l'article 9—b et cette citation demeure valable en cas de modification/	Toutes les valeurs limite des teneurs tolérées pour les rejets de mercure dans le DPM, DPH et Canalisations publiques et pour les rejets de toutes les catégories d'industries citées dans cet Arrêté doivent majorée à 25 µg/L (0,025 mg/L)	Arrêté modifiant l'Arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur. JORT n°26 du 30 mars 2018, pages 822-827 spécifiant de nouvelles teneurs du mercure dans les rejets. <i>Nous soulignons que les teneurs limite à tolérer de pour nombreux autres éléments dont Pb, Cd, Cr, etc. sont aussi à réviser.</i>
3. Norme homologuée NT.09.14, 1982 (révisée 2013).	La teneur limite autorisée pour la concentration du mercure dans l'eau de boisson humaine à l'exclusion des eaux conditionnées (embouteillées), est 1 ng.L (1 µg/L). Cette teneur est 5 fois inférieure à la teneur moyenne du mercure dans les eaux de ruissellement et eaux de nappes. Elle est aussi en dessous des limites de détection des meilleurs techniques analytiques disponibles. De fait, elle n'est ni mesurable, sinon très difficilement, ni vérifiable. Ceci empêche les opérations de contrôle et de suivi.	Le mercure n'est cité que dans le tableau 1B de la norme et doit toujours figurer à la même place. La modification proposée ne dérange pratiquement en rien la révision.	La valeur limite tolérée pour le mercure dans les eaux de boissons humaine doit être augmentée. Il est recommandé de s'aligner sur les recommandations de l'OMS (2022) pour porter cette teneur à 6 µg/L (0,006 mg/L). Ce fût également la démarche de l'UE en 2022 pour mettre à jour ce type de teneur et pour s'aligner sur les recommandations de l'OMS/	Arrêté du ministre de l'environnement et du ministre de l'industrie, de l'énergie et des mines modifiant la teneur limite tolérée pour mercure dans la norme NT 09.14.
4. Norme NT 106.03	Norme en vigueur aberrante pour la valeur fixée pour la teneur limite du mercure tolérée pour l'utilisation des eaux usées traitées pour l'agriculture. Dans la situation actuelle, cette teneur est la même que la teneur limite choisie pour le mercure dans la norme NT.09.14 relative à l'eau de boisson humaine.	La modification de la norme NT 106.03 pour le mercure s'impose. Il convient aussi de vérifier soigneusement toutes les valeurs limites tolérées indiquées pour tous les autres composants de l'eau usée par des spécialistes.	Au cas où cette norme sera maintenue, nous suggérons de fixer la teneur limite tolérée pour le mercure dans l'eau usée traitée utilisée à des fins agricoles à 25 µg/L, pour être cohérent avec le texte de l'arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et le ministre de l'industrie et des PME du 26 mars 2018. Le mercure est absent de ce texte, et les textes des articles concernent tous les polluants sans les citer nommément. Ces articles ne sont donc pas à modifier. Seule une ligne concernant le mercure [- Mercure (Hg) : 10 µg/m³ en moyenne annuelle] juste après celle du Cadmium.	Arrêté modifiant la teneur limite tolérée du mercure dans les eaux usées traitées utilisées en pour l'agriculture dans la norme NT 106.03.
5. Décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.. JORT n°42 du 25 mai 2018.	Ce décret ne donne pas de seuil d'alerte pour le mercure.	Fixer le seuil d'alerte en teneur moyenne sur une année.		Décret amendant le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, précisant le seuil d'alerte du mercure dans l'air ambiant
6. Normes de sols selon leur occupation	Nouveau texte réglementaire	Aucune modification : texte nouveau	Fixer une teneur limite toléré permettant la déclaration de sol contaminé par rapport au fond pédogéochimique local.	Arrêté du ministre de l'environnement et du ministre de l'industrie, de l'énergie et des mines relatif aux teneurs du mercure dans les sols contaminés et leur

				occupation.	
7. Amalgames dentaires	Le maintien de l'utilisation de amalgames Hg pour l'obturation peut être cause de la création de point chaud <i>intramuros</i> (cabinet dentaire) mais aussi après traitement et mise en décharge (polluant indestructible, éternel).	Aucune. Texte nouveau.	Interdiction de l'importation et de l'utilisation des amalgames pour l'obturation dentaire dans les cabinets dentaires privés et publics	Circulaire du Ministre de la Santé ⁵ .	

