



**Programme des  
Nations Unies pour  
l'environnement**

Distr. : Générale  
14 juillet 2008

Français  
Original : Anglais

**Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure**

Deuxième réunion

Nairobi (Kenya)

6-10 octobre 2008

Point 3 de l'ordre du jour provisoire\*

**Examen et évaluation des options possibles pour intensifier les  
mesures à caractère volontaire, ainsi que des instruments juridiques  
internationaux, nouveaux ou existants**

**Rapport sur les principaux produits et procédés utilisant du  
mercure, les substituts disponibles et le processus de transition vers  
l'usage de produits et procédés sans mercure**

**Note du secrétariat**

**Additif**

L'annexe au présent additif est le texte intégral du rapport mentionné dans le document  
UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/7.

\* UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/1.

## **Annexe**

**Rapport mondial sur l'utilisation du mercure dans les produits et procédés, le niveau de substitution, la transition technologique et les substituts disponibles**

**Etabli pour .**

**le Programme des Nations Unies pour l'environnement**

## Table des matières

Note de synthèse.....	4
Introduction.....	8
Historique.....	8
Objectifs.....	8
Méthodologie.....	8
Structure du rapport.....	10
A. Constatations : Produits contenant du mercure.....	12
A.1 Instruments de mesure et de contrôle.....	12
A.1.a Thermomètres.....	12
A.1.b Sphygmomanomètres.....	14
A.1.c Thermostats.....	16
A.1.d Autres instruments de mesure et de contrôle.....	18
A.2 Piles.....	27
A.3 Usage dentaire.....	38
A.4 Dispositifs électriques et électroniques.....	45
A.4.a Interrupteurs électriques.....	45
A.4.b Relais.....	55
A.5 Lampes/Eclairage.....	63
A.6 Autres produits.....	79
B. Constatations : Procédés à base de mercure.....	81
B.1 Production de chlore alcali.....	81
B.2 Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or.....	87
B.3 Production de chlorure de vinyle.....	94
Conclusions.....	99
Sources.....	102

## Note de synthèse

Dans la décision 24/3 adoptée lors de sa vingt-quatrième session qui s'est tenue en février 2007, le Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a reconnu la nécessité de poursuivre l'action internationale à long terme pour réduire les risques posés par le mercure pour la santé humaine et l'environnement. Le Conseil avait alors mis sur pied un Groupe de travail spécial à composition non limitée (OEWG) constitué de représentants des gouvernements, des organisations régionales d'intégration économique et des parties prenantes pour examiner et évaluer des mesures visant à aborder le problème posé par le mercure à l'échelle mondiale. A sa première réunion tenue à Bangkok (Thaïlande) du 12 au 16 novembre 2007, le Groupe de travail a adopté un programme de travail que le secrétariat était chargé d'exécuter pendant la période intersessions, afin de lui permettre de poursuivre ses travaux lors de sa deuxième réunion prévue du 6 au 10 octobre 2008.

Le présent rapport contient des informations sur les utilisations et les quantités relatives de mercure présentes dans les principaux produits et procédés utilisant du mercure, ainsi que sur les niveaux de substitution de tels produits et procédés et les expériences en matière de changements technologiques et d'adoption de substituts, notamment l'utilisation et la substituabilité du mercure sur le plan national dans les diverses zones géographiques du monde.

Le PNUE a lancé une initiative pour recueillir des données sur le mercure par l'envoi de demandes d'informations aux pays. Les données sollicitées portaient sur l'estimation de la demande de mercure, le niveau de substitution et le processus d'adoption de substituts sans mercure pour six catégories de produits (instruments de mesure et de contrôle, accumulateurs, usage dentaire, dispositifs électriques et électroniques, lampes/éclairage et autres usages) et trois types de procédés (production de chloroéthylène, production de chlore alcali et extraction minière artisanale ou à petite échelle de l'or). Les niveaux de substitution des produits et des procédés ont été regroupés en trois catégories comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau ES1. Catégorisation des niveaux de substitution

Niveau de substitution	Description
2	Substituts disponibles sur le marché et utilisés couramment
1	Substituts disponibles sur le marché mais peu utilisés
0	Substituts non disponibles sur le marché

Des réponses ont été reçues de 33 pays. Les renseignements fournis pour chacun des produits et procédés comprennent :

- Pour chacun des produits et procédés contenant du mercure : la description du produit ou du procédé, le rôle du mercure dans le produit ou le procédé, la quantité de mercure utilisée pour chaque unité du produit ou du procédé, les fabricants et exploitants représentatifs, les prix de détail et l'estimation de la demande annuelle de mercure au plan national;
- Pour les substituts sans mercure : la description du produit ou du procédé, les fabricants et exploitants représentatifs, les prix de détail, les avantages et les inconvénients de ces substituts par rapport aux produits ou procédés contenant du mercure, le niveau de substitution du mercure et l'expérience concernant le processus de substitution.

En outre, un récapitulatif faisant ressortir notamment les résultats relatifs à la demande et à la substitution est présenté pour chaque produit ou procédé. Cette section indique aussi le degré de succès obtenu dans la transition vers l'adoption de substituts sans mercure. Pour que le succès de la transition soit jugé effectif, deux conditions doivent être remplies :

- 1) Plus de 50 % des entités de l'échantillon doivent avoir indiqué qu'il existe effectivement des substituts qui sont couramment utilisés et qu'il n'y a pas eu d'expériences négatives concernant l'utilisation des substituts;
- 2) Au moins deux des entités de l'échantillon doivent avoir eu une demande annuelle de mercure nulle ou appliqué une politique d'interdiction de produits ou de procédés devant entraîner une demande de mercure nulle en 2009.

L'utilisation du mercure dans les produits et procédés et son remplacement ont ensuite été catégorisés sur la base des résultats de la transition à l'échelle mondiale comme suit :

- Succès avéré de la transition. Cette catégorie regroupe des produits et des procédés pour lesquels il existe des technologies de remplacement et qui ont fait l'objet d'une transition efficace dans certains pays de l'échantillon. Les produits et procédés de ce groupe sont considérés comme les plus facilement substituables à l'échelle mondiale;
- Disponibilité de substituts : les difficultés recensées. Cette catégorie renferme des produits et procédés pour lesquels il existe des techniques de substitution mais qui comportent des difficultés de caractère économique, technique, social ou institutionnel à résoudre avant la pleine application des solutions de rechange à l'échelle mondiale;
- Faisabilité selon le site. Ce groupe comprend des produits et procédés pour lesquels les facteurs économiques, techniques, sociaux ou institutionnels influant sur la faisabilité de la mise en œuvre de solutions de rechange sans mercure varient sensiblement d'un site à l'autre.

#### ***Succès avéré de la transition***

Il ressort des réponses fournies que des techniques de substitution existent pour plusieurs produits et procédés et que le processus de transition vers ces nouvelles techniques a connu un succès effectif. Ce sont les produits et procédés suivants :

- *Thermomètres.* Plusieurs techniques de substitution tels les thermomètres à liquide, à cadran ou à affichage numérique ont été répertoriées. Cinquante-trois pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont utilisés couramment, sans inconvénients signalés. Qui plus est, cinq pays ont eu une demande nulle en ce qui concerne les thermomètres à mercure. Toutefois, quatre pays ayant un niveau de substitution correspondant à « 1 » relèvent que le coût des substituts sans mercure est très élevé.
- *Sphygmomanomètres.* Deux principales techniques de substitution ont été recensées, à savoir les substituts anéroïdes et les substituts électroniques. Soixante-neuf pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Cinq pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les sphygmomanomètres au mercure.
- *Thermostats.* Deux principales techniques de substitution ont été recensées, à savoir les substituts mécaniques et les substituts électroniques. Quatre-vingt-trois pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Cinq pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les thermostats au mercure.
- *Accumulateurs (non miniaturisés).* Pour les piles cylindriques au zinc-manganèse de type pâteux ou alcalin ou constituées de carton rigide et les piles à l'oxyde mercurique, il existe dans le commerce des substituts tels que les piles au manganèse alcalin. Soixante-seize pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Six pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les piles standard au mercure.
- *Commutateurs et relais.* Un grand nombre de techniques de substitution ont été recensées pour les divers types de commutateurs et de relais contenant du mercure. Soixante-dix pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Qui plus est, quatre pays déclarent avoir une demande nulle de commutateurs et de relais au mercure.
- *Phares d'automobiles à décharge à haute intensité.* Les constructeurs automobiles utilisent des phares à décharge à haute intensité (HID) pour certains véhicules de haut de gamme ou de hautes performances, mais de manière générale les automobiles sont équipées de lampes halogènes sans mercure. Les spécifications techniques des lampes sont déterminées par le constructeur et ne peuvent être modifiées facilement par le consommateur. Les phares à décharge à haute intensité sont plus coûteux que les lampes halogènes, mais ils offrent divers avantages, notamment l'amélioration de la visibilité nocturne, leur faible encombrement, la longévité des ampoules et une très grande efficacité. Les constructeurs automobiles qui cherchent à égaler l'efficacité de ces phares peuvent désormais choisir entre deux techniques sans mercure de conception récente, à savoir les lampes à décharge à haute intensité contenant de l'iodure de zinc à la place du mercure et les lampes à diode électroluminescente (LED).

- *Production de chlore alcali.* De nombreux pays du monde qui exploitent des usines utilisant des cellules à mercure pour la production de chlore alcali ont réduit sensiblement leur consommation de mercure par la fermeture de telles installations, ce qui a contribué à réduire leurs émissions de mercure grâce à la rationalisation des modes d'exploitation, ainsi que par l'adoption de procédés substituant les cellules à diaphragme aux anciennes cellules à mercure. Par ailleurs, l'industrie a pris l'engagement de fermer ou de reconvertir les installations de fabrication de chlore alcali en Europe et en Inde. Bien que la conversion du procédé utilisant des cellules à mercure en procédé utilisant des cellules à diaphragme soit techniquement réalisable, le coût d'une telle opération varie d'un site à l'autre. Au nombre des facteurs importants qui influent sur les coûts de conversion figurent la nécessité d'une capacité accrue, les dépenses d'énergie et les coûts de maintenance qui sont fonction de l'âge de l'ancienne usine. En revanche, les avantages découlant d'une reconversion réussie comprennent la réduction de la consommation d'énergie, le faible niveau des besoins de maintenance et l'élimination des questions liées à la gestion du mercure. Environ 89 % des réponses à la demande d'informations concernant la production de chlore alcali indiquent que le processus de substitution se situe au niveau « 2 », et aucune réponse négative n'est fournie pour ce qui est de la transition vers l'usage de substituts sans mercure. De plus, 10 pays déclarent avoir une demande annuelle de mercure nulle.

