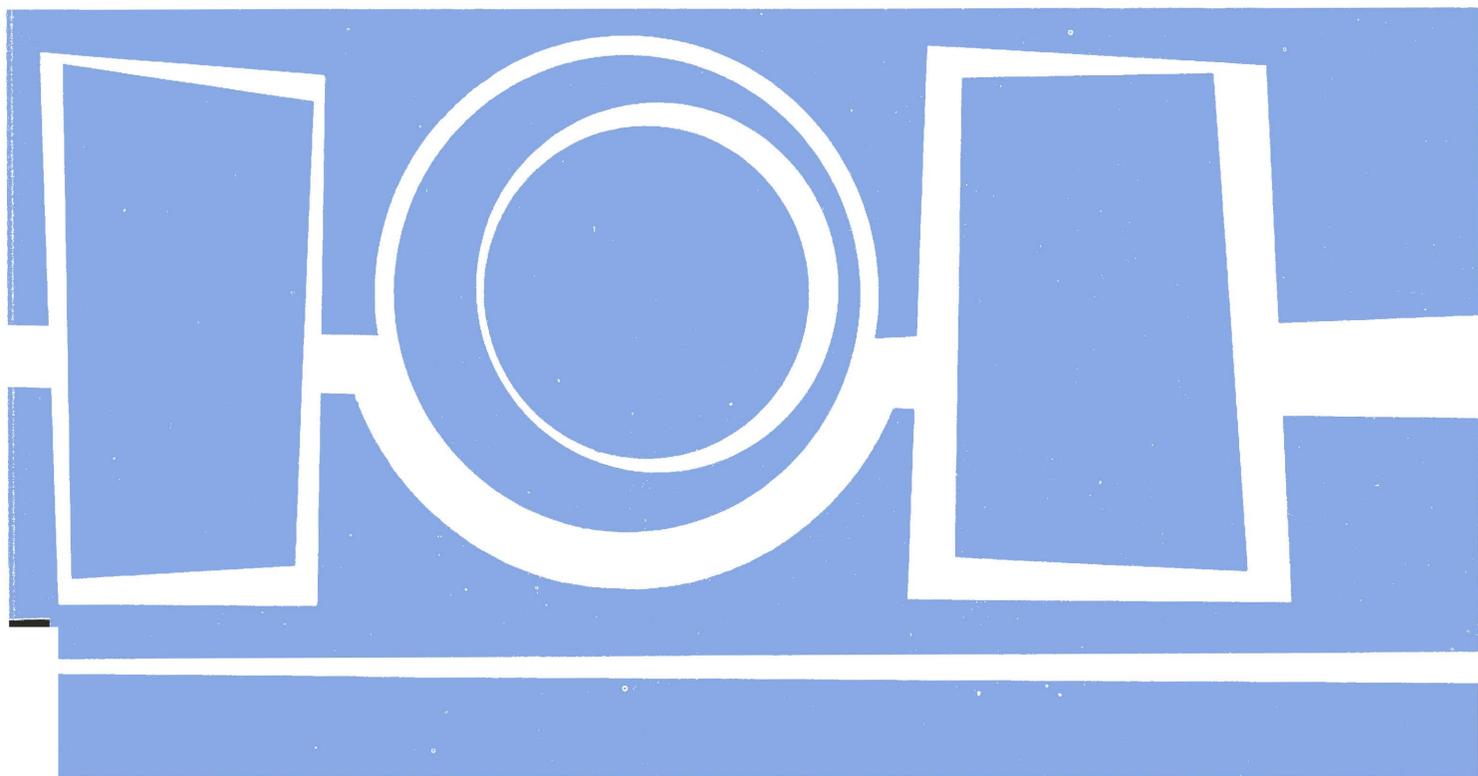


COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES

environnement et qualité de la vie

**LE MERCURE, LE CADMIUM ET LE CHROME
AUX PAYS-BAS**



SEPTEMBRE 1973

N° 2

EUR 5006 f

EUR 5006 f

LE MERCURE, LE CADMIUM ET LE CHROME AUX PAYS-BAS

RAPPORT FINAL

par W.H.J.M. Wientjens

CENTRAAL LABORATORIUM TNO

Delft

RESUME ET CONCLUSIONS

A la demande de la Commission des Communautés européennes, des données ont été rassemblées sur l'utilisation aux Pays-Bas de certains métaux, à savoir le mercure, le cadmium et le chrome, ainsi que leurs dérivés.

Ce rapport fait état:

- a. des chiffres des importations et des exportations;
- b. des secteurs d'application;
- c. de la présence de ces métaux dans l'environnement.

Dans le cadre du rapport sont également mentionnées des données dignes d'intérêt provenant de l'étranger.

Pour le mercure, qui joue un grand rôle aux Pays-Bas, les informations relèvent plutôt du domaine quantitatif. D'autre part, les données de sources différentes apparaissent parfois très divergentes.

Le cadmium a dans notre pays moins d'importance (mais croissante). Du point de vue qualitatif, la situation de ce métal a pu être quelque peu mise en lumière, mais les données quantitatives font défaut pour une grande part.

Quant au chrome, l'intérêt est encore faible, ce que confirment les données rassemblées dans le présent rapport sur cet élément.

Plusieurs instances se consacreront sous peu à un programme apportant un inventaire plus étendu et dans lequel apparaîtront également le mercure, le cadmium et le chrome.

I. INTRODUCTION

La Direction générale des Affaires industrielles, technologiques et scientifiques de la Commission des Communautés européennes souhaite avoir un aperçu des sources et des quantités de métaux lourds contenus dans les déchets solides et liquides rejetés dans l'environnement des pays de la CEE. Ces informations sont indispensables, compte tenu des dispositions et des mesures que prendront les Etats membres de la Communauté pour régler la présence des polluants dans certains produits ou leur utilisation dans les procédés de fabrication, compte tenu de l'harmonisation prévue des règlements avec les dispositions des traités européens.

A titre préliminaire, le TNO a été prié de réunir les données disponibles aux Pays-Bas concernant le cadmium, le chrome et le mercure.

Une étude bibliographique a été effectuée. En même temps des contacts ont été pris avec des institutions qui étudient le problème qui nous occupe, et notamment avec les institutions ci-dessous (énumérées sans ordre déterminé):

- Studie- en Informatiecentrum TNO voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer,
- Centraal Bureau voor de Statistiek,
- Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie,
- Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne,
- Ministerie van Economische Zaken,
- Commissie TNO voor Onderzoek inzake Nevenwerkingen van Betrijdingsmiddelen, à laquelle ressortit le groupe de travail Kwik (mercure) en contact avec l'OCDE.

Le Centraal Bureau voor de Statistiek se propose en particulier d'effectuer prochainement une étude sur les polluants contenus dans l'eau et l'air, et notamment sur le cadmium, le chrome et le mercure.

Divers instituts de la "Nijverheidsorganisatie TNO" feront prochainement l'inventaire des matières nuisibles à l'environnement, que certains secteurs industriels incorporent dans leurs produits. Le cadmium, le chrome et le mercure sont inscrits au programme.

D'autre part, nous avons incidemment fait usage de contacts déjà existants avec certains laboratoires, industries et institutions. Mais dans le cadre de nos travaux, aucune enquête n'a été faite parmi les entreprises transformant le cadmium, le chrome ou le mercure.

Compte tenu de la nature de ces mêmes travaux, pour les aspects biologiques et analytiques des trois métaux étudiés on se référera aux synthèses figurant au présent rapport.