⁵ Il est de coutume que le Ministère de Santé use de Circulaires en matière de réglementation. Ceci permet d'alléger les procédures, y compris juridiques. D'ailleurs, l'interdiction des Hg-thermomètres, de leur importation et de leur usage pour la mesure de la température interne chez l'homme est un véritable succès.

8.2.3 Présentation des textes proposés

1^{er} cas : Loi odifiant la loi n0 2003-30 portant promulgation du Code minier

Il s'agit d'une loi modifiant la loi 2003-30 portant promulgation du Code minier, notamment son article premier.

Loi année-N° année-numéro, modifiant la loi 2003-30 portant promulgation du Code minier.

TJTRE PREMIER

DISPOSITIONS GENERALES ET DEFINITIONS

Article 5 Nouveau

Sont considérés comme "Mines" et classés en six groupes. les gîtes connus pour contenir Jes Substances Minérales suivantes :

1^{er} GROUPE :

Les combustibles solides tels que : le graphite, l'anhracite, la houille, le lignite et autres combustibles fossiles.

2ème GROUPE :

Les combustibles liquides et gazeux tels que : le bitume, l'asphalte, le pétrole et autres hydrocarbures liquides ou gazeux, l'hélium et autres gaz rares et toutes les sources liquides ou gazeuses d'origines géothermiques à haute ou à moyenne enthalpie.

3ème GROUPE :

- Les substances métalliques et semi-métalliques telles que : le fer, le plomb, le zinc, le cuivre, le baryum, le fluor, le strontium, le soufre, le manganèse, l'antimoine, l'aluminium, l'or, l'argent, l'étain, le bismuth, le cadmium, le chrome, le cobalt, le magnésium, le molybdène, le nickel, le tungstène, l'arsenic ..., à l'exclusion du mercure.
- Les substances radioactives telles que : l'uranium, le thorium et autres éléments radioactifs.
- Les pierres précieuses telles que : le diamant et autres.

4ème GROUPE :

Les sels naturels solides, ou dissous se présentant en gisements massifs ou en saumures naturelles tels que les chlorures (y compris le sel marin), les bromures, les iodures, les borates, les sulfates, les nitrates et les autres sels associés dans les mêmes gisements.

5ème GROUPE :

Les phosphates.

6ème GROUPE :

Les roches à prédominance mono-minérale notamment à applications industrielles autres que celles utilisées en génie civil tels que le kaolin, les illites, les smectites, la palygorskite, la calcite, la dolomite, la magnésite, la silice, les diatomites, le quartz, les feldspaths ...

Un arrêté conjoint du Ministre chargé des mines et du Ministre chargé des carrières établira, sur avis du Comité Consultatif des Mines, les limites qualitatives minimales des Substances Minérales appartenant au 6ème groupe.

2^{ème} cas : Modification de l'Arrêté du 26 mars 2018 relatif aux rejets d'effluents

Arrêté du Ministre de l'Environnement et du Ministre de l'industrie, de l'énergie et des mines du jj.mm.aa portant modification de l'arrêté du 26 mars 2018 du Ministre des Affaires locales et de l'environnement et du Ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur.

Article unique :

Les teneurs limite tolérées pour le mercure Hg dans les rejets d'eaux usées dans le domaine public maritime (DPM), dans le domaine public hydraulique (DPH) et dans les canalisations publiques (CP) citées dans l'Annexe 1, sont fixées à la même valeur de **0,025 mg/l**.

Le Ministre de l'Environnement

Le Ministre de l'Industrie, de l'Energie et des Mines

3^{ème} cas : Modification de la teneur limite en mercure dans la norme NT 09.14

Il est proposé de modifier la teneur limite tolérée pour le mercure dans la norme NT 09.14. Cette révision consiste en la seule modification de la valeur limite tolérée du mercure dans le tableau 1B, et de la remplacer par **6 µg/L** au lieu de 1,0 µg/L. Le reste du texte et des tableaux demeure à l'identique sauf vérifications pour d'autres chiffres concernant des métaux autres que le mercure, comme souligné plus haut.

Arrêté du Ministre de l'environnement du jj.m.aa. modifiant la teneur limite tolérée pour le mercure dans la Norme NT 09.14 relative aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées.

Article unique :

La teneur limite tolérée, fixée pour le mercure dans le tableau 1B de la norme NT 09.14 relative aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées, est modifiée et fixée à 6 µg/l.

Le Ministre de l'Environnement

Tableau 25. Modifications au tableau 1B de la norme NT 09.14 (2013) concernant le mercure dans l'eau de boisson humaine.