#### **Disponibilité de substituts : des difficultés recensées**

Des techniques de substitution sont disponibles pour les produits et procédés cités ci-après, mais il subsiste des difficultés de caractère économique, technique, social ou institutionnel, qui doivent être surmontées préalablement à toute application effective des nouvelles techniques à l'échelle mondiale.

- *Piles à l'oxyde d'argent, à l'oxyde mercurique et de type zinc-air ou alcalin.* Des piles sans mercure miniaturisées sont disponibles comme substituts à ces produits contenant du mercure. Cependant, les quantités existantes sont limitées et ne peuvent pas satisfaire la demande pour diverses applications qui requièrent des accumulateurs miniaturisés. En dépit de cela, l'entrée en vigueur de l'interdiction de tels produits contenant du mercure au niveau des Etats fédérés des Etats-Unis d'Amérique est prévue en 2011, ce qui laisse tout de même aux fabricants le temps de mettre au point des accumulateurs miniaturisés ne contenant pas de mercure pour la plupart des applications concernées.
- *Amalgames dentaires.* Les substituts sans mercure à l'amalgame dentaire comprennent divers matériaux composites ou en verre ionomère. Ces substituts dont la couleur peut être adaptée à celle des dents sont très couramment utilisés lorsque des considérations esthétiques sont en jeu. Ils ont en outre l'avantage de ne pas produire des déchets nécessitant un traitement particulier lors de l'obturation des cavités dentaires. Les substituts sont plus coûteux, nécessitent plus de temps pour la pose et offrent souvent moins de résistance à la fêlure et à l'usure. Trois pays (Danemark, Norvège et Suède) estimant que les substituts disponibles peuvent remplacer adéquatement l'amalgame ont interdit à partir de 2008 l'usage d'amalgames dentaires au mercure. Huit pays représentant 50 % des réponses reçues concernant l'utilisation du mercure indiquent que des substituts sont disponibles et couramment utilisés dans ces pays. Malgré le succès effectif de la transition dans certains pays, le coût très élevé des substituts constitue une sérieuse entrave à l'abandon total de l'amalgame dentaire. Quatre pays évoquent le coût très élevé des techniques de substitution.
- *Dispositifs translucides d'affichage à cristaux liquides (LCD).* Des panneaux LCD dotés d'un système de rétroéclairage à diode électroluminescente (LED) sans mercure sont utilisés actuellement dans les ordinateurs portables et les téléviseurs. Cette technique d'éclairage LED comporte certains avantages du point de vue de la performance par rapport au système très répandu d'éclairage en arrière-plan par tube à cathode froide, notamment ce qui concerne la longévité, le taux-contraste et le potentiel de réduction de la consommation d'énergie. La technique LED continue de se développer, son coût est plus élevé et le succès de son adoption sur une grande échelle pourrait nécessiter une reformulation des produits utilisant des affichages LCD.
- *Lampes fluorescentes linéaires ou compactes.* Diverses lampes LED sont disponibles actuellement comme substituts aux lampes fluorescentes linéaires ou compactes, mais elles ne se prêtent qu'à un nombre limité d'applications en raison de leur faible puissance lumineuse et de leur coût élevé. Potentiellement, les lampes LED peuvent devenir des substituts viables pour les lampes fluorescentes du fait de leur durabilité et de leur faible consommation d'énergie, mais cette technologie a besoin d'être davantage affinée pour qu'un tel but soit réalisable.
- *Lampes à décharge à haute intensité (HID) (hormis les phares).* A quelques exceptions près, les lampes HID sans mercure ne sont pas disponibles à l'heure actuelle. Cependant, plusieurs technologies d'éclairage ont été retenues comme potentiels substituts aux lampes HID contenant du mercure, notamment les lampes à diode électroluminescente, les lampes à halogénure de métal contenant de l'iode de zinc à la place du mercure et les lampes au sodium haute pression sans mercure.

- *Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or.* Des substituts sans mercure au procédé d'extraction minière de l'or par amalgamation sont disponibles et utilisés sur le terrain à l'heure actuelle. Cependant, l'abandon effectif de l'emploi du mercure nécessitera probablement de vastes campagnes de formation et de sensibilisation, des initiatives visant à surmonter les obstacles culturels, logistiques et économiques, ainsi qu'une diminution de l'offre de mercure à prix réduit.

***Faisabilité selon le site***

Le procédé décrit ci-après a été retenu pour faire l'objet d'une analyse par site en vue de déterminer la faisabilité économique d'un substitut sans mercure :

- *Production de chlorure de vinyle (VCM).* Dans la quasi-totalité des pays (hormis la Chine et la Fédération russe) les entreprises de fabrication de chlorure de vinyle se sont reconverties au procédé à base d'éthylène n'utilisant pas de mercure, en raison de la faible consommation d'énergie et du coût peu élevé des matières premières requises. En Chine, la production de chlorure de vinyle au moyen du mercure par le procédé à base d'éthylène demeure économiquement viable, du fait de facteurs tels que l'offre de charbon bon marché et la disponibilité limitée d'éthylène pour le procédé utilisant cette substance. L'emploi du mercure pour la fabrication de chloroéthylène est censé s'accroître au fur et à mesure de l'augmentation de la production chinoise de chlorure de vinyle à la suite de la création de nouvelles usines utilisant le procédé à base d'éthylène.

La présente analyse a mis au jour des insuffisances dans les informations communiquées. Nombre de réponses fournies comportent des lacunes au sujet des données concernant certaines catégories de produits et procédés. En outre, les réponses relatives à l'estimation de la demande annuelle de mercure indiquent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2001. Par conséquent, ces réponses ne sauraient servir de base d'extrapolation pour déterminer la demande globale de mercure au niveau régional ou mondial.

## Introduction

### Historique

Dans la décision 24/3 adoptée lors de sa vingt-quatrième session qui s'est tenue en février 2007, le Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) a reconnu la nécessité de poursuivre l'action internationale à long terme pour réduire les risques posés par le mercure pour la santé et l'environnement. Le Conseil avait alors mis sur pied un Groupe de travail spécial à composition non limitée (OEWG) constitué de représentants des gouvernements, des organisations régionales d'intégration économique et des parties prenantes.

La première réunion du Groupe de travail consacré à l'examen et à l'évaluation de mesures visant à aborder le problème posé par le mercure à l'échelle mondiale s'est tenue à Bangkok (Thaïlande) du 12 au 16 novembre 2007. Y ont pris part des représentants de 91 gouvernements, d'une organisation régionale d'intégration économique, de sept organisations intergouvernementales et de 39 organisations de la société civile. A cette occasion, le Groupe de travail a adopté un programme de travail que le secrétariat était chargé d'exécuter pendant la période intersessions, pour lui permettre de poursuivre ses travaux lors de sa deuxième réunion prévue du 6 au 10 octobre 2008.

### Objectifs

Les objectifs visés à travers la présente étude sont les suivants :

- Recenser les techniques de substitution disponibles pour le remplacement de produits et procédés utilisant du mercure;
- Etablir des rapports sur les utilisations et les quantités relatives de mercure dans de tels produits et procédés, ainsi que sur le niveau de substitution de ces produits et procédés et l'expérience de la transition technologique et de l'usage de substituts;
- Fournir des indications exhaustives sur l'utilisation du mercure, le processus de substitution et l'expérience en matière de substitution au niveau des pays dans les diverses zones géographiques du monde;
- Fournir les informations dont a besoin le Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure, à sa deuxième réunion, pour envisager un surcroît d'efforts ou des mesures supplémentaires visant à réduire les risques liés au mercure contenu dans des produits ou utilisé dans des procédés.

### Méthodologie

Les principales sources d'information utilisées dans le présent rapport comprennent :

- Les réponses à la Demande d'informations adressée aux pays par le PNUE;
- Les communications au titre du projet du PNUE relatif à l'Outil spécialisé pour l'identification et la quantification des rejets de mercure (MIT);
- Les fabricants de produits contenant du mercure;
- Les fabricants de produits de substitution;
- Les associations professionnelles;
- Les organisations intergouvernementales et non gouvernementales;
- Les établissements de vente au détail des produits contenant du mercure;
- Les établissements de vente au détail des produits de substitution;
- D'autres sources d'informations publiées telles que le rapport sur l'Evaluation mondiale du mercure du PNUE (2002), le document d'orientation du PNUE sur les utilisations et les rejets de mercure (2006), l'Outil spécialisé pour l'identification et la quantification des rejets de mercure (2006), le rapport du PNUE sur l'information concernant l'offre, le commerce et la demande de mercure (2006), ainsi que le rapport du Conseil nordique des ministres sur la Liste pratique des priorités concernant le remplacement du mercure.



Le rapport comporte aussi des renvois à des informations tirées de la base de données sur la teneur en mercure des produits du Centre d'échange inter-Etats pour les programmes de sensibilisation et de réduction relatifs au mercure (IMERC) de l'Association des responsables de la gestion des déchets du Nord-Ouest (NEWMOA). Cette base de données de l'IMERC comporte des informations sur les teneurs ainsi que la fonction du mercure dans les produits de consommation courante, qui sont régulièrement portées à la connaissance des Etats participant au mécanisme d'échange. Les informations provenant de cette base de données ont été transmises, par le canal de l'IMERC, à l'initiative ou pour le compte des fabricants de produits, conformément aux lois et règlements en vigueur en la matière dans les Etats du Connecticut, du Maine, du Massachusetts, du New Hampshire, de New York, de Rhode Island et du Vermont.

Dans l'ensemble, le PNUE a reçu des réponses de 33 pays, y compris des réponses venant de pays d'Amérique du Nord, d'Amérique du Sud, d'Europe, d'Asie et d'Afrique. Le tableau qui suit indique les informations reçues de chacun des 33 pays ayant répondu à la Demande d'informations.