Monsieur C.P. LEGER a contribué à la collecte des données bibliographiques.

2. MERCURE

2.1. Généralités

Une littérature très nombreuse existe sur le mercure. Pour les Pays-Bas sont importants, entre autres, les quatre rapports suivants:

- Le rapport de travail de Scholte Ubing, Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, qui a été publié pour la première fois en juillet 1970 et dont une deuxième version révisée a paru au mois de novembre 1971.¹
- Une étude bibliographique, complétée par des informations recueillies au cours d'entretiens personnels par Van VELSEN et MÖRZER RUYNS, de la Landbouwhogeschool à Wageningen, publiée en mai 1972.²
- Le rapport de W.J. Beek, Unilever Research Laboratorium, destiné au Koninklijk Instituut van Ingenieurs, publié en juin 1971.³
- La publication, collection du groupe de travail "Mercure" de la Commissie TNO voor "Onderzoek inzake Nevenwerkingen van Betrijdingsmiddelen" parue dans TNO-Nieuws en juillet 1971.⁴

Sur le plan international, il convient de mentionner:

- Le rapport du "Study Group on Mercury Hazards", novembre 1970.⁵
- Le rapport d'ensemble de Nobbs à l'OCDE, qui a été publié pour la première fois en octobre 1971 et dont une deuxième version révisée a paru en février 1972.⁶
- L'ouvrage "Metallic contaminants and human health" de Douglas H.K. Lee.⁷

2.2. Importation et exportation du mercure

On trouvera au tableau 1 les chiffres des importations et des exportations du mercure et de ses dérivés pour 1970.⁸ Pour 1971 ces chiffres ne sont pas encore définitifs.

| Non converti en équivalent mercure métal | 1970 | | |
|---|--------------|--------------|------------|
| | Importations | Exportations | Différence |
| Mercure | 62 | 8 | 54 |
| Oxydes de mercure | 72 | - | 72 |
| Chlorures de mercure | 11 | - | 11 |
| Sulfates de mercure et de plomb | 445* | 1892** | -1447 |
| Nitrate de cuivre et nitrate de mercure | 60 | - | 60 |

Tableau 1: Chiffres des importations et des exportations de mercure et de ses dérivés aux Pays-Bas en tonnes par an.

* Teneur en sulfate de mercure inférieure à 0,03 %.

** La ventilation en sulfates de mercure et sulfates de plomb est considérée comme restreinte.

Les importations de mercure en récipients de verre sont "secrètes", c'est-à-dire qu'elles ne sont pas connues. D'autre part, les chiffres figurant au tableau 1 ne comprennent pas les importations dites invisibles de mercure, fongicides etc. Nous ne disposons pas non plus de statistiques sur les stocks commerciaux de mercure et de ses dérivés existant aux Pays-Bas.¹

Il est difficile d'indiquer la cause des fluctuations considérables entre les importations et les exportations de mercure pendant ces dernières années.⁹

2.3. Utilisation du mercure

Le volume total de mercure métallique utilisé aux Pays-Bas en 1970 ressort du tableau 2, publié par Beek³.

| | 10 ³ kg/an | Total |
|--|-----------------------|-------|
| Rhin | 70 | 70 |
| Industrie | | |
| Chlore et soude caustique 1) | 20 | |
| Chlorure de vinyle | 0 | |
| Acétaldéhyde | 0 | |
| Ethanol | ? | |
| Papier | 0,2 | |
| Peintures et vernis | 23,6 | |
| Laboratoires | <u>2,5</u> | 46 |
| Agriculture et horticulture | | |
| Pommes de terre de semence | 0,5 | |
| Semences | 1,5 | |
| Bulbes à fleurs | 0,75 | |
| Fruits | <u>1,25</u> | 4 |
| Divers | | |
| Hôpitaux | 1,5 | |
| Médicaments | 0,2 | |
| Odontologie | 0,2 | |
| Combustion du charbon 1) | 2 | |
| Tabac 1) | 0,05 | |
| Incinération des déchets | <u>1</u> | 5 |
| Non spécifiés 2) | | 5 |
| | Total | 140 |
| <p>1) déchargé totalement ou partiellement dans l'air et par les eaux de pluies</p> <p>2) parmi lesquels la fabrication des instruments (thermomètres, etc.), la fabrication des appareils (thermostats, etc.) et des lampes à incandescence</p> | | |

Tableau 2. Volume total de mercure métallique utilisé aux Pays-Bas en 1970 (Beek³).

D'après Doorgeest¹⁰, il ressort d'une enquête du Vereniging van Vernis en Verffabrikanten et du Verfinstituut TNO que le chiffre indiqué par Beek³ pour l'utilisation du mercure dans l'industrie des peintures et des vernis doit être diminué d'un facteur⁴.

Doorgeest¹⁰ en conclut que la quantité de mercure qui a été transformée par l'industrie néerlandaise des peintures et des vernis en 1970 était de 6.200 kg. Il calcule qu'en 1970 les peintures traitées aux Pays-Bas contenaient 5.200 kg de mercure, en supposant que la teneur en mercure des peintures importées et exportées soit identique à celle des peintures fabriquées aux Pays-Bas. De cette quantité, la moitié environ contribue à changer le milieu naturel du pays. L'autre moitié est dispersée dans les océans par lixiviation des enduits protecteurs appliqués sur les navires. Les quantités de mercure présentes dans les peintures traitées aux Pays-Bas en 1968 et 1969 étaient respectivement de 4.400 et 4.500 kg.

Le Ministère des Affaires économiques lui-même se réfère aux données publiées par Doorgeest.

D'après Hagel et Copius Peereboom¹¹, le volume total de mercure utilisé aux Pays-Bas en 1970 doit être évalué à environ 110 tonnes, en prenant pour valeur minimale le chiffre mentionné par Beek³, soit 70 tonnes. Ces auteurs estiment en effet à 17 ou 34 tonnes la perte de mercure, au cours de cette même année, dans le secteur néerlandais du chlore et de soude caustique, en se basant sur 50 à 100 g de mercure perdu par tonne de chlore produit.

D'après le Ministère des Affaires économiques et le Ministère de la Santé publique et de l'Hygiène du milieu, environ 50% de cette perte se retrouve dans les eaux résiduaires, les autres 50% environ étant rejetés dans l'atmosphère et entraînés par les précipitations atmosphériques.

Ainsi qu'il ressort des données de ces divers ministères, l'industrie néerlandaise du chlore et de la soude caustique prend actuellement des mesures qui, on peut l'espérer, ramèneront, dans un an ou deux, la perte de mercure à 10% des chiffres mentionnés précédemment^{12,13}.

Diverses suggestions à cet égard sont mentionnées dans la littérature notamment 5, 14, 15, 16. D'après les publications de l'industrie néerlandaise en question, à l'avenir, le rejet de mercure se fera essentiellement dans l'atmosphère.

Lopes Cardozo¹⁷ compare l'utilisation du mercure aux Pays-Bas avec ce qu'elle est aux Etats-Unis, au Japon, au Canada et dans le monde (voir tableau 3), sans se référer aux données de Doorgeest¹⁰ concernant l'industrie des peintures et vernis.