Tableau 1B	Teneur limite maximale suggérée	
Mercure	6	µg/L
Nickel	70	µg/L
Nitrate (NO ₃ ⁻)	45	µg/L
Etc.		

4^{ème} Cas : Modification de la teneur maximale en mercure dans la Norme NT 106.03 (1989)

Comme expliqué dans le texte du rapport et dans le tableau précédent, la teneur limite maximale du mercure dans l'eau usée traitée utilisée à des fins agricoles, est aujourd'hui égale à la valeur fixée pour la teneur limite tolérée du mercure dans l'eau de boisson humaine.

Nous suggérons après analyse, une teneur limite tolérée pour le mercure de **30 µg/L** pour les eaux usées traitées utilisées en agriculture, pour être cohérent avec la modification précédente de ce qui proposé dans l'Arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des PME, du 26 mars 2018 relatif aux rejets d'eaux usées dans le DPM, DPH et CP.

Arrêté du Ministre de l'environnement du jj.mm.aa. modifiant la teneur limite tolérée pour le mercure dans la Norme NT 106.03 relative aux eaux usées traitées utilisées en agriculture.

Article unique

La teneur limite tolérée du mercure dans les eaux usées traitées utilisées en agriculture, citée dans la norme NT 106.03, est fixée à 0,03 mg/l.

Le Ministre de l'Environnement

5ème cas : Décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limite et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.. JORT n°42 du 25 mai 2018.

Ce décret ne fixe pas une valeur seuil d'alerte pour le mercure dans l'air ambiant.

8. Les métaux lourds
• Plomb (Pb)
Valeur limites : 0,5 µg/m ³ en moyenne annuelle.
• Arsenic (As), Cadmium (Cd) et Nickel (Ni)
Valeurs limites : calculées par rapport au contenu total des particules en suspension dont le diamètre est inférieur ou égale à 10 micromètre (PM ₁₀) :
- Arsenic (As) : 6 ng/m ³ en moyenne annuelle.
- Cadmium (Cd) : 5 ng/m ³ en moyenne annuelle.
- Nickel (Ni) : 20 ng/m ³ en moyenne annuelle.
9. Sulfures d'Hydrogène (H₂S)
Valeur limites : 200 µg/m ³ pour la moyenne horaire.
10. Benzo (a) pyrène
- Valeur limites : 1 ng/m ³ pour la moyenne annuelle calculée en fonction du contenu total des particules en suspension dont le diamètre est inférieure ou égale à 10 micromètre (PM ₁₀)

Figure 23. Extrait de ce décret en vigueur au 31 octobre 2023 (JORT n°42 du 25 mai 2018, p. 1880).

Par exemple, l'étude conduite au Canada dans le cadre du projet d'extension de CAP-3000 sur la commune de Saint-Laurent-du-Var (Canada), est plus complète et donne les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour l'ensemble des métaux cités et surtout pour le mercure comme donné ci-dessous.

Tableau 26. Extrait de l'Annexe "Analyse des effets du projet pour la santé humaine" de l'étude Projet d'extension de CAP-3000 sur la commune de Saint-Laurent-du-Var (Canada).

Élément	Source	Voie exposition	Facteur incertitude	Valeur de référence	Unité	Année de révision
Arsenic	OEHHA	Inhalation	Non disponible	0,03	µg/m ³	2005
Cadmium	OMS	Inhalation	Non disponible	0,005	µg/m ³	2000
Chrome	US EPA	Inhalation	90	0,008	µg/m ³	1998
Mercure	ATSDR	Inhalation	30	0,2	µg/m ³	2001
Nickel	ATSDR	Inhalation	30	0,09	µg/m ³	2005
Plomb	OMS	Inhalation	Non disponible	0,5	µg/m ³	2000

OEHHA Office of Environmental Health Hazard Assessment; OMS Organisation Mondiale de la Santé; US-EPA: United States-Environment Protection Agency; ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry

1. Des concentrations de l'ordre du ng/L pour la plupart des métaux lourds sont dans les particules PM₁₀ (particules dont le diamètre équivalent est inférieur ou égal à 10 µm), mais elles ne sont pas déterminables directement dans 1 m³ d'air, et pour la précision de mesure, il faudra pomper ces particules et les concentrer sur un filtre pour une durée horaire déterminée, avant de les analyser pour l'élément visé.
2. Pour le mercure seul, une teneur maximale (basée sur la dose VTR) est facilement déterminable par un JEROME portable. La précision de cet appareil est de l'ordre de nanogramme de mercure (ce qui est 200 fois inférieur à sa VTR). Cette VTR indiquée dans le tableau précédent, comparée à celles des autres métaux, indique que la majorité du mercure (plus de 95%) existe dans l'air sous forme de gaz libre, ce qui est assez exceptionnel pour cet élément.
3. Pour la teneur limite tolérée du mercure dans l'air ambiant modifiant le décret gouvernemental en question, nous proposons la valeur de 5 µg/m³ sachant bien que l'essentiel de cette quantité dans l'air existe sous forme de vapeur de mercure élémentaire, et non comme mercure associé aux particules PM10 comme c'est le cas de la plupart des métaux cité dans le décret en question.

Décret gouvernemental n° aa.numéro du jj.mm.aa modifiant le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limite et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.

Article unique :

Le seuil d'alerte relatif à la teneur maximale du mercure mesurée dans l'air ambiant pour la moyenne horaire, est fixé à 5 µg/m³.

Le Chef du Gouvernement

6^{ème} cas : Proposition d'un texte réglementaire sur les valeurs limite tolérées pour les sols selon leur vocation (occupation)

Comme porté dans le texte du rapport, toute proposition de ce type de normes est dans une certaine mesure, contraire aux dispositions de la Convention de Minamata. Selon ces dispositions, la place aujourd'hui n'est plus à l'établissement d'une telle norme ; elle est plutôt à la mise en œuvre des MPE et MTD pour préserver les sols de la pollution par le mercure et pour dépolluer les sols contaminés par cet élément afin de prévenir ses impacts sur l'environnement et sur la santé humaine.

Ceci n'empêche pas que certains pays se sont dotés de normes de sols visant certains objectifs :

- Prévenir la contamination des ressources en sols par le mercure ;
- Réglementer l'occupation (usage) des sols selon leur degré de contamination par cet élément.

Rappelons que dans tous les cas, il est bien entendu que la contamination résulte de l'apport anthropique de mercure dans le sol, suite à des activités engendrant des rejets et/ou des émissions de mercure. Ce type de norme ne s'étend pas au cas de sédiments des embouchures de fleuves/oueds, et ceux du domaine marin proximal et du large.

En définitive, nous attirons l'attention du lecteur sur les deux réalités suivantes :

- L'arrêté qui suit n'est qu'une tentative qui jette les bases d'un texte réglementaire définitif, mais il ne prétend pas être définitif en lui-même, avec une adoption et une application dans l'immédiat ;
- Il faut noter le manque quasi-total des mesures de teneurs de mercure dans les sols et l'absence d'un réseau national de suivi et de contrôle des teneurs en mercure dans les sols (voir la proposition du RNSQS : Réseau National de Suivi de la Qualité des Sols, développée plus haut dans ce texte). L'adoption et l'application d'un tel texte réglementaire pour les sols et leur occupation, demeurent tributaires de l'avancement réel des travaux de ce réseau national et l'acquisition des données les plus complètes possibles et leur saisine dans une base de données nationale.

Arrêté du Ministre de l'environnement du jj/mm/aa., relatif à la contamination des sols par le mercure et leur occupation.

Sur proposition du ministre de l'environnement et du ministre de l'industrie, des mines et de l'énergie,

- Vu la constitution,
- Vu le code du travail promulgué par la loi n° 66-27 du 30 avril 1966, ensemble les textes qui l'ont modifié ou complété et notamment le décret-loi n° 2011-115 du 2 novembre 2011,
- Vu le code des eaux promulgué par la loi n° 75-16 du 31 mars 1975, ensemble les textes qui l'ont modifié ou complété et notamment le décret n° 2001-2606 du 9 novembre 2001,
- Vu la loi n° 88-91 du 2 août 1988, portant création d'une agence nationale de protection de l'environnement, telle que modifiée par la loi n° 92-115 du 30 novembre 1992 et notamment les articles 8 et 11, Vu la loi n° 93-41 du 19 avril 1993, relative à l'office national de l'assainissement, telle que complétée par la loi n° 2004-70 du 2 août 2004 et par la loi n° 2007-35 du 4 juin 2007,
- Vu la loi n° 95-70 du 17 juillet 1995, relative à la conservation des eaux et du sol,
- Vu la loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination, telle que complétée par la loi n° 2001-14 du 30 janvier 2001, portant simplification des procédures administratives relatives aux autorisations délivrées par le ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire dans les domaines de sa compétence,
- Vu la loi n° 2009-38 du 30 juin 2009, relative au système national de normalisation, telle que modifiée par la loi n° 2016-16 du 3 mars 2016,
- Vu le décret n° 79-768 du 8 septembre 1979, réglementant les conditions de branchement et de déversement des effluents dans le réseau public d'assainissement,
- Vu le décret n° 81-793 du 9 juin 1981, portant organisation des services de l'administration centrale du ministère de la santé publique, ensemble les textes qui l'ont modifié ou complété et notamment le décret n° 2014-3939 du 24 octobre 2014,