Tableau I1 – Communication d'informations sur la consommation de mercure par pays

Pays	Région	En réponse à la Demande d'informations	Dans le cadre du processus de l'Outil spécialisé	Autres documents communiqués
Argentine	Amérique du Sud	✓		
Bangladesh	Asie			Réponse d'une page
Belarus	Europe	✓		
Brésil	Amérique du Sud	✓		
Cambodge	Asie	✓	✓	
Canada	Amérique du Nord			Lettre de couverture et deux réponses, l'une de trois pages de et l'autre de cinq pages
Chili	Amérique du Sud	✓	✓	
Chine	Asie			Réponse de huit pages
Danemark	Europe	✓		
Equateur	Amérique du Sud	✓		
France	Europe	✓		
Allemagne	Europe	✓		Rapport sur le mercure et rapport sur les accumulateurs
Iran	Moyen-Orient	✓		
Japon	Asie	✓		
Maurice	Afrique	✓		Rapport sur le mercure
Mexique	Amérique du Nord			Rapport de deux pages
Pays-Bas	Europe	✓		
Norvège	Europe	✓		
Pakistan	Moyen-Orient			Inventaire de 12 pages sur le mercure et exposé PowerPoint
Panama	Amérique centrale	✓		
Philippines	Asie		✓	Exposé PowerPoint
Pologne	Europe			Réponse de trois pages
Qatar	Moyen-Orient			Réponse de deux pages
Roumanie	Europe	✓		
Slovénie	Europe	✓		
Suède	Europe	✓		Renvois à des rapports complémentaires
Suisse	Europe	✓		

Pays	Région	En réponse à la Demande d'informations	Dans le cadre du processus de l'Outil spécialisé	Autres documents communiqués
Syrie	Moyen-Orient	✓		
Trinité-et-Tobago	Caraïbes			Rapport de trois pages
Royaume-Uni	Europe	✓		Rapport de six pages sur le mercure
Etats-Unis	Amérique du Nord	✓		Réponse de 21 pages
Uruguay	Amérique du Sud			Réponse de quatre pages
Yémen	Moyen-Orient			Exposé PowerPoint

## Structure du rapport

La section du rapport consacrée aux constatations est conçue sous une forme correspondant à la structure de la Demande d'informations, à savoir un exposé comportant un chapitre sur les produits et un chapitre sur les procédés, articulés comme suit :

### Chapitre A. Constatations – Les produits contenant du mercure

1. Instruments de mesure et de contrôle;
2. Piles;
3. Usage dentaire;
4. Dispositifs électriques et électroniques;
5. Lampes et éclairages;
6. Autres produits.

### Chapitre B. Les procédés utilisant du mercure

1. Production de chlore alcali;
2. Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or;
3. Production de chlorure de vinyle.

Dans cette section, chacun des produits et procédés est présenté comme suit :

- **Aperçu du produit/procédé.** Cette sous-section donne un aperçu de chaque catégorie de produits ou procédés utilisant du mercure étudiée dans le cadre du présent rapport, en abordant notamment les points suivants :
  - Description du produit/procédé;
  - Fonction du mercure dans le produit/procédé;
  - Quantité de mercure utilisée pour chaque unité du produit/procédé;
  - Prix de détail, ou fourchette des prix, pour les produits contenant du mercure : seuls sont indiqués les prix pour lesquels des données sont disponibles. Les sources de données sur les prix comprennent le réseau Internet, les prospectus et brochures et d'autres renseignements librement accessibles;
  - Fabricants et exploitants : pour ce qui est des produits, des indications sont fournies dans la présente rubrique sur des fabricants représentatifs de chaque catégorie de produits ainsi que sur le lieu d'implantation de leur siège social. En ce qui concerne les procédés, la rubrique comporte également des indications sur des exploitants représentatifs et le lieu d'implantation de leurs installations.
  - Substituts sans mercure : cette rubrique comprend des descriptions de produits et procédés, les prix de détail, les fabricants et exploitants, ainsi que les avantages et les inconvénients que ces substituts présentent par rapport aux produits et procédés utilisant du mercure.

- **Demande et consommation de mercure.** Cette sous-section comporte une quantification et des tableaux récapitulatifs des estimations de la demande de mercure pour chaque catégorie de produits/procédés. Les données utilisées proviennent essentiellement des réponses à la Demande d'informations adressée au pays par le PNUE, ainsi que des résultats du processus de l'Outil spécialisé d'identification et de quantification des rejets de mercure. Les chiffres communiqués sur la consommation de mercure par les pays ont été arrondis au kilogramme le plus proche. Certains pays ont indiqué plutôt des fourchettes de valeurs pour l'estimation de leur demande de mercure. Dans ce cas, les fourchettes et les valeurs médianes figurent dans les tableaux. Les données signalées à titre comparatif sont tirées de sources publiées.
- **Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts.** Cette sous-section détermine le degré auquel les produits de substitution ont remplacé, ou sont disponibles pour remplacer les produits contenant du mercure. Elle renferme aussi une synthèse des éléments essentiels figurant dans les réponses à la Demande d'informations au sujet des expériences positives ou négatives concernant la transition vers l'usage de substituts sans mercure. Les données utilisées dans la sous-section proviennent essentiellement des réponses à la Demande d'informations.
- **Récapitulatif.** Cette sous-section reprend les principales constatations portant sur la demande et le processus de substitution pour chaque produit/procédé, et présente un tableau récapitulatif des colonnes suivantes :

*Techniques de substitution recensées.* La réponse donnée est jugée positive si, pour une catégorie de produits donnée, on a pu identifier au moins un substitut disponible dans le commerce ou un fabricant d'un tel substitut, ou encore au moins un processus de substitution pour la catégorie considérée.

*Faisabilité de la transition.* L'utilisation du mercure dans les produits/procédés et son remplacement ont ensuite été catégorisés sur la base des résultats de la transition par rapport au contexte mondial, ce qui a abouti à une répartition en trois groupes comme suit :

- **Succès avéré de la transition.** Cette catégorie regroupe des produits et des procédés pour lesquels il existe des technologies de remplacement et qui ont fait l'objet d'une transition efficace dans certains pays de l'échantillon. Les produits et procédés de ce groupe sont considérés comme les plus facilement substituables à l'échelle mondiale. Pour que le succès de la transition soit jugé effectif, deux conditions doivent être remplies :
  1. Plus de 50 % des entités de l'échantillon doivent avoir déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » et indiqué qu'il n'y a pas eu d'expériences négatives concernant l'utilisation des substituts. Cela montrerait qu'il existe effectivement des substituts qui sont couramment utilisés dans la majorité des pays ayant fourni des données sur la demande de mercure.
  2. Au moins deux des entités de l'échantillon doivent avoir eu une demande annuelle de mercure nulle ou appliqué une politique d'interdiction de produits ou de procédés devant entraîner une demande de mercure nulle en 2009.
- **Disponibilité de substituts : des difficultés recensées.** Cette catégorie renferme des produits et procédés pour lesquels il existe des techniques de substitution, mais qui comportent des difficultés de caractère économique, technique, social ou institutionnel à résoudre avant la pleine application des solutions de rechange à l'échelle mondiale. Les produits et procédés de ce groupe nécessiteraient une période intermédiaire ou un temps de transition plus ou moins long, selon l'ampleur des difficultés recensées.
- **Faisabilité selon le site.** Ce groupe comprend des produits et procédés pour lesquels les facteurs économiques, techniques, sociaux ou institutionnels influant sur la faisabilité de la mise en œuvre de solutions de rechange sans mercure varient sensiblement d'un site à l'autre.

## A. Constatations : Produits contenant du mercure

### A.1 Instruments de mesure et de contrôle

#### A.1.a Thermomètres

Les thermomètres sont des dispositifs servant à mesurer la température. Il existe plusieurs types de thermomètres qui pourraient contenir du mercure, à savoir :

- Les thermomètres pour réfrigérateurs, lave-vaisselle, fours, confiseries et viandes;
- Les thermomètres servant à mesurer la température intérieure ou extérieure;
- Les thermomètres de laboratoire;
- Les thermomètres corporels;
- Les thermomètres basiques servant à mesurer la température liée au métabolisme de base;
- Les thermomètres utilisés dans les applications industrielles.

La présente section couvre les thermomètres à mercure et trois substituts sans mercure, à savoir les thermomètres à liquide, les thermomètres à cadran et les thermomètres numériques.

#### Thermomètres à mercure

##### Aperçu du produit

Les thermomètres consistent habituellement en un tube de verre renfermant du mercure qui effectue un mouvement ascendant ou descendant lorsque la température varie. Le Conseil nordique des ministres indique dans son rapport que le prix des substituts sans mercure est plus élevé que celui des thermomètres médicaux, mais qu'il se situe au même niveau que ceux des thermomètres en verre utilisés pour les analyses au laboratoire, l'éducation et d'autres applications (Maag, 2007).

Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de thermomètres à mercure sont comprises dans les fourchettes suivantes : 100 à 1 000 milligrammes, et plus de 1 000 milligrammes par thermomètre. Certains fabricants ont cependant indiqué des chiffres précis, variant de 0,5 à 54 grammes de mercure par thermomètre (NEWMOA, 2008). L'Outil spécialisé du PNUE comportait des exemples de teneurs en mercure pour les thermomètres médicaux (0,5 à 1,5 grammes dans les pays de l'Union européenne), le thermomètre familial (0,5 à 2,25 grammes dans les pays de l'Union européenne) et les thermomètres de laboratoire (1,4 à 48 grammes en Fédération russe) (PNUE, 2005).

Les teneurs en mercure des thermomètres numériques communiquées à l'IMERC par les fabricants de thermomètres numériques sont comprises dans les fourchettes de 0 à 5 ou de 5 à 10 milligrammes par thermomètre. Toutefois, il convient de préciser que les teneurs indiquées se rapportent au mercure contenu dans les piles bouton miniatures utilisées dans le thermomètre numérique.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermomètres à mercure.

Tableau A1.1 – Fabricants représentatifs de thermomètres à mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Website	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Caretek Medical	Wenzhou (Chine)	<a href="http://www.cnmeditek.com">www.cnmeditek.com</a>	CRW Series	Non publié
Changzhou Ruiming Thermometer Factory of China	Changzhou (Chine)	<a href="http://www.china-lanxi.com">www.china-lanxi.com</a>	LX Series	Non publié
Medline Industries, Inc.	Mundelein, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.medline.com">www.medline.com</a>	Thermomètre oral en verre	4,90 \$ (Nextag, and Vitality)
SoFine Group Co. Ltd.	Ningbo (Chine)	<a href="http://www.sofine-medical.com">www.sofine-medical.com</a>	DT-TO1-02	2 \$, (Supplierlist)
Sper Scientific Ltd.	Scottsdale, Arizona (Etats-Unis)	<a href="http://www.sperscientific.com">www.sperscientific.com</a>	736060	1,50 \$ (Technika)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	Thermomètre de lave-vaisselle	17,03 \$ (Nextag)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (Etats-Unis)	<a href="http://www.veege.com">www.veege.com</a>	80102	2,70 \$ (Novatech)

## Substitut 1. Thermomètre à liquide

### Aperçu du produit

Le thermomètre à liquide consiste en un tube cylindrique contenant un liquide qui se dilate et se contracte en fonction de l'élévation ou de l'abaissement de la température. On utilise en général des liquides organiques courants tels que l'alcool et le pétrole, ainsi des solvants à base d'extraits d'agrumes colorés en bleu, en rouge ou en vert. Le modèle « galinstan » est constitué d'un tube de verre contenant un mélange de couleur argentée fait de gallium, d'indium et d'étain, qui se dilate en fonction de la température pour afficher une valeur.