Tableau 3 - Utilisation du mercure dans différents pays, en T/an.

| | USA (23) | | Japon (24) | | Canada (25) | Pays- Bas (20) | Monde | | |
|--|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------------|-------------|-----------|-----|
| | 1969 | 1970 | 1969 1970 | 1970 1971 | 1969 | 1970 | 1969 | % | |
| | Agriculture | 98 | 63 | 15 | 50 | 9 | 4 | 300* | 1,5 |
| Métallurgie | 7 | 8 | | | 1,5 | | | | |
| Catalyseurs pour l'industrie chimique | 102 | 70 | | | | | 400 | 2 | |
| Industrie du papier et de la pâte à papier | 20 | 11 | | | 1,5 | 0,2 | | | |
| Industrie du chlore et de la soude caustique | 715 | 517 | 800 | 650 | 110 | 20 | 2600 | 15 | |
| Applications électriques | 643 | 545 | | | 33 | | | | |
| Instruments | 241 | 139 | | | 13,5 | | 3300 | 18,5 | |
| Odontologie | 106 | 62 | | | 12 | 0,2 | | | |
| Produits pharmaceutiques et cosmétiques | 25 | 20 | | | 2 | 0,2 | 700 | 4 | |
| Hôpitaux | | | | | 6 | 1,5 | | | |
| Laboratoires | 70 | 52 | | | 3,5 | 2,5 | | | |
| Ind. des peintures et vernis : | | | | | | | | | |
| Peintures protectrices | 8 | 7 | | |) | | | | |
| " anticryptogamiques | 327 | 303 | | |) | 9 | 23,6 | 1300 | 7,5 |
| Divers | 373 | 263 | 455 | 410 | 34 | 15 | 1300 | 7,5 | |
| Volume total de l'utilisation fonctionnelle | 2730 | 2060 | 1270 | 1100 | 235 | 67 | 9900 | 56 | |

(*) Pour la consommation totale, on a pris l'utilisation moyenne aux Etats-Unis de 1969 et 1970.

Tableau 3 (suite)

| | Monde 1969 | % |
|---|---------------------|-----|
| Par combustion de la houille, etc. | 2800 ⁽²⁾ | 16 |
| Par transformation (combustion) du pétrole et du gaz naturel | 400 ⁽³⁾ | 2 |
| Pertes liées à l'extraction du mercure | 200 ⁽⁴⁾ | 1 |
| Emission liée à la production du ciment | 150 ⁽⁵⁾ |) |
| Emission liée à la production du fer | 200 ⁽⁶⁾ | |
| Emission liée à la production du phosphate | 50 ⁽⁷⁾ | |
| Niveau naturel | 4000 ⁽⁸⁾ | 23 |
| Volume total des restes et émissions de mercure non fonctionnel | 7800 | 44 |
| Total général | 17700 | 100 |

(2) en supposant 1ppm dans $2,8 \times 10^9$ t/an

(3) en supposant 0,4 ppm dans 6×10^8 t/an d'huile lourde et $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de gaz naturel pour une utilisation de 10^{12} Nm³

(4) 2% de la production

(5) en supposant 0,3 ppm dans $5,5 \times 10^8$ t/an

(6) en supposant 0,2 ppm dans 10^9 t/an de fer

(7) en supposant 4 ppm dans le phosphate en fonction d'une production annuelle, calculée en P₂O₅, de $1,1 \times 10^7$ t/an

(8) moyenne géométrique de diverses valeurs citées dans la littérature et se situant entre 2500 et 7500 t/an.

La différence entre la consommation de mercure par habitant aux Etats-Unis, au Canada d'une part et aux Pays-Bas d'autre part, est surprenante et pourrait, d'après Doorgeest¹⁰ et Hagel¹¹, témoigner du peu de fiabilité des données.

Au tableau 4, Lopes Cardozo¹⁷ précise les secteurs d'application et de consommation du mercure et indique sous quelle forme. Scholte Ubing lui aussi étudie par le détail les diverses applications du mercure.

| Applications du mercure et consommation | Forme la plus fréquente | |
|--|--|----------|
| <u>fonctionnelles, distributives</u> | | |
| Appareils électriques : | batteries | P,O |
| | lampes, tubes, redresseurs | M |
| Appareils de mesure et de réglage : | commutateurs, relais, | M |
| | instruments de mesures divers | M |
| Peintures : | pigments | O,S |
| | peintures protectrices | O |
| | peintures anticryptogamiques | Org. |
| Agents de conservation : | bois | C |
| | savon, cuir | Org. |
| | semences | C |
| Pesticides : | insecticides | Org. |
| | fongicides | C.O.Org. |
| | antimucilages | M |
| Applications médicales : | odontologie | M |
| | médicaments | M,O |
| <u>fonctionnelles, non distributives</u> | | |
| Pertes liées à l'extraction du minerai de mercure | | M,O |
| Utilisation pour l'électrolyse au mercure du chlore et de la soude caustique | | M |
| Catalyseurs pour la production : | de l'uréthane | Org. |
| | - du monomère du chlorure de vinyle (ancien procédé) | C |
| | - des dérivés de l'antraquinone | O |
| <u>non fonctionnelles, non distributives</u> | | |
| Dans les produits de l'électrolyse du chlore et de la soude caustique | | D |
| Dans la combustion du pétrole, de la houille et du gaz naturel | | D |
| <u>non fonctionnelles, non distributives</u> | | |
| dans la production de P_2O_5 , de l'acier, du H_2SO_4 du ciment | | D |

Tableau 4 : Tableau synoptique de la consommation de mercure et de ses dérivés.

M = métal ou amalgame. C = chlorure. O = oxyde. Org. = dérivé organique du mercure. S = sulfure. D = divers.

Le gaz naturel de Groningue brut et non traité contient en moyenne 180 mg/Nm^3 ¹⁸. Après traitement, à l'entrée dans le réseau de gazoducs, le gaz naturel n'en contient plus que 12 mg/Nm^3 et 1 à 4 mg/Nm^3 ¹⁸ lors de son arrivée chez les différents usagers. Pour une consommation d'environ 30 milliards de Nm^3 de gaz naturel aux Pays-Bas en 1972, Zeedijk¹⁹ conclut que sur le territoire neerlandais 150 kg de mercure se trouvait dispersé, dans les gaz de combustion du gaz naturel, vraisemblablement sous forme d'oxyde de mercure. Une partie du mercure séparé lors du traitement du gaz naturel brut passait dans les eaux de l'Ems ($8/12 \text{ kg}$ sur une période de 6 ans¹⁸). Ces déversements n'ont plus lieu actuellement.²⁰

En ce qui concerne l'agriculture et l'horticulture, l'utilisation de mercure dans la fructiculture n'est plus admise à partir de 1972 aux Pays-Bas.¹³ Le but visé est, dans ce domaine, de passer, fin 1972, à des solutions alternatives de désinfection des graines de semence destinées à la consommation. De cette façon l'utilisation du mercure dans l'agriculture sera diminuée de moitié.¹³

D'après certaines communications publiées récemment par le Bureau "Bestrijdingsmiddelen", la consommation de mercure dans l'agriculture a effectivement diminué de moitié.

Pour le moment, il n'existe pas encore de produits de substitution du mercure pour lutter contre le fusarium des bulbes à fleurs, la rhizoctonie des pommes de terre et, entre autres, contre la carie des graines destinées à la semence. Afin de prévenir la pollution de l'environnement, du fait du liquide résiduaire des bains à teneur de mercure, le mode d'emploi dont est assortie l'autorisation et concernant l'utilisation du mercure pour la désinfection des bulbes à fleurs et des pommes de terre de semence est actuellement révisé de manière que le déversement des déchets liquides soit assuré au moyen d'un appareil de filtrage mis au point par TNO et grâce auquel le mercure est absorbé sur du charbon actif.^{4 13}

Brinkman²¹ donne un aperçu de la littérature, citant entre autres des méthodes permettant d'extraire et de récupérer le mercure et ses dérivés, présents dans les eaux résiduaires. Ceci notamment à l'intention des utilisateurs de mercure dans les hôpitaux, les cabinets de dentistes, de même qu'en ce qui concerne les bains de mercure et les plantes à bulbe.