- Vu le décret n°85-56 du 2 janvier 1985, relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur,
- Vu le décret n° 89-1047 du 28 juillet 1989, fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles, tel que modifié par le décret n° 93- 2447 du 13 décembre 1993,
- Vu le décret n° 90-2273 du 25 décembre 1990, portant statut des experts contrôleurs de l'agence nationale de protection de l'environnement,
- Vu le décret n° 93-2120 du 25 octobre 1993, fixant les conditions et les modalités d'intervention du fonds de dépollution, tel que modifié par le décret n° 2005- 2636 du 24 septembre 2005,
- Vu le décret n° 94-1885 du 12 septembre 1994, fixant les conditions de déversement et de rejet des eaux résiduaires autres que domestiques dans les réseaux d'assainissement implantés dans les zones d'intervention de l'office national de l'assainissement,
- Vu le décret n° 94-2050 du 3 octobre 1994, fixant les conditions de raccordement aux réseaux publics d'assainissement dans les zones d'intervention de l'office national de l'assainissement, tel que modifié par le décret n° 2001-1534 du 25 juin 2001,
- Vu le décret n° 95-916 du 22 mai 1995, fixant les attributions du ministère de l'industrie, tel que modifié et complété notamment par le décret gouvernemental n° 2016-294 du 9 mars 2016,
- Vu le décret n° 2000-2339 du 10 octobre 2000 fixant la liste des déchets dangereux,
- Vu le décret n° 2005-1991 du 11 juillet 2005, relatif à l'étude d'impact sur l'environnement et fixant les catégories d'unités soumises à l'étude d'impact sur l'environnement et les catégories d'unités soumises aux cahiers des charges,
- Vu le décret n° 2005-2933 du 1er novembre 2005, fixant les attributions du ministère de l'environnement et du développement durable et notamment son article 2,
- Vu le décret n° 2005-3280 du 19 décembre 2005, fixant les conditions et les procédures d'octroi de la concession de financement, de la réalisation et d'exploitation des ouvrages d'assainissement à des personnes privées,
- Vu le décret n° 2006-2687 du 9 octobre 2006, relatif aux procédures d'ouverture des établissements dangereux ou insalubres ou incommodes et leur exploitation,
- Vu le décret n° 2024-451 du 7 août 2024, portant nomination du Chef du Gouvernement.
- Vu le décret Présidentiel n° 2017-124 du 12 septembre 2017, portant nomination de membres de gouvernement,
- Vu le décret n° 2024-465 du 25 août 2024, portant nomination des membres de gouvernement,
- Vu l'arrêté du ministre de l'économie nationale du 20 juillet 1989, portant homologation de la norme tunisienne relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique.

Arrêtent :

Article premier : Les dispositions du présent arrêté fixent les valeurs limites des teneurs en mercure dans les sols contaminés par cet élément et leur occupation.

Art. 2 - Au sens des dispositions du présent arrêté, on entend par :

1) Sol : la formation naturelle de la surface de la terre, de structure meuble, d'épaisseur variable et permettant le développement de la végétation, comme défini par la loi n° 95-70 du 17 juillet 1995, relative à la conservation des eaux et du sol, susvisée,

2) Milieu récepteur : le milieu dans lequel on rejette des effluents ou qui peut être sujet à des retombées diverses de la contamination par des substances toxiques, y compris le domaine hydraulique tel que défini par le code des eaux,

3) Teneur limite maximale du mercure : la quantité maximale du mercure rejeté dans le sol en surplus de la teneur moyenne naturelle du mercure dans ce sol à l'échelle d'un endroit ou d'une région donnée.

4) Usage d'un sol : occupation d'un sol à des fins d'activité agricole, de résidence, ou d'établissement commercial ou industriel.

Art. 3 : Les concentrations en mercure doivent être conformes aux valeurs limites pour le sol récepteur indiquées dans le présent arrêté.