Le thermomètre de type galinstan a une fonction comparable à celle du thermomètre à mercure, parce qu'il est constitué d'un tube de verre contenant un liquide de couleur argentée qui monte dans une colonne lorsque la température augmente. Cependant, les connaissances sur la toxicité du mélange de gallium, d'indium et d'étain demeurent limitées. Le thermomètre à liquide est le plus courant des substituts au thermomètre à mercure.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermomètres à liquide.

Tableau A1.2 – Fabricants représentatifs de thermomètres à liquide

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Changzhou Ruiming Thermometer Factory of China	Changzhou (Chine)	<a href="http://www.china-lanxi.com">www.china-lanxi.com</a>	LX Series	Non publié
RG Medical Diagnostics	Southfield, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.rgmd.com">www.rgmd.com</a>	Modèle rectal Geratherm sans mercure	5,38 \$ (Amazon)
Sper Scientific Ltd.	Scottsdale, Arizona (Etats-Unis)	<a href="http://www.sperscientific.com">www.sperscientific.com</a>	735384,	1,50 \$ (Technika)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (Etats-Unis)	<a href="http://www.veegee.com">www.veegee.com</a>	80501, à alcool,	2,30 \$ (Novatech)

## Substitut 2. Thermomètre à cadran

### Aperçu du produit

Les thermomètres à cadran comportent essentiellement une bobine bimétallique constituée de deux métaux différents liés l'un à l'autres. Ces métaux ayant des coefficients de dilatation différents font tourner la bobine en cas de variation de température. Les thermomètres à cadran peuvent être utilisés dans des applications de caractère industriel et des plages de température étendues. Par exemple, le modèle Ashcroft CI peut fonctionner à des températures allant de – 50 à 500 degrés Celsius.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermomètres à cadran.

Table A1.3 – Fabricants représentatifs thermomètres à cadran

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Ashcroft Inc.	Stratford, Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.ashcroft.com">www.ashcroft.com</a>	Modèles CI, EI, EL, et FT	Non publié
Comark Ltd.	Hertfordshire (Royaume-Uni)	<a href="http://www.comarkltd.com">www.comarkltd.com</a>	Modèles de poche CD400 et MT200 mesurant 3 cm	5 \$ (QA supplies)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	8212	19 \$ (Miller)
Vee Gee Scientific	Kirkland, Washington (Etats-Unis)	<a href="http://www.veegee.com">www.veegee.com</a>	81070	4,90 \$ (Novatech)

### Substitut 3. Thermomètre numérique

#### Aperçu du produit

Le thermomètre numérique utilise des capteurs de température tels que les thermistors ou les thermocouples. Le principe de fonctionnement du thermistor est basé sur le fait que la résistance électrique de la matière dont il est fait varie en fonction de la température. Les thermocouples comportent deux bandes de fils constitués de métaux différents. Ces deux fils sont soudés à l'un des bouts et la tension est mesurée à l'autre bout. Un circuit permet de mesurer les variations de résistance ou de tension et de les convertir en valeurs de température. Le thermomètre numérique offre divers avantages tels que l'affichage instantané des températures. Il peut aussi émettre un signal sonore pour indiquer que la température maximale est atteinte. L'un de ses principaux inconvénients tient au fait que la plupart des modèles utilisent des piles miniatures qui pourraient contenir du mercure.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermomètres numériques.

Tableau A1.4 – Fabricants représentatifs de thermomètres numériques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	ADTEMP IV	5,62 \$ (Nextag)
Becton Dickinson and Company	Franklin Lakes, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.bd.com">www.bd.com</a>	52 Series, Rapid	8,59 \$ (Nextag)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	MC Series, 20 Second Flexible,	10,43 \$ (Vitality)
Taylor Precision Products	Oak Brook, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.taylorusa.com">www.taylorusa.com</a>	1400 Series, Instant Read	11,99 \$ (Nextag)

#### A.1.b Sphygmomanomètres

Les sphygmomanomètres servent à mesurer la tension artérielle lors des phases systolique et diastolique de la circulation sanguine. Les appareils de prise de pression artérielle consistent habituellement en un brassard rempli d'air qui bloque momentanément le passage du sang dans l'artère et qui, en se dégonflant, fournit selon une technique particulière des données sur la circulation sanguine. Les deux méthodes les plus courantes à cet égard sont la technique auscultatoire et la technique oscillatoire. La première permet d'écouter les bruits qui caractérisent le flux sanguin, tandis que la deuxième requiert l'utilisation d'un transducteur qui capte la pression. Les sphygmomanomètres sont disponibles en différentes configurations telles que les modèles muraux et mobiles et les versions de poche et de bureau.

La présente section couvre le sphygmomanomètre à mercure et les deux substituts sans mercure qui existent, l'un étant anéroïde et l'autre électronique.

#### Sphygmomanomètre à mercure

##### Aperçu du produit

Le sphygmomanomètre à mercure sert à mesurer la pression artérielle par la technique dite auscultatoire. Le praticien détermine les pressions artérielles systoliques et diastoliques en écoutant les bruits de Korotkoff, qui sont caractéristiques des différentes étapes de la circulation sanguine lors du dégonflement du brassard. A un certain stade de l'émission des bruits, le praticien relève la pression affichée. Le sphygmomanomètre à mercure affiche la pression au moyen d'une colonne de mercure (manomètre). La dilatation et la contraction du mercure en réponse à la pression sont tout à fait indiquées pour mesurer la pression. Le manomètre est en général gradué de 0 à 300 millimètres de mercure.

Les fabricants de sphygmomanomètres ont communiqué à l'IMERC des fourchettes des teneurs en mercure se situant au-delà de 1 000 milligrammes par instrument. Certains fabricants ont cependant indiqué des chiffres précis, variant de 50 à 140 grammes de mercure par sphygmomanomètre (NEWMOA, 2008). L'Outil spécialisé du PNUE comportait des exemples tels que ceux du Danemark et de l'Union européenne où les sphygmomanomètres contenaient, respectivement, 70 et 85 grammes de mercure par instrument (PNUE, 2005).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de sphygmomanomètres à mercure.

Tableau A1.5 – Fabricants représentatifs de sphygmomanomètres à mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	972	281 \$ (Nextag)
Caretek Medical	Wenzhou (Chine)	<a href="http://www.cnmeditek.com">www.cnmeditek.com</a>	MT-3 Series	Non publié
GF Health Products Inc.	Atlanta, Géorgie (Etats-Unis)	<a href="http://www.grahamfield.com">www.grahamfield.com</a>	Labtron Series, 03-225	59,95 \$ (Promed)
MDF Instruments	Agoura Hills, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdfeurope.com">www.mdfeurope.com</a>	MDF 800	67,07 \$ (Healthy)
Rudolf Riester GmbH	Jungingen (Allemagne)	<a href="http://www.riester.de">www.riester.de</a>	R-12-605	113,84 \$ (Healthy)
W. A. Baum	Copiague, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.wabaum.com">www.wabaum.com</a>	Nombreux modèles.	Non publié
Wenzhou Wuzhou Group Co. Ltd.	Zhejiang (Chine)	<a href="http://wuzhou.en.alibaba.com">wuzhou.en.alibaba.com</a>	Modèle de bureau	Non publié

### Substitut 1. Sphygmomanomètre anéroïde

#### Aperçu du produit

Le sphygmomanomètre anéroïde utilise aussi la méthode auscultatoire pour mesurer la pression artérielle. Il est muni d'une jauge anéroïde constituée d'un cadran gradué en unités de 0 à 300 millimètres de mercure et d'un mince soufflet à cannelures en alliage de cuivre qui est sensible aux variations de pression. Pour déterminer le degré de précision des sphygmomanomètres anéroïdes, le centre Mayo Clinic des Etats-Unis a réalisé une évaluation de 283 instruments de ce type. Cette évaluation a montré que les résultats des sphygmomanomètres anéroïdes se situaient dans la plage de 4 millimètres de mercure recommandée par l'Association pour l'amélioration des instruments médicaux. Selon la conclusion de cette étude, les sphygmomanomètres anéroïdes fournissent des mesures de pression exactes lorsqu'ils sont soumis à un programme d'entretien approprié (Canzanello, 2001). A titre d'exemple, le protocole préconisé à cet égard dans le manuel d'entretien des sphygmomanomètres anéroïdes de Welch Allyn indique ceci : si, en état de fonctionnement normal, l'indicateur se positionne à l'intérieur de la marque ovale ou carrée, cela signifie probablement que l'instrument est bien étalonné; par contre, si l'indicateur se trouve à l'extérieur de la marque en l'absence de toute pression, l'instrument nécessite un réétalonnage. En outre, le réétalonnage doit avoir lieu sur une base annuelle, même si l'indicateur demeure à l'intérieur du repère (Welch Allyn).

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de sphygmomanomètres anéroïdes.

Tableau A1.6 – Fabricants représentatifs sphygmomanomètres anéroïdes

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
A&D Medical	San Jose, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.andmedical.com">www.andmedical.com</a>	UA-200	39,95 \$ (Promed)
American Diagnostic Corp.	Hauppauge, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.adctoday.com">www.adctoday.com</a>	Diagnostix 703	66, (Nextag)
BV Medical Standard	Barrington, Illinois	<a href="http://www.bvmedical.com">www.bvmedical.com</a>	BV-115M	20,93 \$ (Healthy)
GF Health Products Inc.	Atlanta, Georgie (Etats-Unis)	<a href="http://www.grahamfield.com">www.grahamfield.com</a>	Labtron Series, 03-202S	39,95 \$ (Promed)
MDF Instruments	Agoura Hills, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdfeurope.com">www.mdfeurope.com</a>	MDF808B,	41,08 \$ (Healthy)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	115M,	22,04 \$ (Healthy)
Trimline Medical Products Corp.	Raritan, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.trimlinemed.com">www.trimlinemed.com</a>	Plusieurs modèles	Non publié
W. A. Baum	Copiague, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.wabaum.com">www.wabaum.com</a>	Séries de poche	49,98 \$ (AllHeart)

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Welch Allyn Tycos	Skaneateles, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.welchallyn.com">www.welchallyn.com</a>	Anéroïdes de poche	117,98 \$ (AllHeart)

## Substitut 2. Sphygmomanomètres électroniques

### Aperçu du produit

Le fonctionnement du sphygmomanomètre électronique est basé sur la technique dite oscillométrique. Ce dispositif utilise un capteur de pression et un microprocesseur, plutôt que l'oreille humaine et un manomètre ordinaire. Pendant que le brassard se dégonfle, un capteur de pression transmet à un microprocesseur un signal électrique qu'il convertit en pression artérielle systolique ou diastolique.