Wallace¹⁴ énumère les différentes catégories de frais liés à la pollution de l'environnement par le mercure.

Les fournisseurs de mercure et de ses dérivés aux Pays-Bas figurent entre autres au Chemicaliën Adresbok²² ainsi qu'au Handboek van de Nederlandse Chemische Industrie.²³

2.4. Le mercure dans l'environnement

Le schéma de la figure 1 représente, très approximativement, le cycle de mercure dans le monde tel que l'explique Lopes Cardoso.¹⁷

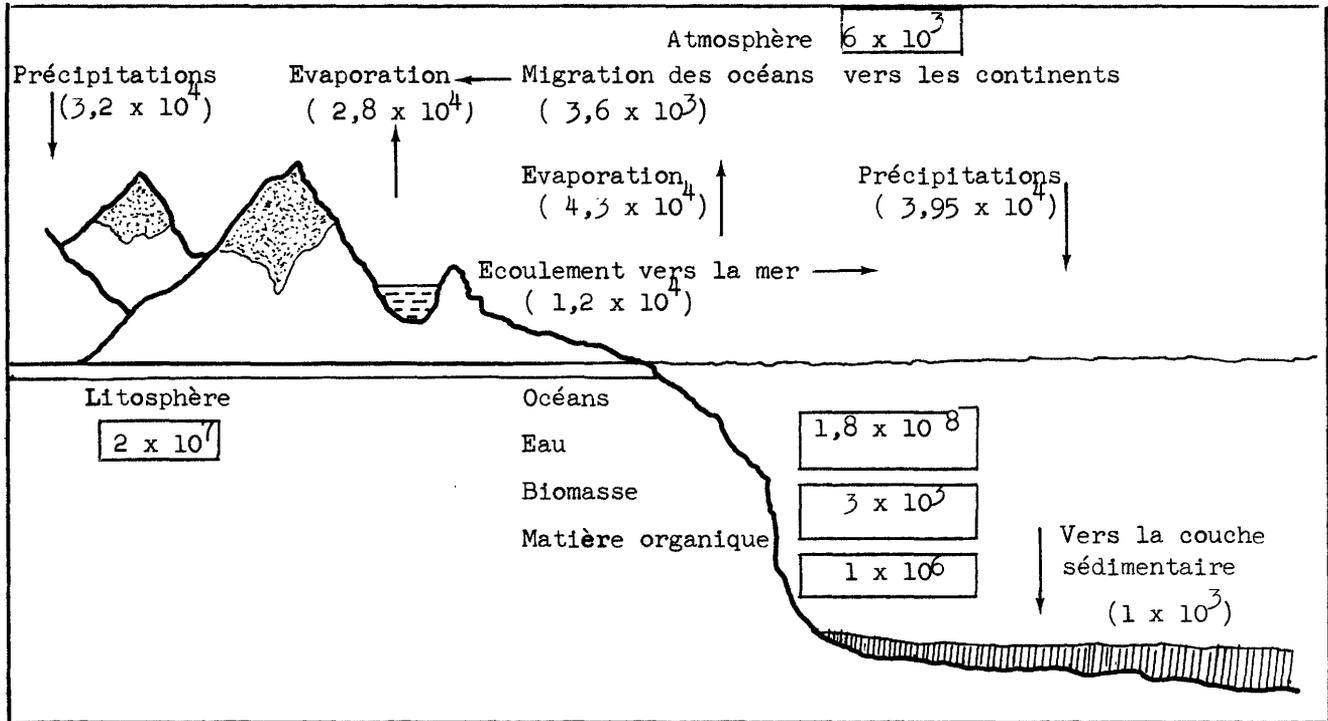


Figure 1. Schéma du cycle du mercure dans le monde.

Les chiffres indiqués sont exprimés en tonnes (encadrés) ou en tonnes par an (entre parenthèses).

D'après cet auteur, chaque année 1000 t. de mercure se déposent et 3000 t. en chiffres ronds sont charriées, par un phénomène d'absorption de l'océan vers la terre. Le déversement de mercure industriel entraîne essentiellement, toujours selon Lopes Cardoso, un lent accroissement de ce métal dans les eaux de l'océan. Il estime que pour un facteur constant de pollution par le mercure, il faudra encore plusieurs milliers d'années avant qu'on ne constate un doublement de concentration dans ces mêmes eaux.

Cela, il va sans dire, n'empêche pas que localement il puisse y avoir un accroissement bien plus sensible de la concentration de mercure dans l'environnement.

Le tableau 5 indique les cycles de mercure aux Pays-Bas pour 1970, d'après les données de Lopes Cardoso.¹⁷

| | Production et consommation - Débit en tonnes/an | Pollution par le mercure en tonnes/an |
|--|---|---------------------------------------|
| Utilisation fonctionnelle | | 67(110) |
| Disponibilité non fonctionnelle | | |
| Houille | $6,8 \times 10^6$ | V 6,8 |
| Pétrole | $2,5 \times 10^7$ | V 10 |
| Gaz naturel | $3,2 \times 10^{10}$ (Nm ³ /j) | P 5,8 |
| Ciment | $3,8 \times 10^6$ | P 1,1 |
| Fer + acier (comme Fe) | $8,6 \times 10^6$ | P 1,7 |
| Phosphate (comme P ₂ O ₅) | $2,5 \times 10^5$ | P 1 |
| Apport par le Rhin | | 70(110) |
| Apport exclusivement par les eaux de pluie | 10^{10} | 3+ |
| Total disponibilité non fonctionnelle | | 99(139) |
| Total | | 166(249) |

Tableau 5 - Cycles du mercure aux Pays-Bas (1970), Lopes Cardozo.¹⁷

Aux Pays-Bas, le groupe de travail "Mercure", institué à la fin de 1969 par la Commission TNO "voor Onderzoek inzake Nevenwerkingen van Bestrijdingsmiddelen", s'occupe activement du problème du mercure sous ses divers aspects. Dix-huit instituts et laboratoires néerlandais sont représentés au sein de ce groupe de travail. Les projets en cours dans les différents instituts de recherche peuvent être classés en trois groupes :

- a) inventaire de la teneur en mercure de différents types d'environnement;
- b) étude plus spécifiquement fondamentale du comportement des dérivés du mercure dans l'environnement;
- c) étude technologique.

Le groupe de travail "Mercure" a publié en 1971 une étude détaillée dans TNO-Nieuws.⁴ Cette étude portait sur les points ci-après :

- le mercure dans les eaux de surface néerlandaises;
- le mercure dans les sédiments du Rhin et de l'Ems;
- l'accumulation du mercure dans les laisses du Rhin;
- le risque de pollution des eaux de boisson par le mercure;
- la migration dans le sol du mercure et des produits à base de mercure;
- le mercure dans les poissons;

- poissons des eaux de rivières néerlandaises;
- teneur (totale) en mercure des poissons d'eau douce et des poissons de mer;
- teneur en mercure des différentes sortes de conserves de poisson.
- le mercure dans les plumes des oiseaux;
- la contamination des oiseaux de proie et des hiboux par le mercure;
- méthodes d'analyse de la présence du mercure dans l'environnement.