Art. 4 : Les valeurs limites sont appliquées sur la base de mesures, et analyses sur des échantillons prélevés régulièrement sur vingt-quatre heures à l'aide d'un dispositif d'échantillonnage.

La valeur limite de mercure dans un sol est précisée comme suit : en mg/Kg de matière sèche du sol.

Les méthodes de prélèvement et d'analyse des échantillons de sol pour le mercure doivent être conformes aux normes tunisiennes, et en cas d'absence de normes tunisiennes, les normes internationales seront appliquées.

Art. 5 : Sont déclarés contaminés par le mercure, tous les sols ayant subi un apport supplémentaire d'origine anthropique par rejets, de 5mg/Kg comparé à la teneur moyenne naturelle mesurée pour les sols d'une localité ou d'une région donnée.

La fréquence des analyses pour le contrôle des rejets de mercure dans le sol, est fixée est fixée pour une période biennale.

Art. 6 : Tous sols contaminés par le mercure demeurent réservés aux usages agricole, résidentiel, commercial et industriel, à l'exclusion des activités industrielles à intrants ou extrants contenant du mercure ajouté.

Art. 7 : Est déclaré pollué tout sol d'une localité ou d'une région, dont l'excédent de mercure provenant de rejets anthropiques, est supérieur à la teneur maximale tolérée de cet élément de 5mg/Kg de matière sèche du sol.

Art. 8 ! Pour toute déclaration de sol pollué par le mercure, le public doit être informé, l'occupation de ce sol surveillée et contrôlée, et les études et travaux de dépollution doivent être engagés sur la base des meilleures pratiques environnementales et des meilleures techniques disponibles.

Art. 9 : Le ministre chargé de l'industrie et le ministre chargé de l'environnement, peuvent accorder par décision, au cas par cas, et pour une durée déterminée des dérogations à l'application de l'obligation de respecter la valeur limite tolérée pour l'excédent de mercure dans un sol donné, et ce après avis des ministères concernés.

Art. 10 : Les infractions aux dispositions du présent arrêté sont constatées et poursuivies conformément à la législation en vigueur.

Art. 11 : Le présent arrêté prend effet après six mois à compter de la date de sa publication au Journal Officiel de la République Tunisienne et après deux ans pour l'application des valeurs limites tolérées pour le mercure dans les sols.

Art. 12 - Le présent arrêté sera publié au Journal Officiel de la République Tunisienne.

7^{ème} Cas : Interdiction des amalgames pour l'obturation dentaire

Malgré la pertinence de l'utilisation des séparateurs d'amalgames dans les cabinets dentaires, cette mesure ne satisfait pas l'ensemble des recommandations de l'Annexe 1 partie 2 amendé de la Convention de Minamata cités plus haut. Les séparateurs d'amalgames constituent en effet, des mini-"hotspots" *intramuros* (dans les cabinets dentaires) et conduisent à des "hotspots" d'un polluant éternel, laissés pour les générations futures après traitement des déchets d'amalgames et élimination dans des décharges. Ceci implique aussi des difficultés de collecte, de stockage provisoire, de transport, de traitement et d'élimination définitive, ce qui engendre des coûts parfois exorbitants de gestion de ces déchets du mercure. La position la plus rationnelle et la plus bénéfique est d'interdire totalement leur importation et leur utilisation en obturation dentaire. Aussi le texte suivant d'une circulaire du Ministre de la Santé, peut être proposé.

Il faut rappeler que de coutume, le Ministère de la santé légifère par voie de circulaires pour alléger les procédures administratives de préparation, de finalisation et de mise en application des textes juridiques.

Circulaire Année-N° du ministre de la santé relative à l'interdiction de mettre sur le marché des amalgames dentaires à mercure destinés à l'obturation dentaire.

Références : Loi n° 63 du 29 juillet 1991, relative à l'organisation sanitaire.

Loi n° 92-117 du 7 décembre 1992, relative à la protection du consommateur et notamment ses articles 7 et 20.

Arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur. JORT n°26 du 30 mars 2018, pages 822-827.

Décret n° 2339 du 10 octobre 2000 fixant la liste des déchets dangereux.

Dans le cadre de suivi et de la consolidation de la sécurité sanitaire et par mesure de précaution et de protection de la santé contre la gravité des séquelles liées à l'utilisation des amalgames dentaires à mercure sur la santé et sur l'environnement.