Outre la pression artérielle systolique et diastolique, ce type d'instrument peut afficher des données bien plus détaillées sur la circulation sanguine, ce qui peut se révéler utile pour les diagnostics.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de sphygmomanomètres électroniques.

Tableau A1.7 – Fabricants représentatifs de sphygmomanomètres électroniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
A&D Medical	San Jose, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.andmedical.com">www.andmedical.com</a>	UA-766-PV	89,95 \$ (Promed)
Homedics	Commerce Township, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.homedics.com">www.homedics.com</a>	BPA-300	99,95 \$ (Promed)
Omron Healthcare Inc.	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omronhealthcare.com">www.omronhealthcare.com</a>	HEM-711DLX	99,95 \$ (Promed)

### A.1.c Thermostats

Les thermostats sont des dispositifs très souvent utilisés pour mesurer de manière automatique la température d'une salle et commander les appareils en vue de maintenir la température à un niveau souhaité. Les thermostats contrôlent la température d'un local en activant et en désactivant l'installation de chauffage ou de refroidissement lorsque la température du local s'écarte d'une plage ou d'un différentiel de températures donné. A titre d'exemple, si le thermostat enclenche l'appareil de chauffage à la température de 70 °F et le désactive à la température de 74 °F, le différentiel de température est de 4 degrés Fahrenheit. La précommande est une fonction perfectionnée qui est utilisée dans les thermostats pour désactiver l'appareil de chauffage avant que la température n'atteigne effectivement le point d'arrêt automatique.

Les deux principaux composants d'un thermostat sont le capteur de température et le sélecteur de lecture de température. Par exemple, lorsque la température du local baisse au-delà d'un certain niveau, le thermostat émet un signal électrique pour déclencher la marche de l'appareil de chauffage. La présente section couvre les thermostats à mercure et les deux principaux substituts sans mercure, à savoir le thermostat mécanique et le thermostat électronique. De nombreux facteurs influent sur le choix définitif d'un thermostat, notamment : le coût, la qualité, la fiabilité, le degré de précision, la livraison en temps voulu, le service après-vente, le soutien technique, la maniabilité, la puissance nominale, le nombre d'étapes de chauffage ou de refroidissement, les considérations environnementales et le rendement énergétique.

Le rendement énergétique est une caractéristique très importante pour le choix d'un thermostat. Par suite des manœuvres successives d'activation et de désactivation de l'appareil de chauffage ou de refroidissement par le thermostat, la température du local varie de part et d'autre du niveau souhaité. La fourchette dans laquelle la température du local varie représente l'« oscillation de température ». L'office de protection de l'environnement des Etats-Unis (US-EPA) exige une oscillation d'au plus 4 degrés Fahrenheit pour l'homologation (selon le classement Energy Star) des thermostats électroniques programmables. Toutefois, les données relatives à l'oscillation de température ne sont toujours disponibles chez les fabricants des divers types de thermostat. Par conséquent, aux fins du présent rapport, sera considéré à bon rendement énergétique tout thermostat offrant un différentiel d'au plus 4 degrés Fahrenheit et d'autres possibilités de régulation par thermostat, telles que la fonction de précommande. Un thermostat comportant des telles caractéristiques serait raisonnablement apte à maintenir une oscillation de température de moins de 4 degrés Fahrenheit s'il est installé et étalonné selon les normes prescrites. Ces caractéristiques sont disponibles dans certains modèles de thermostats mécaniques, électroniques ou à mercure.



## Thermostat à mercure

### Aperçu du produit

Les thermostats munis de commutateurs à mercure captent les variations de température au moyen d'une matière bimétallique comme le laiton et l'acier. La forme des capteurs de température bimétalliques se modifie en fonction de la température. Cette forme souvent semblable à celle d'une bobine leur permet d'activer le sélecteur de température selon une rotation angulaire. Les sélecteurs à mercure sont constitués d'un bulbe de verre rempli d'un gaz inerte et d'une petite masse de mercure. Le bulbe est fixé à l'extrémité mobile du capteur bimétallique, de manière à effectuer une rotation lorsque le capteur se déplace. Lorsque le capteur déplace le bulbe vers une nouvelle position, la masse de mercure établit ou interrompt le flux de courant électrique qui alimente l'appareil de refroidissement ou de chauffage. Le Conseil nordique des ministres indique dans son rapport que le prix des substituts sans mercure se situe à peu près au même niveau que celui des thermostats contenant du mercure (Maag, 2007).

Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de thermostats à mercure se situent dans les fourchettes de 100 à 1 000 milligrammes et de plus de 1 000 milligrammes par thermostat. Certains fabricants ont cependant communiqué des chiffres précis, variant de 1 à 3 grammes de mercure par thermostat (NEWMOA, 2008).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermostats à mercure.

Tableau A1.8 – Fabricants représentatifs de thermostats à mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	Nombreux modèles.	Non publié
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	988-1	20,50 \$ (électrique)
Lux	Mt. Laurel, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	Nombreux modèles.	Non publié
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.white-rodders.com">www.white-rodders.com</a>	1F56-301	24,99 \$ (AZ)

## Substitut 1. Thermostats mécaniques

### Aperçu du produit

Les thermostats mécaniques comportent souvent un élément bimétallique qui détecte les variations de température. Le capteur bimétallique active un commutateur mécanique à ressort qui branche ou débranche l'alimentation en énergie électrique de l'appareil de chauffage ou de refroidissement. Les thermostats mécaniques ou à mercure ont souvent des caractéristiques similaires en dehors du mécanisme de commutation.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermostats mécaniques.

Tableau A1.9 – Fabricants représentatifs de thermostats mécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	200-401	23 \$ (électrique)
Lux	Mt. Laurel, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.white-rodders.com">www.white-rodders.com</a>	1E50N-301	32,75 \$ (Protherm)
			1C20-102	11,79 \$ (AZ)

## Substitut 2. Thermostats électroniques

Les thermostats électroniques sont souvent munis de thermistors ou d'autres capteurs de circuit intégré qui détectent les variations de température. Les thermistors offrent une solution peu coûteuse pour la mesure de la température, ainsi qu'un niveau élevé de signaux de sortie et une réaction instantanée aux variations de température.

Certains thermostats électroniques sont programmables alors que d'autres ne le sont pas. Les deux types sont souvent munis d'un système d'affichage à diode électroluminescente (LED) pour améliorer la lisibilité. Ils peuvent aussi être réglés de manière à maintenir un seul point de consigne. Cependant, le thermostat programmable permet à l'utilisateur de modifier le programme de chauffage ou de refroidissement à sa guise. Par exemple, l'utilisateur peut le programmer de manière à réduire la température à des heures ou des dates prédéterminées afin de réduire la consommation d'énergie.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermostats électroniques programmables.

Tableau A1.10 – Fabricants représentatifs de thermostats électroniques programmables

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	LineVoltPRO 8000	49 \$ (Nextag)
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	Modèle 9701	139,95 \$ (Air)
Lux	Mt. Laurel, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	PSP 511	33 \$ (Thermostat)
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1F78H-151,	33,95 \$ (Protherm)

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de thermostats électroniques non programmables.

Tableau A1.11 – Fabricants représentatifs de thermostats électroniques non programmables

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Honeywell	Minneapolis, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://www.honeywell.com">www.honeywell.com</a>	TH5220D	49,95 \$ (Nextag)
Invensys Controls (Robertshaw)	Carol Stream, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.robertshawstats.com">www.robertshawstats.com</a>	9400 Model	44,95 \$ (Air)
Lux	Mt. Laurel, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.luxproducts.com">www.luxproducts.com</a>	PSD100,	38,50 \$ (Thermostat)
White-Rodgers	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.white-rodgers.com">www.white-rodgers.com</a>	1F86-241,	38,95 \$ (Protherm)

### A.1.d Autres instruments de mesure et de contrôle

Il existe de nombreux autres types d'instruments de mesure et de contrôle contenant du mercure, tels que les baromètres, les manomètres, les psychromètres, les hygromètres, les hydromètres, les débitmètres, les détecteurs de flamme et les pyromètres. Les réponses reçues de quatre pays comportent une estimation de la demande de mercure pour ces autres instruments de mesure et de contrôle. Ces réponses sont résumées dans la section intitulée « Demande et consommation de mercure » ci-dessous.

#### Demande et consommation de mercure

Treize pays ont communiqué une estimation de leur demande de mercure pour les instruments de mesure et de contrôle dans les sous-catégories suivantes : thermomètres, sphygmomanomètres, thermostats et autres instruments. Pour cette raison, les données relatives à la demande de mercure sont présentées dans quatre tableaux distincts, soit un tableau pour chaque sous-catégorie.

Cependant, deux pays ont communiqué une seule valeur globale concernant leur demande de mercure pour les instruments de mesure et de contrôle, sans ventilation par type de produit : le Canada a déclaré une demande de mercure estimée à 0,35 tonne pour 2003, alors que le Royaume-Uni a déclaré une demande de mercure estimée à 2,37 tonnes pour 2005.

## Thermomètres

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour la fabrication de thermomètres – dans leurs réponses à la Demande d'informations émanant du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure. Treize pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande de mercure pour la fabrication de thermomètres. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 179,3 tonnes de mercure par an, trois pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application. Les réponses relatives à l'estimation de la demande annuelle de mercure indiquent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2004.

Tableau A1.12 – Demande de mercure pour la fabrication de thermomètres (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	200,9 (2005)* 179,3 (2004)
Fédération russe	Autres sources	25,579 (2002)**
Chili	Demande d'informations, Outil spécialisé	1,433 (0,743 – 2,123)
Roumanie	Demande d'informations	1,588 (2006, 2007)
Belarus	Demande d'informations	0,73
Japon	Demande d'informations	0,59 (2005)
Etats-Unis	Demande d'informations	0,5 (2004)***
Philippines	Outil spécialisé	0,132 (0,066 – 0,198)
Argentine	Demande d'informations	0,05
Cambodge	Outil spécialisé	0,006 (0,003 – 0,009)
Suède	Demande d'informations	0,001
France	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0

\* Information tirée du rapport intitulé « Research Analysis Report on Mercury Use in China 2003 – 2005 – The Measuring Devices Industry of China », Natural Resources Defense Council, mai 2007.

\*\* Information tirée du rapport intitulé « Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation » (ACAP, 2004).

\*\*\* Thermomètres corporels et de laboratoire uniquement.