A la suite de ces publications⁴, M. Stuyt²⁴, Ministre de la Santé Publique et de l'Hygiène du milieu, a répondu à la Chambre des Députés, en son nom et au nom des ministres de l'Agriculture et de la Pêche, des Affaires économiques, des Transports et du Waterstraat, que l'article ler, premier alinéa, de la loi sur la pollution des eaux de surface permet de combattre vigoureusement à sa source même, la pollution par le mercure. Cet alinéa prévoit un régime d'autorisations pour le déversement des eaux résiduelles par le biais de ce qu'on dénomme stations de rejet. Un système analogue sera disponible pour les autres types de déversement, après qu'aura été promulgué le règlement d'administration publique, actuellement en préparation, visé à l'article 1, troisième alinéa, de la loi susmentionnée.

Dans la version révisée de son rapport, Scholte Ubing¹ confirme les résultats et les conclusions du groupe de travail "Mercure". A la demande de l'Inspection principale du Ministère de la Santé publique, le "Rijksinstituut voor de Volksgezondheid" continue à doser les teneurs en mercure des eaux de surface néerlandaises. Les résultats de cette étude sont consignés dans les rapports à usage interne et n'ont pas encore été publiés jusqu'ici. Dans une communication, le Ministre Stuyt²⁰ n'a fait valoir aucune objection contre la publication régulière des résultats des réunions.

La IAWR (Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet), qui réunit 50 entreprises de distribution d'eau de Suisse, d'Allemagne de l'Ouest et des Pays-Bas, lesquelles s'approvisionnent dans le Rhin, a envoyé au Conseil de l'Europe une lettre²⁵ lui demandant impérativement de faire du bassin du Rhin une région à assainir. Ces entreprises ont insisté sur le fait que 85 tonnes de mercure ont été charriées par les eaux du Rhin en 1970.

Dans une note urgente sur l'hygiène du milieu, rédigée en juillet 1972 par le Ministère de la Santé publique et de l'Hygiène du milieu,²⁶ la teneur mensuelle en mercure du Rhin est indiquée pour 1970.

Pour cette même année, les estimations varient de 70 t³ à environ 60-160 t¹¹ et 60-168 t¹ de mercure. Les écarts sensibles que l'on relève lors du calcul du volume de mercure charrié par le Rhin doivent le plus souvent être imputés au fait que la majeure partie est entraîné par la vase, de sorte que la teneur en mercure d'une quantité déterminée d'eau du Rhin dépend très étroitement de sa teneur en vase.¹¹

De Groot et Fonds ²⁷ citent, comme quantité probable charriée, 24 t par an dans l'eau et 70 t par an dans la vase.

L'accumulation de métaux lourds dans la vase et la redissolution de ces métaux à un stade ultérieur (éventuellement en un autre endroit), peut poser un sérieux ²⁸ problème.

Le Rijncommissie Waterleidingbedrijven relève, dans son rapport annuel pour 1971²⁹, que le volume total de mercure charrié par les eaux du Rhin en 1971 était du même ordre qu'en 1970, à savoir 50 à 100 t. Dans une étude destinée à la conférence de Stockholm de 1972, le ministère de la Santé publique estime à 30-65 t. le volume de mercure charrié par le Rhin en 1971³¹.

De Wolf a examiné la teneur totale en mercure de la viande fraîche des moules le long de la côte néerlandaise. Le tableau 6 reprend les résultats de cette étude. Les taux en mercure des moules dans la région d'Eems-Dollard ont nettement augmenté. Ils sont, le long de la côte néerlandaise, plus élevés que dans certains points contrôlés par ailleurs.

| LOCALISATION : | mars 1971 | mai 1971 | juillet 1971 | septembre 1971 |
|---|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Westerschelde (8) | 130 (100-160) | 140 (110-180) | 150 (130-180) | 110 (60-170) |
| Oosterschelde (7) | 150 (130-170) | 110 (70-160) | 170 (90-210) | 80 (70-100) |
| Zijpe (1) | 130 | 100 | 150 | 160 |
| Grevelingen (2) | 200 (190-200) | fermé | fermé | fermé |
| Kust Hoek van Holland-Den Helder (6) | 180 (140-200) | 160 (130-180) | 140 (120-160) | 100 (80-150) |
| Texel (3) | 200 (180-240) | 120 (100-150) | 130 (90-160) | 100 (80-130) |
| Afsluitdijk (4) | 150 (130-160) | 130 (100-150) | 180 (130-260) | 100 (80-130) |
| Balgzand (1) | 180 | 120 | 100 | 100 |
| Oostelijke Waddenzee (5) | 130 (80-170) | 100 (70-120) | 110 (80-120) | 90 (50-110) |
| Pijpmond Hoogkerk | 90 | 100 | 90 | 90 |
| Eems-Dollard : Nieuwstad | 390 | 220 | 210 | 250 |
| Eems-Dollard : Nansum | - | 300 | 400 | 370 |
| Eems-Dollard : Oterdum | 590 | 200 | 320 | 290 |
| Centrale Noordzee (3) bouées lumineuses | 30 (25-34) | - | - | - |
| Dublin | 20 | - | - | - |
| Hebriden | - | - | - | 35 (32-38) |
| Moules de table de Texel | 140 | - | - | - |

Tableau 6. Teneur totale en mercure de la viande fraîche de moule en $\mu\text{g}/\text{kg}$ (p.p.m.)
 Les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes; la valeur maximale et
 la valeur minimale figurent entre parenthèses. (De Wolf ³¹).

Snijder (32) cite la consommation par une femme enceinte de viande de porc ayant une teneur en mercure accrue. Les animaux avaient été nourris abusivement de graines de semence traitées au mercure-méthyle. Quoiqu'aucun symptôme de maladie ne se soit manifesté chez l'intéressée, l'enfant naquit avec des symptômes qui correspondaient à ceux de l'empoisonnement au mercure de Minamata (Japon).

De Goeij (33) a étudié la teneur en mercure des cheveux humains, en corrélation avec la consommation de poisson aux Pays-Bas. La teneur maximale décelée était de 5 ppm. Or, la norme la plus rigoureuse qui ait été établie jusqu'ici (Suède) admet pour les cheveux une augmentation de 6 ppm de mercure consécutive à la consommation de poisson. Les premiers symptômes d'empoisonnement par le mercure constatés autrefois au Japon (maladie de Minamata) s'accompagnaient d'une teneur de 70 à 100 ppm de mercure dans les cheveux.

A titre de comparaison avec les résultats obtenus à l'étranger, nous avons entre autres mentionné dans le présent rapport une synthèse de Goldwater³⁴, qui indique les teneurs en mercure de différents aliments en Allemagne (1934 et 1938), au Japon (1964) et aux Etats-Unis (1940 et 1964). Hueck (35) cite plusieurs exemples de teneur en mercure du poisson qui dépassent le seuil autorisé dans ce pays. Enfin, nous renvoyons aux synthèses citées sub 2.1. dans les rapports d'ensemble de Urk³⁶, Keckes et Mieltinen³⁷ et de Dunlap³⁸, ainsi que dans une bibliographie de Rehfus³⁹.

3.-CADMIUM.

3.1. Généralités.

Jusqu'à présent on s'est beaucoup moins intéressé au cadmium qu'au mercure comme polluant biologique actif.