Et considérant l'avis des autorités internationales notamment l'OMS et en se basant sur la convention de Minamata (notamment son Annexe 1 partie 2 amendée) sur l'interdiction progressive de l'utilisation des produits sanitaires à mercure ajouté dont les amalgames dentaires ;

Les dispositions suivantes doivent être respectées par les cabinets dentaires privés et publics et les organismes concernés :

1. Pour interdire la mise sur le marché des amalgames à mercure destinés à l'obturation dentaire.
2. Pour interdire l'utilisation des amalgames à mercure dans les cabinets dentaires privés et publics.
3. Par mesure transitoire, il sera procédé à :

La suppression progressive des amalgames à mercure dans les cabinets dentaires privés et publics en tenant compte des mesures de sécurité nécessaires dans un délai ne dépassant pas une année de la date de publication de la présente circulaire.

Le Ministre de la Santé

Références consultées

- Ademe, 2018.** Guide pour la détermination des valeurs de fonds dans les sols – Echelle d'un site. Pour une connaissance de la qualité chimique habituelle des sols. Groupe de travail sur les valeurs de fonds. 133 pages
- AMEC Earth and Environmental, AMEC Americas Ltd, 2005.** Etude de Dépollution du Site de la SNCPA à Kasserine. Version française.
- Ben Souissi, J. Zaouali, S. Aouij, E. Orlando, M. Mazghouni, M. Rezig, 1998.** Teneurs en métaux traces des sédiments de surface du Lac Sud de Tunis avant restauration (IAEA-SM-354/14). Marine pollution Proceedings of a symposium held in Monaco, 5-9 October 1998, IAEA-TECDOC-1094, pp 13-18.
- Chouba L., R Ennour, E Derouiche, Ch Tissaoui, 2016.** Etude des métaux traces (Cd, pb, hg) dans la chair des poissons des fermes aquacoles Tunisiennes. INSTM Bulletin, Vol. 43 (2016): Special Issue: Proceedings of the Closing Seminar "Quality and innovation for the promotion of aquaculture products: the Tunisian-Sicilian Cross-border contribution", Hammamet, Tunisia 18 - 20 April 2016
- Chouba, N. et Mzoughi-Aguir N., 2006.** Les métaux traces (Cd, Pb, Hg) et les hydrocarbures totaux dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbo, Vol. 33, 93-100.
- Deutsches Institut für Entwicklungspolitik : La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie,** par Suzanne Neubert et Sihem Benabdallah, Etudes et rapport d'expertises 11/2003, Page 15, Bonn 2003, 96p.
- GEREP Environnement 2009.** Etude de Faisabilité de la Dépollution du site de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa, Gouvernorat de Kasserine, Rapports Phase 1&2 du Projet, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable de Tunisie.
- Gharbi H., M. Hadj Ali, H.L. Atrouss, 1987.** Mercure et matière organique dans le lac de Bizerte. Bull. Inst. natn. scient. tech. Océanogr. Pêche Salammbo, n°14 : 71 – 75.
- Gworek B, O. Bemowska-Katubun , M. Kijńska J. Wrzosek-Jakubowska, 2016.** 1Mercury in Marine and Oceanic Waters-a Review. Water Air Soil Pollution, 227(10):371.
- Hadj Ali M, M. Belkhir, H. Amara, 1986.** Sur la présence de mercure dans certains produits marins et lagunaires de Tunisie. Bulletin INSTM, Vol 13, p. 5-12.
- Harada M.1995.**Minamata disease: methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Crit Rev. Toxicol., 25 (1): 1-24.
- Mezghanni-Chaari S., A. Hamza et A. Hamza-Cgeffai, 2010.** Mercury contamination in human hair and some marine species from Sfax coasts of Tunisia: Levels and risk assessment. Environmentl Monitoring and Assessment, 180(1-4):p. 477-87
- Ministère de l'Environnement, 2023.** Stratégie Nationale de Transitions Ecologique (à l'horizon 2035-2050), 94 p.
- Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement, 2019.** Office National de l'Assainissement. Etude d'Impact Environnemental et Social du projet d'exécution du projet du système d'évacuation des eaux épurées de la station d'épuration Choutrana vers la mer (Tronçon 1). World Bank document.
- Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche et Agence Française de Développement, 2020.** Adapt'Action : Elaboration du Plan Directeur National de Réutilisation des Eaux Usées Traitées en Tunisie « WATER REUSE 2050 ». Phase 1 - Diagnostic de la filière et élaboration des orientations de base, 416 pages.
- Mlayah, A., Ferreira da Silva, E., Rocha, F., Ben Hamza ch., Charef, A., Noronha, F., 2009.** The Oued Mellegue: Mining activity, stream sediments and dispersion of base metals in natural environments, Northwestern Tunisia. Journal of Geochemical Exploration, 102, p. 27-36
- Neubert, S. et S. Benabdallah. 2003.** La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie. Etudes et rapports d'expertise 11/2003. Institut Allemande de Développement. Bonn 2003, 97 p.
- O'Connor Associates Inc., 1998.** Etude d'Evaluation de l'Impact de la Contamination par le Mercure sur l'Environnement (Kasserine). Version française.

Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, 2007. Treatment Technologies For Mercury in Soil, Waste, and Water. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, 133 p

Office National de l'Assainissement/Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, 2014 : Etude d'Impact Environnemental et Social du Système d'Evacuation des Eaux Epurées de la Station d'Épuration Choutrana vers la Mer (par GEREP Environnement, 250 pages, Annexe 1b, document Banque Mondiale.

Organisation Mondiale de la Santé, 1993. Guidelines for drinking-water quality, 2nd edition: Volume1-Recommendations.

Organisation Mondiale de la Santé, 2022. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. 614 p.

Organisation mondiale de la santé. 2003. *Sixty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.* Genève, Suisse.

PNUE 2013a. Global mercury assessment, UNEP, Nairobi.

PNUE 2013b. Mercury: time to act, UNEP, Nairobi.

PNUE 2013c. Costs of inaction on the sound management of chemicals, UNEP, Nairobi.

PNUE 2017. 'Minamata Convention on Mercury: fact sheet.' *in* At a glance: Minamata Convention on Mercury, UNEP, Nairobi.

PNUE 2019. Global mercury assessment 2018, UNEP, Nairobi.

PNUE 2020. 'Forms and guidance documents', UNEP, Nairobi.

PNUE 2020a. Minamata Convention on Mercury, UNEP, Nairobi (accessed 16 October, 2020).

PNUE 2020b. Exemptions under the Minamata Convention on Mercury, UNEP, and Nairobi (accessed 12 October 2020).

PRC Environmental Management, Inc, 1997. Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office Washington D.C. 20460, 64 p.

Rouis M.J., Ballivy G., Ben Salah A., 1990. Phosphogypsum management in Tunisia: environmental problem and required solutions. Proceedings of the Third International Symposium of Phosphogypsum, Orlando. FL. FIPR Pub. N° 01-060-083, vol. 1, pp. 87-105

Rouis M.J., Ballivy G., Ben Salah A., 1990. Phosphogypsum management in Tunisia: environmental problem and required solutions. Proceedings of the Third International Symposium of Phosphogypsum, Orlando. FL. FIPR Pub. N° 01-060-083, vol. 1, pp. 87-105.

Sainfeld P, 1952.- Les gîtes plombo-zincifères de Tunisie.- 2 vol. : Texte : 285 p., 4 tabl. Atlas : 60 cartes, 7 pl.

Schuster PF, DP Krabbenhoft, DL Naftz, LD Cecil, ML Olson, JF Dewild, 2002. Atmospheric mercury deposition during the last 270 years: a glacial ice core record of natural and anthropogenic sources. Environmental science & technology 36 (11), p. 2303-2310

Slim-Shimi, N., B. Cervelle, Y. Moëlo, 1996. Chemical composition and reflectance of metacinnabar from the Oued Maden mercury mine (NW Tunisia). C. R. Acad. Sci. Paris, 323, 459-465.

Union Européenne 1998. Norme sur de l'eau potable. Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998.

Yoshida M. and RPP-SEPMCL, 2002. Classification of Spatial Variation Pattern for Identifying Pollution Sources: A Case Study on Sediment Contamination in Bizerte Lagoon, Tunisia. Proceedings of ACCURACY 2006, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, p.899-908. Edited by M. Caetano and M. Painho (2006).

Yoshida M., H. Kallali, A. Ghrabi, 2002. Environmental Impacts of Human Activities Monitored by PTEs Contamination of Stream Sediments along the Wad Malyan River. In Solid Waste Landfill and Soil/Sediment Contamination: Case Studies in Tunisia, p.89-99, 2002, INRST-JICA

Zairi M. et Rouis J., 1999. Impacts environnementaux du stockage du phosphogypse à Sfax-Tunisie. Bull. Liaison Lab. Ponts Chaussées 219 : 29–40.

ANNEXES

Par mesure de commodité

Les Annexes sont portées dans des fichiers séparés.