Les niveaux de la demande de mercure par personne se répartissent en trois groupes distincts comme suit :

1. La Fédération russe (0,180) et la Chine (0,152) ont déclaré les niveaux (en grammes) les plus élevés pour ce qui est de la demande de mercure par personne par an, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que ces deux pays fabriquent des thermomètres à mercure. En 2005, la Chine a consommé pour la production de thermomètres médicaux une quantité de 200,9 tonnes de mercure, dont une part représentant 40,3 % a été exportée. OJSC Termopribor, unique fabricant de thermomètres en Fédération russe, a produit des thermomètres contenant au total 25 579 tonnes de mercure en 2002.
2. Trois pays (Chili, Roumanie et Belarus) ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne variant de 0,074 à 0,086 gramme.
3. Les neuf autres pays ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne qui se situe autour de 0,005 gramme.

Dans le cadre de l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure, il est recommandé de recueillir des données réelles sur les quantités de mercure contenues dans les différents types de thermomètres. Cependant, en l'absence d'une telle information, il convient d'utiliser les facteurs d'intrant indiqués ci-après pour les thermomètres, par type de thermomètre.

Tableau A1.13 – Facteurs d'intrants par défaut pour les thermomètres

Thermomètre	Teneur en mercure (en grammes de mercure par unité)
Usage médical	0,5 – 1,5
Température de l'air ambiant	2 – 5
Usage industriel et applications spécialisées	5 – 200
Divers thermomètres en verre	1 – 40

Ces facteurs d'intrant sont ensuite multipliés par la quantité totale de thermomètres contenant du mercure, par type de thermomètre. Les trois pays ont appliqué la méthode préconisée dans le processus de l'Outil spécialisé comme suit :

Tableau A1.14 – Paramètres de l'Outil spécialisé pour le mercure utilisés dans l'évaluation de la demande de mercure destinée à la fabrication de thermomètres

Pays	Thermomètres médicaux		Thermomètres écologiques	
	Quantité	Facteur utilisé (en grammes de mercure par unité)	Quantité	Facteur utilisé (en grammes de mercure par unité)
Cambodge	6 141	0,5 – 1,5	Non indiquée	Non indiquée
Chili	1 058 013	0,5 – 1,5	107 138	2 - 5
Philippines	131 765	0,5 – 1,5	Non indiquée	Non indiquée

### Sphygmomanomètres

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour la fabrication de sphygmomanomètres – dans leurs réponses à la Demande d'informations émanant du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure. Huit pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande de mercure pour la fabrication de sphygmomanomètres. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 94,9 tonnes de mercure par an, trois pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application. Les réponses relatives à l'estimation de la demande annuelle de mercure indiquent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2004.

Tableau A1.15 – Demande de mercure pour la fabrication de sphygmomanomètres (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	94,9 (2004)
Japon	Demande d'informations	1,89 (2005)
Etats-Unis	Demande d'informations	1 (2004)
Argentine	Demande d'informations	0,006
Suède	Demande d'informations	< 0,001
Belarus	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0

Les niveaux de la demande de mercure par personne pour les sphygmomanomètres se répartissent en deux groupes distincts comme suit :

1. La Chine a déclaré le niveau le plus élevé pour ce qui est de la demande de mercure par personne par an, soit 0,72 gramme, ce qui pourrait s'expliquer par la fabrication de sphygmomanomètres contenant du mercure dans ce pays;
2. Les sept autres pays ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne inférieure ou égale à 0,015 gramme.

L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure ne prévoit pas de facteurs d'intrant par défaut pour les sphymomanomètres, bien qu'il mentionne en exemple deux types de sphymomanomètre, l'un contenant 70 grammes de mercure et l'autre 85 grammes de mercure par instrument. Il n'y a pas eu d'estimation de la demande de mercure calculée sur la base de données provenant de l'Outil spécialisé.

### Thermostats

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant la demande de mercure pour la fabrication de thermostats – dans leurs réponses à la Demande d'informations émanant du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure. Huit pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande de mercure pour la fabrication de thermostats. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 65,5 tonnes de mercure par an, cinq pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application.

Tableau A1.16 – Demande de mercure pour la fabrication de thermostats (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Philippines	Outil spécialisé	65,5
Etats-Unis	Demande d'informations	12,8
Canada	Autres sources	0,88
Danemark	Demande d'informations	0
Japon	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0
Suède	Demande d'informations	0

Les niveaux de la demande de mercure par personne se répartissent en trois groupes distincts comme suit :

3. Les Philippines ont déclaré un niveau extrêmement élevé pour ce qui est de la demande de mercure par personne par an, soit 0,738 gramme, ce qui pourrait s'expliquer par le très grand nombre de thermostats à mercure recensés dans le cadre du processus de dénombrement. Ce processus pourrait indiquer plutôt le nombre total de thermostats installés, et non pas la demande annuelle.
4. Les Etats-Unis viennent en deuxième lieu pour la demande de mercure par personne par an, qui est estimée à 0,042 gramme. Cela est probablement dû au fait que les thermostats à mercure sont produits dans ce pays, où au moins quatre fabricants ont été recensés.
5. Les six autres pays ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne inférieure ou égale à 0,027 gramme.

Dans l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure, les thermostats sont inscrits dans la même rubrique que les interrupteurs et relais électriques. Il y est recommandé de recueillir des données réelles sur les quantités de mercure contenues dans les différents types de thermostats. Cependant, en l'absence d'une telle information, la fourchette des facteurs d'intrant indiquée ci-après peut servir à calculer la consommation la consommation de mercure pour l'ensemble des interrupteurs et relais électriques.

Facteur d'intrant : 0,02 à 0,25 gramme de mercure par habitant par an.

Etant donné que les thermostats ne constituent qu'un seul des types de produits inscrits sous cette fourchette des facteurs d'intrant, celle-ci ne serait peut-être pas très indiquée, pour évaluer la consommation de mercure destinée à la fabrication de thermostats. L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure cite un exemple de commutateur à bascule utilisé dans un thermostat qui contient 3 grammes de mercure par commutateur. Il indique à cet égard que les thermostats sont très souvent munis de deux à six commutateurs à bascule.

Les Philippines se sont fondées sur les hypothèses de l'Outil spécialisé pour calculer leur demande de mercure pour la fabrication de thermostats. Le pays ayant recensé au total 10 920 000 thermostats, ce chiffre a été multiplié par 6 grammes de mercure (par instrument) pour obtenir une demande totale de 65,5 tonnes de mercure.

### Autres instruments

Le tableau qui suit présente un récapitulatif des données communiquées dans les réponses à la Demande d'informations ou au titre de l'Outil spécialisé en ce qui concerne la demande de mercure pour d'autres types d'instruments de mesure et de contrôle.

Tableau A1.17 – Autres types d'instruments de mesure et de contrôle

Pays	Source des données	Désignation des produits	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Danemark	Demande d'informations	Autres instruments de mesure et de contrôle	0
Norvège	Demande d'informations	Autres instruments de mesure et de contrôle	0
Philippines	Outil spécialisé	Baromètres	0,052 – 0,104
Etats-Unis	Demande d'informations	Baromètres et manomètres	1,3

L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure ne prévoit pas de facteurs d'intrant par défaut pour les baromètres, bien qu'il mentionne en exemple deux types de baromètre, l'un contenant 40 à 1 000 grammes de mercure et l'autre 590 à 2 200 grammes de mercure.

Les Philippines ont recensé 173 baromètres ayant une teneur en mercure de 300 à 600 grammes par instrument. Ces chiffres ont permis de situer la demande estimative de mercure dans une fourchette allant de 0,052 à 0,104 tonne.

### **Tous les instruments de mesure et de contrôle**

Un rapport établi par l'Association des responsables de la gestion des déchets du Nord-Ouest (NEWMOA) fournit une ventilation des instruments de mesure et de contrôle vendus aux Etats-Unis en 2004. Cette information donne une idée des quantités relatives de mercure utilisées pour la fabrication de tels dispositifs rien qu'aux Etats-Unis. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau qui suit (NEWMOA, 2008)

Tableau A1.18 – Teneur en mercure de produits en vente aux Etats-Unis (2004)

Catégorie de produits	Mercure vendu aux Etats-Unis (en tonnes)	Pourcentage de tous les instruments de mesure et de contrôle
Thermomètres	2,06	11,5 %
Sphygmomanomètres	1,01	5,6 %
Thermostats	13,61	75,9 %
Manomètres	1,16	6,5 %
Baromètres	0,11	0,6 %
Psychromètres et autres instruments de mesure	0,001	< 0,1%
Total	17,94	100 %

### **Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts**

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer les instruments de mesure et de contrôle contenant du mercure par les substituts disponibles. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE, ainsi que du processus de l'Outil spécialisé pour le mercure ou d'autres sources d'information. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau A1.19 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Belarus	Demande d'informations	<i>Sphygmomanomètres.</i> Il n'existe pas de sphygmomanomètres contenant du mercure sur le marché intérieur.
Brésil	Demande d'informations	<i>Thermomètres et sphygmomanomètres.</i> Des substituts sont disponibles. Depuis 2006, une campagne de promotion du remplacement volontaire des thermomètres et sphygmomanomètres à mercure est en cours dans l'Etat de São Paulo. A l'heure actuelle, 94 dispensaires et hôpitaux ont déjà entièrement remplacé ces instruments.
Danemark	Demande d'informations	<i>Tous les instruments.</i> Le Danemark n'a pas connu de difficultés dues à l'interdiction des produits contenant du mercure. La première version de ce texte réglementaire date de 1998.
France	Demande d'informations	<i>Thermomètres.</i> L'interdiction des thermomètres à mercure est en vigueur depuis 1998.
Allemagne	Demande d'informations	<i>Tous les instruments.</i> Le pays a déclaré un niveau de substitution se situant entre 1 et 2. L'expérience concernant le remplacement des thermomètres, des sphygmomanomètres et des thermostats a été positive.
Iran	Demande d'informations	<i>Tous les instruments.</i> Le pays a déclaré un niveau de substitution se situant entre 1 et 2. Le ministère de la santé examine la possibilité de réduire ou d'éliminer l'usage de matières et produits contenant du mercure ou des composés du mercure.
Japon	Demande d'informations	<i>Thermomètres et sphygmomanomètres.</i> La fabrication de thermomètres et 1 sphygmomanomètres à mercure se poursuit, mais les modèles électroniques sont désormais les plus couramment utilisés. <i>Thermostats.</i> Aucune information n'a été fournie sur l'expérience concernant la détermination de ce niveau de substitution.
Pays-Bas	Demande d'informations	<i>Tous les instruments.</i> L'expérience de la transition est positive et, depuis 1998, il est interdit de mettre des produits contenant du mercure sur le marché.
Norvège	Demande d'informations	<i>Thermomètres et sphygmomanomètres.</i> La Norvège a décrété une interdiction générale de l'utilisation du mercure dans les produits à compter de janvier 2008. Aucune expérience négative n'a été signalée quant à l'usage de thermomètres et sphygmomanomètres de substitution. <i>Thermostats.</i> Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.
Slovénie	Demande d'informations	<i>Sphygmomanomètres et thermostats.</i> Les sphygmomanomètres et les thermostats contenant du mercure ne sont plus fabriqués en Slovénie.
Suède	Demande d'informations	<i>Thermomètres.</i> Expérience positive de la transition technologique vers le système numérique et d'autres solutions de recharge. Interdiction sur le plan national depuis 1992 (pour les thermomètres médicaux) et 1993 (pour les autres types de thermomètres). Exemption de cette interdiction pour certains instruments de mesure spéciaux selon des méthodes normalisées, notamment dans l'industrie du pétrole. Les coûts n'ont pas été un grand obstacle au processus de substitution. Les thermomètres corporels à mercure ne peuvent pas être vendus sur le marché de l'Union européenne, conformément à une décision datant de 2007 (Dir. 76/769/EC). <i>Sphygmomanomètres.</i> Expérience positive de la transition technologique. Interdiction sur le plan national depuis 1993. Les sphygmomanomètres ont été entièrement remplacés. Pour ce qui est des pléthysmographes à jauge de contrainte, le principal usage sera éliminé dans un délai de deux ans reformant une décision datant de 2007 (l'exemption ayant été refusée pour ces applications). Une dispense a été accordée pour des applications mineures concernant la recherche et diverses mesures spéciales du flux sanguin, en attendant l'évaluation complète des substituts disponibles. <i>Thermostats.</i> Expérience positive de la transition technologique. Interdiction sur le plan national depuis 1993. Aucune demande d'exemption de l'interdiction n'a été formulée et aucun problème d'ordre économique n'a été signalé quant à l'application de cette mesure.
Suisse	Demande d'informations	<i>Thermomètres (Niveau 2) et sphygmomanomètres (Niveau 1 – 2).</i> Les produits contenant du mercure sont interdits, et l'usage du mercure est autorisé uniquement pour les instruments de surveillance et de contrôle et les dispositifs médicaux de laboratoire.