Le cadmium étant tout aussi toxique que le mercure, il convient néanmoins d'en tenir compte pour des raisons d'ordre sanitaire (eau potable), écologique et agricole (dommages causés à l'agriculture) (3). Dans une étude de la littérature concernant le cadmium et la santé publique, Zielhuis⁴⁰ pose et étudie une série de problèmes : le cadmium doit-il être considéré comme un facteur écologique essentiel ou non essentiel, offre journalière probable, qui en résulte ? élimination et body burden? données d'absorption de l'expérimentation animale? observations sur l'homme? éventuel effet carcinogène ou tératogène? corrélation avec d'autres oligo-éléments? "certitudes" résultant de ce qui précède mais également questions restées en suspens et, enfin, conséquences d'une politique de l'hygiène du milieu?

Flick et consorts⁴¹ traitent, dans un rapport d'ensemble, les effets toxiques du cadmium.

Comme nous l'avons déjà signalé dans l'introduction, le Centraal Bureau voor de Statistiek et certains instituts de la Nijverheidsorganisatie TNO envisagent d'étudier d'une manière plus approfondie le problème du cadmium aux Pays-Bas, et cela dans un proche avenir.

L'OCDE elle aussi porte, sur le plan international également, une attention accrue au cadmium. A cet égard nous renvoyons à un rapport de Kloke⁴².

3.2. Importation et exportation; production de cadmium.

On trouvera au tableau 7 les chiffres des importations et des exportations de cadmium et de ses dérivés aux Pays-Bas⁸ en 1970. Ces chiffres ne sont pas encore définitifs pour 1971.

| non converti équivalent cadmium métal | 1970 | | |
|---|--------------|--------------|------------|
| | importations | exportations | différence |
| Cadmium brut | 107 | 101 | 6 |
| Cadmium transformé | 40 | 66 | - 26 |
| Sulfate de cadmium | 141 | - | 141 |
| Cyanure de cadmium | 1 | - | 1 |
| Nitrate de beryllium, de cadmium, de cobalt et de nickel | 198 | 2 | 196 |
| Minéral de zinc | 90366 | 16169 | 74197 |

Tableau 7. Importations et exportations (en tonnes/an) de cadmium et de ses dérivés aux Pays-Bas en 1970. La production de cadmium aux Pays-Bas a été, aussi bien en 1970 qu'en 1971, de l'ordre de 120 tonnes (43).

3.3. Utilisation du cadmium

Le cadmium est surtout utilisé dans les secteurs ci-après:

- galvanisation, comme couche protectrice pour le fer, l'acier et le cuivre,
- alliages de cuivre pour les fils et les électrodes de soudage, alliages de plomb pour la protection des câbles, alliages d'argent et de nickel notamment dans les accumulateurs alcalins,
- pigments utilisés dans la protection du verre et de certaines peintures,
- insecticides.

D'après une déclaration émanant du ministère des Affaires économiques, le cadmium est utilisé aux Pays-Bas dans la galvanisation, la fabrication des batteries et des matières colorantes ainsi que les alliages (soudage). Pour le traitement en surface des métaux il semble que le cadmium soit de moins en moins utilisé (à l'opposé du chrome).

D'après le ministère des Affaires économiques, la consommation globale néerlandaise d'élève à 150 ou 200 tonnes de cadmium par an.

Au tableau 8 on trouvera en bref la répartition relative au cadmium entre les secteurs précités (44).

| | consommation-pourcentage | |
|---------------------------------|--------------------------|-----------|
| | 1940 | 1955-1956 |
| - Galvanisation | 60 | 58 |
| - Alliages et métaux de soudage | 24 | 11 |
| - Piments et produits chimiques | 10 | 27 |
| - Divers | 6 | 4 |

Tableau 8. Utilisation en pourcentage, du cadmium ventilé par secteur d'application aux Etats-Unis (Athanassiadis 44).

Athanassiadis⁴⁴ remarque que le cadmium commence à être également utilisé dans les pesticides, dans les accus au Cd-Ni et au CdS sous forme de stéarate de Cd comme stabilisant dans le PVC, dans la production de plomb-tétraéthyle à partir du cadmium-diéthyle et dans les semi-conducteurs.

Le tableau 9 indique l'utilisation du cadmium aux Etats-Unis en 1968⁴⁵.

| | |
|---------------|--------------------------|
| Galvanisation | 6 millions lbs |
| Pigments | 2,8 millions lbs |
| Plastiques | 2 millions lbs |
| Alliages | 1 million lbs |
| Batteries | 0,4 million lbs |
| Autres | 1,1 millions lbs |
| Total | 13,3 millions lbs |

Tableau 9. Utilisation du cadmium aux Etats-Unis en 1968⁴⁵.

Les fournisseurs de cadmium et de ses dérivés aux Pays-Bas figurent au Chemicaliën Adresboek²² et au Handboek voor de Nederlandse Chemische Industrie²³. Les usines galvaniques transforment le cadmium aux Pays-Bas figurent à l'ABC voor Handel en Industrie⁴⁶.

3.4. Le cadmium dans l'environnement.

D'après la lettre²⁵ que les entreprises de distribution d'eau fournie par le Rhin ont adressée au Conseil de l'Europe, 200 tonnes de cadmium ont été charriées par ce fleuve en 1970.

D'autre part, si l'on s'en tient au rapport annuel de la Rijncommissie Waterleidingbedrijven, la quantité de cadmium charriée par le Rhin en 1971 n'a pas diminué.²⁹

Dans une étude destinée à la conférence de Stockholm en 1972, le ministère de la Santé publique et de l'Hygiène du milieu évalue à 120-240 tonnes la quantité de cadmium charriée par le Rhin en 1971³⁰.

Le Rijksinstituut voor de Volksgezondheid et le Rijkinstituut voor Zuivering van Afvalwater entre autres, effectuent en de nombreux points des mesures de plus en plus fréquentes de la teneur en cadmium de l'eau aux Pays-Bas. Considéré globalement, ces teneurs sont du même ordre que les teneurs en mercure, voire plusieurs fois supérieures. La communication du ministre Stuyt²⁰ concernant la mesure des teneurs en mercure (voir 2.4.) s'applique probablement aussi au cadmium.

Le tableau 10 indique l'émission de cadmium dans l'atmosphère aux Etats-Unis en 1968⁴⁵.

| | | |
|--|---------------|---------------|
| Mines et métallurgie | | 2,100,530 lbs |
| - Mines | 530 lbs | |
| - Séparation du Cd du minéral | 2,100,000 lbs | |
| Incinération et destruction | | 2,440,000 lbs |
| - Métal plaqué | 2,000,000 lbs | |
| - Radiateurs | 250.000 lbs | |
| - Autres | 190,000 lbs | |
| Recyclage industriel | | 33,528 lbs |
| - Pigments | 21,000 lbs | |
| - Plastiques | 6,000 lbs | |
| - Alliages | 5,000 lbs | |
| - Batteries | 400 lbs | |
| - Divers | 1,128 lbs | |
| Matériaux Consommables | | 14,630 lbs |
| - Pneumatiques | 11,400 lbs | |
| - Huile de moteur | 1,820 lbs | |
| - Fertilisants | 910 lbs | |
| - Fongicides | 500 lbs | |
| | Total | 4,588,688 lbs |
| Source : National Inventory of Sources and Emissions | | |

Tableau 10. Emission de cadmium dans l'atmosphère aux Etats-Unis en 1968⁴⁵.

Dans un rapport destiné à l'OCDE, Kleke⁴² indique les points où les quantités de cadmium contenues dans l'environnement pourraient augmenter.

Le cadmium apparaît dans les engrais chimiques, notamment 1 à 170 ppm dans les superphosphates, soit 0,3 à 50 grammes par hectare/an.

L'utilisation de pesticides à base de cadmium accroît encore ce taux.

Dans le voisinage des industries qui traitent le minerai de zinc et aux emplacements où des résidus de charbon, de pétrole, de bois, de papier ou des déchets organiques sont incinérés, on note une émission de cadmium. Les véhicules à moteur dégagent eux aussi du cadmium.

Le cadmium peut apparaître en outre, en concentrations élevées, dans les eaux résiduaires des entreprises de galvanisation et des fabriques de polyéthylène. Enfin, la concentration du cadmium dans les plantes et dans les aliments est assez élevée. D'après Beek³ le tabac provoque aussi des émissions de cadmium.

Zielhuis⁴⁰ étudie en détail la quantité quotidienne probable de cadmium susceptible d'être utilisée par l'homme. Suivant des données, en majeure partie américaines, la quantité totale de cadmium par jour peut être estimée comme suit pour les personnes adultes :

| | |
|----------------------------------|---|
| par voie alimentaire | 100-300 $\mu\text{g}/\text{jour}$ |
| par l'eau potable | 0- 20 $\mu\text{g}/\text{jour}$ |
| par la pollution de l'atmosphère | 0- 1,5 $\mu\text{g}/\text{jour}$ |
| par la fumée | 0- 20 $\mu\text{g}/\text{jour}$ |
| Total | <hr/> 100-340 $\mu\text{g}/\text{jour}$ |

Ce sont les aliments qui constituent à peu de chose près cette quantité (90%). On ignore tout ou presque de l'absorption et de l'élimination réelle du cadmium par le corps humain⁴⁰. Zielhuis⁴⁰ remarque dans un addendum que, compte tenu de la méthode d'analyse utilisée, la prévision susmentionnée devrait se situer à la limite supérieure. De nos jours, l'absorption quotidien ne avec les aliments devrait, en règle générale, être inférieure à 100 μg de cadmium dans les pays occidentaux. A l'avenir, toujours selon Zielhuis, cette absorption augmentera en raison de la pollution croissante des aliments.

4. CHROME.

4.1. Généralités.

Quoique parmi les éléments cités dans ce rapport le chrome soit celui qui éveille le moins d'intérêt, le chrome comme le cadmium joue un rôle important pour des raisons d'ordre sanitaire (eau potable), écologie et agricole (dommages causés dans l'agriculture).

Dans son ouvrage intitulé "Metallic contaminants and human health", Lee⁷ parle du chrome comme un agent polluant d'importance potentielle. Dans ce même ouvrage, Smith donne un bref aperçu de l'écologie et de la toxicologie du chrome. Suivant les aspects du chrome en tant qu'oligo-élément essentiel. Enfin, les auteurs recommandent certaines techniques d'analyses et certaines valeurs de référence de ce métal.

Comme nous l'avons déjà signalé dans l'introduction, le Centraal Bureau voor de Statistiek et certains instituts de la Bijverheidorganisatie TNO envisagent d'étudier d'une manière plus approfondie la consommation de chrome aux Pays-Bas, et dans un proche avenir.

4.2. Importation et exportation du chrome.

On trouvera au tableau 11 les chiffres des importations et des exportations néerlandaises de chrome et de ses dérivés en 1970. Pour 1971 ces chiffres ne sont pas encore définitifs.

| Non converti équivalent chrome métal | 1970 | | |
|--|--------------|--------------|------------|
| | Importations | Exportations | Différence |
| Chrome brut | 37 | 2 | 35 |
| Chrome transformé | 6 | - | 6 |
| Minerais de chrome | 5600 | 4231 | 1369 |
| Trioxyde de chrome | 800 | 173 | 627 |
| Oxydes d'hydroxydes de chrome | 194 | 25 | 169 |
| Sulfates de chrome | 529 | - | 529 |
| Aluns de chrome | 34 | 1 | 33 |
| Chromate de zinc | 56 | 199 | - 143 |
| Chromate de plomb | 52 | 287 | - 235 |
| Autres chromates | 47 | 79 | - 32 |
| Bichromate de soude | 3564 | 106 | 3458 |
| Bichromate de potassium | 283 | 3 | 280 |
| Bichromates et perchromates | 10 | - | 10 |
| Chromates doubles et complexes | 5 | - | 5 |

Tableau 11. Chiffres des importations de chrome et de ses dérivés aux Pays-Bas. (En tonnes/an).

4.3. Utilisation du chrome.

Le chrome et ses dérivés sont essentiellement utilisés comme alliage et, dans les entreprises de galvanisation, comme pigments et agents de fixation, ainsi que dans le tannage au chrome du cuir.

D'après une déclaration du ministère des Affaires économiques, la consommation annuelle de chrome en tant que métal est d'environ 20 t. aux Pays-Bas.

L'industrie de la galvanisation semble l'utiliser de façon accrue.

Suivant certaines estimations, l'industrie néerlandaise du cuir utilise environ 700 t. de Cr^{23}O^3 par an. Les trois quarts du chrome passent dans le cuir, le reste dans les eaux résiduaires.

Une partie de ce chrome apparaît sous forme d'hydroxyde.

Les acides résiduaires, provenant de fabriques de bioxyde de titane situées en Allemagne, sont déversés par bateau dans la mer par le Nieuwe Waterweg. Ces acides peuvent également contenir de faibles quantités de sel de chrome⁴⁷.

Les fournisseurs de chrome et de ses dérivés aux Pays-Bas figurent au Chemicaliën Adresboek²² et au Handboek voor de Nederlandse Chemische Industrie²³. Les entreprises néerlandaises de galvanisation transformant le chrome figurent à l'ABC voor Handel en Industrie⁴⁶.

4.4. Le chrome dans l'environnement.

D'après la lettre²⁵ que les entreprises de distribution d'eau fournies par le Rhin ont adressée au Conseil de l'Europe, 200 t. de chrome ont été charriées par le fleuve en 1970. Suivant le rapport annuel de la Rijncommissie Waterleidingsbedrijven, le volume de chrome charrié par le Rhin en 1971 n'a pas diminué²⁵.

Dans une étude destinée à la conférence de Stockholm de 1972, le ministère de la Santé publique et de l'Hygiène du milieu a évalué à environ 3.000 à 5.400 t. ce même volume charrié par les eaux du Rhin en 1971⁵⁰.

On ne peut déterminer avec précision si les différences sensibles que l'on constate dans le calcul du volume de chrome charrié par le Rhin est imputable au fait que la teneur en chrome est fonction de la quantité de boue présente dans l'eau.

On peut supposer que les résultats que s'apprête à publier le ministre Stuyt²⁰ s'appliquent également au chrome en question.