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Etats-Unis	Demande d'informations	<p><u>Thermomètres.</u> Expérience positive. Il existe des thermomètres de substitution sans mercure, qui sont fiables et d'un coût raisonnable. Certains Etats ont interdit la vente de thermomètres à mercure. La plupart des détaillants vendent désormais des substituts mercure, même dans les Etats où les thermomètres à mercure ne sont pas interdits. De nombreux hôpitaux utilisent de plus en plus les thermomètres sans mercure, encouragés en cela par le programme <i>Hospitals for a Healthy Environment (H2E)</i>, initiative volontaire de partenariat entre l'office de protection de l'environnement (USEPA) et des organisations de prestation de soins de santé à but non lucratif.</p> <p><u>Sphygmomanomètres.</u> Expérience positive. Il existe des brassards de tensiomètre de substitution sans mercure, qui sont fiables et d'un coût raisonnable. De nombreux hôpitaux utilisent de plus en plus les brassards de tensiomètre sans mercure, encouragés en cela par le programme <i>Hospitals for a Healthy Environment (H2E)</i>.</p> <p><u>Thermostats.</u> Expérience positive. Les thermostats à mercure demeurent très présents sur le marché, mais les thermostats électroniques programmables ou non programmables constituent des substituts moins coûteux et plus économes en énergie. Le marché intérieur des thermostats à mercure se rétrécit de plus en plus. Il ressort d'une étude récente qu'en 2002 les substituts sans mercure représentaient 84 % du marché des thermostats en Amérique du Nord (Abt Associates: Market Study: Mercury-Containing Thermostats, novembre 2007). La vente de thermostats à mercure est déjà interdite dans certains Etats, et des lois sont prévues dans d'autres Etats pour retirer ces produits du marché. Les Etats, l'US-EPA et diverses organisations non gouvernementales encouragent activement l'utilisation de procédés numériques sans mercure pour la fabrication de substituts de nouveaux types de thermostats.</p> <p><u>Autres – Baromètres.</u> Les baromètres à mercure coûtent en général plus de 500 dollars. Les substituts sans mercure disponibles actuellement comprennent des modèles anéroïdes, numériques ou utilisant un liquide autre que le mercure. Ces produits de substitution offrent le même degré de précision que les baromètres à mercure et coûtent en général moins cher.</p>

Tableau A1.20 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Argentine	Demande d'informations	<u>Thermomètres et sphygmomanomètres.</u> Partenariat entre l'US-EPA et l'ONG Healthcare without Harm dans les hôpitaux de Buenos Aires, de La Rioja, de Córdoba, de Río Negro et de Tierra del Fuego.
Belarus	Demande d'informations	<u>Thermomètres.</u> Le coût des thermomètres électroniques est élevé.
Chili	Demande d'informations	<u>Tous les dispositifs.</u> Expérience négative. Les techniques de substitution n'ont pas été diffusées et les substituts sans mercure coûtent plus cher.
Equateur	Demande d'informations	<u>Thermomètres.</u> On trouve très couramment le thermomètre en bande numérique, qui est utilisé notamment chez les enfants. Son coût (7 \$ E.-U.) est plus élevé que celui des thermomètres ordinaires (1 \$). Niveau 1 déclaré pour les thermomètres médicaux et Niveau 0 pour les thermomètres industriels.
Maurice	Demande d'informations	<p><u>Thermomètres</u> Niveau réduit d'exposition aux risques pour la santé (tant pour les thermomètres à alcool que pour les thermomètres numériques); Coût plus élevé des thermomètres numériques (1 500 roupies, par rapport à 175 roupies pour les thermomètres à alcool et à mercure); Degré de précision limité des thermomètres à alcool; Plage de température plus large pour les thermomètres numériques; Fragilité des thermomètres numériques.</p> <p><u>Sphygmomanomètres</u> Coût des sphygmomanomètres numériques (3 fois) plus élevé; Fragilité des sphygmomanomètres numériques.</p>
Panama	Demande d'informations	<u>Thermomètres.</u> Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.



Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Slovénie	Demande d'informations	<i>Thermomètres.</i> Les thermomètres contenant du mercure ne sont pas fabriqués en Slovénie.

Tableau A1.21 – Pays ayant déclaré le niveau de substitution « 0 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 0 » - Substituts non disponibles
Panama	Demande d'informations	<i>Sphygmomanomètres.</i> Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution. <i>Thermostats.</i> Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau A1.22 – Pays n'ayant pas fourni de réponse concernant le niveau de substitution

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Cambodge	Outil spécialisé	<i>Thermomètres.</i> Les 6 141 thermomètres distribués aux centres de santé du Cambodge en 2007 étaient en très grande majorité des thermomètres à mercure, avec de faibles proportions de thermomètres à alcool ou de type numérique.
Canada	Autres sources	<i>Sphygmomanomètres, thermomètres, etc.</i> Les instruments de mesure tels que les baromètres, les sphygmomanomètres, les manomètres, les psychromètres, les hygromètres, les hydromètres, les détecteurs de flammes, les débitmètres, les pyromètres et les thermomètres ont tous des substituts viables qui, dans bien des cas, offrent des performances améliorées ou des possibilités de réduction des coûts. <i>Thermostats.</i> Les thermostats numériques peuvent être des substituts viables aux thermostats à mercure. Dans la plupart des cas, un thermostat numérique programmable peut aussi favoriser les économies d'énergie. A l'heure actuelle, certains fabricants ont établi des programmes de récupération des thermostats à mercure usagés afin de réutiliser leurs composants dans de nouveaux produits.
Mexique	Autres sources	<i>Tous les dispositifs.</i> Une lettre d'accord a été conclue avec deux organismes du domaine de la santé en vue d'éliminer l'utilisation du mercure et de réaliser le niveau de substitution de 100 % qui est prévu.
Syrie	Demande d'informations	<i>Thermomètres.</i> Disponibilité de thermomètres à alcool et de type numérique.
Royaume-Uni	Demande d'informations	<i>Tous les dispositifs.</i> Divers dispositifs électroniques sont effectivement utilisés dans le pays, mais les instruments à mercure sont encore requis comme « étalon » pour la validation des instruments sans mercure et pour certains usages à des fins médicales.
Uruguay	Autres sources	<i>Thermomètres et sphygmomanomètres.</i> Le prix de détail du thermomètre numérique est de 56 pesos, taxes non comprises. Un programme est prévu au centre hospitalier universitaire pour le remplacement de 9 600 thermomètres et de 120 brassards de tensiomètre par des substituts numériques.

Onze pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour une ou plusieurs catégories d'instruments de mesure et de contrôle et deux pays, l'Allemagne et l'Iran, ont déclaré un niveau « 1 – 2 ». Plusieurs de ces pays (à l'instar de la Suède) ont interdit une ou plusieurs catégories d'instruments de mesure et de contrôle. Ces 13 pays n'ont signalé aucune expérience négative concernant la transition vers l'usage de substituts sans mercure.

Sept pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 » pour une ou plusieurs catégories d'instruments de mesure et de contrôle. Quatre de ces pays (Belarus, Chili, Equateur et Maurice) ont signalé le coût plus élevé des substituts sans mercure par rapport à celui des produits contenant du mercure.

**Récapitulatif – Instruments de mesure et de contrôle**

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses des pays à la Demande d’informations concernant le niveau de remplacement des thermomètres et sphygmomanomètres contenant du mercure.

Tableau A1.23 – Réponses des pays pour le niveau de substitution concernant les thermomètres

Niveau	Nombre de réponses (Thermomètre)	Pourcentage de réponses (Thermomètre)	Nombre de réponse (Sphygmomanomètre)	Pourcentage de réponses (Sphygmomanomètre)
2	9	52,9 %	11	68,8 %
1 - 2	2	11,8 %	1	6,2 %
1	6	35,3 %	3	18,8 %
0	0	0 %	1	6,2 %

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de 11 pays à la Demande d’informations, pour ce qui est du niveau de remplacement des thermostats contenant du mercure.

Tableau A1.24 – Réponses des pays pour le niveau de substitution concernant les thermostats

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	9	81,8 %
1 - 2	0	0 %
1	1	9,1%
0	1	9,1%

Plus de 50 % des réponses à la Demande d’informations concernant les thermomètres, les sphygmomanomètres et les thermostats ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » et indiqué qu’il n’y a pas eu d’expériences négatives dans ces pays concernant la transition vers l’usage de substituts sans mercure.

Cela montre qu’il existe effectivement des substituts qui sont couramment utilisés dans la majorité des pays ayant fourni des données sur la demande de mercure. Par ailleurs, plus de deux pays ont déclaré une estimation de la demande de mercure égale à zéro pour chacune des trois catégories de produits. Par conséquent, des techniques de substitution ont été identifiées et la transition vers l’usage de substituts sans mercure a été couronnée de succès pour chacune de ces trois catégories.