5. BIBLIOGRAPHIE.

1. D.W. Scholte-Ubing.
Milieuverontreiniging met kwik en kwikverbindingen.
Werkrapport A60 van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, tweede, herziene uitgave november 1971.
2. Lood van Velsen en Pro.Dr.M.F. Bruyns,
Kwik in ons milieu.
Verslag Natuurbeheer Nr 68, mei 1971.
3. W.J.Beek,
Wat is de omvang van de milieuverontreiniging ?
in Mens en milieu, prioriteiten en keuze.
Toekomstbeeld der Techniek Nr.8, 44 (1971)
4. Werkgroep Kwik van de Commissie TNO voor Onderzoek inzake Nevenwerkingen van Bestrijdingsmiddelen.
Kwik in het Nederlandse Milieu.
TNO-Nieuws 26, 371-424 (1971).
5. N. Nelson et al.
Study Group on Mercury Hazards, Hazards of Mercury.
Environmental Research 4, 62 (1971)
6. Chr.L. Nobbs,
Mercury Use and Social Choise,
OECD-rapport (herziene uitgave) 15 februari 1972
7. Douglas H.K. Lee,
Metallic contaminants and human health.
Academic Press, New-York and London, 1972.
8. Maandstatistieken Buitenlandse Handel van het Centraal Bureau voor de Statistiek.
9. Kwik in het Nederlandse milieu.
Ned. Chem. Ind. (13), 194 (1971)
10. T. Doorgeest,
Het kwikgebruik in de Nederlandse Verfindustrie.
Verfkroniek 45, 41 (1972).
11. P. Hagel en J.W Copius Peereboom,
Hoe groot is de milieuverontreiniging met kwik in Nederland ?
Chem. Weekblad nr 32, 9 (1971).
12. Antwoord van de heer Langman, Minister van Economische Zaken en de Heer Stuyt, Minister van Volksgezondheid en milieuhygiëne (20 oktober 1971) op vragen in de Eerste Kamer van de heer van Wijk, inzake milieuverontreiniging door kwikgebruik (10 augustus 1971).

13. Antwoord van de heer Stuyt, Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (16 november 71)
op vragen in de Tweede Kamer van de heer Nooteboom, inzake de verontreiniging in het milieu
door kwik. (8 juli 1971).
14. R.A. Wallace et al.
Mercury in the environment.
Oak Ridge National Laboratory, National Science Foundation, EP-1.
15. Chem. & Eng. News, Jan. 24, 12 (1972)
Chem. & Eng. News, Febr. 21, 17 (1972)
Chem. & Eng. News, April 3, 16 (1972).
16. H.O. Bouveng, P. Ullman,
Reduction of mercury in waste waters from chlorine plants.
Report Swedish Water and Air Pollution Research Laboratory,
Stockholm, April 1969.
17. R. Lopez Cardozo,
Kwik in het milieu : een wereldmodel.
Chem. Weekblad nr 26,8 (1972) en nr. 30-31, 15 (1972).
18. A. Achterberg, J.J. Zaanen,
Sporen kwik in het Groninger aardgas.
Chem. Weekblad nr.2,9 (1972).
19. H. Zeedijk,
Sporen kwik in aardgas - kwiksporen in Nederland ?
Chem. Weekblad nr 3, 5 (1972)
20. Antwoord van de heer Stuyt, Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (27 juli 1972)
op vragen in de Tweede Kamer van de heer Terlouw betreffende publicatie van diverse gegevens (29 maart 1972).
21. F.J. Brinkman,
Kwikverontreiniging en de opwerking van kwikresten van Laboratoria.
Chem. Weekblad nr 21, 8 (1972)
22. Chemicaliën Adresboek,
Bureau voor Bedrijfsdocumentatie. Hilversum.
23. Handboek voor de Nederlandse Chemische Industrie, VNCI, Den Haag.
24. Antwoord van de heer Stuyt, Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (15 november 72)
op vragen in de Tweede Kamer van Mevr. Veder-Smit en de heer Tuijnman betreffende het ontwikkelen van een beleid dat gericht is op een snelle en dratische vermindering van kwiklozingen.
25. Rijncommissie Waterleidingsbedrijven, Condensatorweg 54, Amsterdam-Sloterdijk,
Brandbrief aan Raad van Europa, Rotterdam 28 oktober 1971.

26. Urgentienota Milieuhygiëne juli 1972.
Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
27. A.J. de Groot en A.W. Fonds,
Gedrag van zware metalen en insecticiden in het oppervlaktewater.
I. Voorkomen en gedrag van zware metalen in de Nederlandse delta.
De Ingenieur 84, nr. 11, G 19 (1972).
28. J.J.Hopmans,
Zware metélen belemmeren zelfreiniging van de Rijn.
Het Financiële Dagblad 28 juni 1972.
29. Jaarverslag 1971 van Rijncommissie Waterleidingbedrijven,
Condensatorweg 54, Amsterdam-Sloterdijk.
30. Ministry of public health and environmental hygiene the Netherlands.
The Rhine pollution.
A case study by the Netherlands' National Institute for Public Health, specially prepared
for the Stockholm Conference on the human environment, 1972.
31. P.de Wolf,
Een meetnet voor zware metalen langs de Nederlandse kust.
Te publiceren in TNO-Nieuws, sept. 1972).
32. R.D. Snijder,
Congenital mercury poisoning.
New. Engl. J. Med. 284, 1014 (1971).
F. Kuipers, Kindergeneeskunde.
Ned. Tijdschrift v. Geneeskunds 116, 164 (1972).
33. J.J.M. de Goeij, Kwikgehalte na visconsumptie.
Chem. Weekblad nr 2,6 (1972).
34. L.J. Goldwater, Mercury in the environment.
Scientific American 224, 15 (1971).
35. H.J. Hueck, Biodeterioration and environmental pollution.
Int. Biodetn. Bull. 7, 81 (1971).
36. G. van Urk, Literatuurrapport kwik. Augustus 1970.
37. S. Keekes, J.K. Miettinen, Mercury as a marine pollutant.
FIR : MP/70/R-26, 25 november 1970.
38. Lloyd Dunlap, Mercury : anatomy of a pollution problem.
C. & EN, July 5, 30 (1971).
39. R. Rehfus, Mercury contamination in the natural environmrnt.
A bibliography prepared cooperatively by The Libraries,
US Department of the Interior, July 1970.

40. R.L. Zielhuis, Cadmium en Volksgezondheid.
Caronel Laboratorium, Universiteit van Amsterdam, September 1971.
41. D.F. Flick, H.F. Kraybill, J.M. Dimitroff,
Toxic effects of cadmium : a review. Environmental Research 4, 71 (1971).
42. A. Kloke, Cadmium in the environment.
OECD - rapport, 3 maart 1972, p. 25.
43. World Metal Statistics. Juni 1972, p. 30.
44. Y.C. Athanassiadis, Air pollution aspects of cadmium and its compounds.
US Dept. Comm. NBS PB 188086.
45. Anoniem. Metals focus shifts to cadmium.
Environmental Science and Technology 5, 754 (1971).
46. ABC voor Handel en Industrie, ABC voor Handel en Industrie NV, Haarlem.
47. Antwoord van de heer Drees, Minister van Verkeer en Waterstaat (L november 1971) op vragen in de Tweede Kamer van de heer Wiebenga betreffende de lozing van afvalstoffen in de Noordzee (27 augustus 1971).

Contenu

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| RESUME ET CONCLUSIONS | 1 |
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. MERCURE | 3 |
| 2.1. Généralités | 3 |
| 2.2. Importation et exportation de mercure | 3 |
| 2.3. Utilisation de mercure | 5 |
| 2.4. Le mercure dans l'environnement | 11 |
| 3. CADMIUM | 17 |
| 3.1. Généralités | 17 |
| 3.2. Importation et exportation, production de cadmium | 17 |
| 3.3. Utilisation de cadmium | 18 |
| 3.4. Le cadmium dans l'environnement | 19 |
| 4. CHROME | 21 |
| 4.1. Généralités | 21 |
| 4.2. Importation et exportation de chrome | 21 |
| 4.3. Utilisation de chrome | 22 |
| 4.4. Le chrome dans l'environnement | 22 |
| 5. BIBLIOGRAPHIE | 23 |