Tableau A1.25 – Récapitulatif du processus de substitution pour les instruments de mesure et de contrôle

Instruments de mesure et de contrôle	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Thermomètres	Oui	Succès avéré de la transition
Sphygmomanomètres	Oui	Succès avéré de la transition
Thermostats	Oui	Succès avéré de la transition

## A.2 Piles

La présente section consacrée aux piles est subdivisée en deux grandes catégories de piles contenant du mercure : d'une part, les piles miniatures et, d'autre part, et les piles standard. De manière générale, les piles miniatures contiennent de faibles quantités de mercure (hormis les piles miniatures à l'oxyde de mercure) et peu de substituts sans mercure sont disponibles pour les remplacer. Les piles au mercure de taille standard contiennent une bonne dose de mercure et il existe effectivement des substituts sans mercure pouvant les remplacer.

### Piles miniatures

Les piles miniatures sont utilisées dans un large éventail de produits nécessitant des sources compactes d'énergie électrique. Elles servent habituellement à alimenter les jouets, les appareils auditifs, les montres, les calculateurs et d'autres dispositifs portatifs. Conçues essentiellement sous la forme d'une pièce de monnaie ou d'un bouton, elles sont réalisées sur la base de quatre techniques de miniaturisation courantes : piles à l'oxyde d'argent, piles zinc-air, piles alcalines et piles au lithium. Les piles miniatures au lithium contiennent des apports non intentionnels de mercure. Cependant, la teneur en mercure se situe en général entre 0,1 et 2 % pour la plupart des piles miniatures alcalines, oxyde d'argent et zinc-air. L'Outil spécialisé du PNUE pour l'évaluation du mercure indique les teneurs en mercure des piles miniatures au sein de l'Union européenne, telles qu'elles figurent dans le tableau qui suit (PNUE, 2005).

Tableau A2.1 – Teneur en mercure des piles miniatures

Type de pile	Quantité de mercure par tonne de piles (en kilogrammes)
Pile à l'oxyde de mercure	320
Pile zinc-air	12,4
Pile alcaline	4,5 - 10
Pile à l'oxyde d'argent	3,4 - 10

Le rôle du mercure consiste à inhiber la corrosion à l'intérieur de la cellule d'accumulateur miniaturisée. La corrosion peut entraîner la formation de molécules d'hydrogène par électrolyse dans l'électrolyte. L'accumulation de gaz à l'intérieur de la cellule risquerait d'entraîner un bombement pouvant provoquer la fuite des éléments de la cellule, ainsi que le dysfonctionnement de la pile.

Plusieurs substituts aux piles miniatures contenant du mercure ont été recensés. Différents modèles sans mercure de piles miniatures à l'oxyde d'argent, zinc-air ou alcalines sont disponibles dans le commerce. De plus, les piles miniatures au lithium sans mercure sont considérées dans certains cas comme de potentiels substituts aux piles miniatures contenant du mercure.

Le fabricant d'origine doit évaluer de nombreux paramètres de conception pour pouvoir choisir la pile miniature la mieux adaptée à son produit final. Les éléments les plus importants à prendre en compte à cet égard semblent être le coût, la tension nominale, la capacité, les dimensions ou la configuration physique et le régime de décharge. Le fabricant d'origine doit en outre tenir compte de considérations telles que le type de décharge, la durée de conservation, l'énergie volumique, la température de fonctionnement, la substituabilité et la résistance aux fuites. Le degré d'importance de ces diverses considérations peut varier sensiblement selon les caractéristiques spécifiques de chaque produit final. Ainsi, la substituabilité de la technologie d'une pile miniature à une autre doit être déterminée au cas par cas par les fabricants d'origine, en fonction des spécificités de leurs produits.

La Commission électrotechnique internationale (CEI) a publié des normes relatives aux piles. La nomenclature de la CEI concernant les piles est basée sur le système électrochimique ainsi que sur la taille et la configuration des piles. Le tableau qui suit présente cette nomenclature en ce qui concerne les piles examinées dans la présente étude.

Tableau A2.2 – Nomenclature des piles standard

Désignation CEI	Type de pile	Tension nominale
B	Pile au lithium (et monofluorure de carbone)	3
C	Pile au lithium (et dioxyde de manganèse)	3
L	Pile alcaline au dioxyde de manganèse	1,5
P	Pile zinc-air	1,4
S	Pile à l'oxyde d'argent	1,55

La CEI désigne les piles rondes par la lettre « R ». Elle utilise un grand nombre de codes numériques pour désigner les dimensions minimales et maximales acceptables pour le diamètre et la hauteur des piles. Quelques exemples sont indiqués dans le tableau qui suit.

Tableau A2.3 – Dimensions des piles

Désignation CEI	Diamètre minimum (en millimètres)	Hauteur minimum (en millimètres)
R44	11,25 – 11,6	5,0 – 5,4
R64	5,55 – 5,8	2,4 – 2,7
R1620	15,7 - 16	1,8 – 2,0
R2032	19,7 - 20	2,9 – 3,2

Les fabricants de piles attribuent souvent à leurs modèles des numéros déterminés sur la base de la nomenclature de la CEI. L'exemple qui suit illustre la nomenclature retenue par la CEI pour les piles miniatures :

La nomenclature de la CEI pour une pile au lithium et au dioxyde de manganèse ayant un diamètre de 20 millimètres et une hauteur de 3,2 millimètres serait : CR2032.

Il existe essentiellement deux secteurs de marché pour les piles :

- 1) *Le secteur des produits d'origine.* Ce secteur englobe les produits vendus avec des piles miniatures incorporées, tels que les jouets, les montres, les calculateurs et les appareils auditifs. Les fabricants de ces produits sont habituellement appelés fabricants d'origine.
- 2) *La distribution après fabrication et le marché de détail.* Ce secteur concerne notamment l'achat de piles miniatures par le consommateur final pour remplacer les piles incorporées dans les produits d'origine, lorsqu'elles sont épuisées. Ces piles de rechange peuvent être achetées chez les détaillants locaux ou commandées par voie postale ou en ligne.

Les renseignements sur les prix indiqués dans le présent rapport proviennent du secteur de la distribution après fabrication ou du marché de détail. Sont également indiqués les prix de détail pratiqués par des fabricants représentatifs de certains produits miniaturisés tels que les piles alcalines, les piles à l'oxyde d'argent, les piles au lithium ou les piles zinc-air. Cependant, il existe plusieurs facteurs importants qui influent sur les prix de détail des piles miniatures, à savoir :

- *La technique de fabrication* – Les matériaux utilisés pour les piles miniatures varient selon la technique appliquée et certaines matières premières coûtent plus cher que d'autres;
- *La capacité* – La capacité des piles varie considérablement et peut avoir une incidence sur les prix;
- *Le fabricant* – Le prix des piles peut varier d'un fabricant à l'autre du fait de la renommée de la marque, de l'échelle de production et d'autres facteurs liés aux mécanismes du marché;
- *L'écart entre le prix de détail et le prix offert aux fabricants d'origine.* Le prix exigé à l'acheteur au détail des piles miniatures de rechange est souvent plus élevé que celui qui est offert aux fabricants d'origine qui incorporent des piles miniaturisées dans leurs produits finals;
- *La quantité achetée.* Le prix unitaire des piles est minoré parfois lorsque la quantité achetée est élevée.

## Pile miniature à l'oxyde d'argent

### Aperçu du produit

Les piles miniatures à l'oxyde d'argent sont utilisées dans de nombreux produits tels que les montres, les horloges miniatures, les calculateurs, les jeux électroniques et les caméras. Elles ont une tension de 1,55 volt. Leur cathode est constituée d'oxyde d'argent monovalent ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ), tandis que l'anode est faite de poudre de zinc.

Ces piles ayant une longue durée de conservation et de vie utile sont conçues en majeure partie pour alimenter les montres pendant une période de cinq ans sans risque de fuites. Les résultats de certains essais tendent à montrer qu'elles peuvent durer jusqu'à 10 ans s'il est possible de les maintenir à une température de 21° C. Elles se présentent sous différentes formes et en différentes tailles. Par exemple, le modèle SR41 à la forme d'un bouton de 7,8 mm de diamètre et de 3,6 mm de hauteur, alors que le modèle SR1116 ressemble à une pièce de monnaie de 11,6 mm de diamètre et de 1,65 mm de hauteur. Leur teneur en mercure est souvent comprise entre 0,2 et 1 % du poids total de la pile.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles miniatures à l'oxyde d'argent contenant du mercure.

Tableau A2.4 – Fabricants représentatifs de piles miniatures à l'oxyde d'argent contenant du mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Energizer	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	387S,	3,06 \$ (Nextag)
Maxell	Tokyo (Japon)	<a href="http://www.maxell.com.jp">www.maxell.com.jp</a>	SR616SW	0,60 \$ (Nextag)
Renata	Itingen (Suisse)	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	399R,	2,29 \$ (Piles)

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles miniatures à l'oxyde d'argent ne contenant pas de mercure.

Tableau A2.5 – Fabricants représentatifs de piles miniatures à l'oxyde d'argent ne contenant pas de mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Seiko Instruments Inc.	Chiba (Japon)	<a href="http://www.sii.co.jp">www.sii.co.jp</a>	Seizaiken SR621SW, SR626SW,	2,95 \$ (MicroBatt)
Sony	Tokyo (Japon)	<a href="http://www.sony.net">www.sony.net</a>	SR series	Non publié

### Piles miniatures zinc-air

#### Aperçu du produit

Les piles miniatures zinc-air servent à alimenter essentiellement les appareils auditifs, mais on peut les utiliser aussi pour d'autres applications telles que les téléavertisseurs, les contours d'oreille et les implants placés dans le canal cochléaire. Elles utilisent l'oxygène de l'air ambiant comme matériau de cathode et du zinc granulé comme matériau d'anode. L'air ambiant pénètre dans la pile par un orifice situé sur la borne positive.

Ces piles d'une tension de 1,4 volt ont en général la forme d'un bouton, mais certains modèles disponibles dans le commerce ressemblent à une pièce de monnaie. Elles sont parfaitement indiquées pour les applications continues et à faibles décharges électriques et se révèlent très résistantes aux fuites. Leur teneur en mercure se situe habituellement entre 0,3 et 2 % du poids total de la pile.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles miniatures zinc-air contenant du mercure.

Tableau A2.6 – Fabricants représentatifs de piles miniatures zinc-air contenant du mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Energizer	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	AC10EZ,	1,38 \$ (Piles)
Rayovac	Atlanta, Géorgie (Etats-Unis)	<a href="http://www.rayovac.com">www.rayovac.com</a>	Modèles pour appareils auditifs taille 10	1 \$ (Walgreens)
Renata	Itingen (Suisse)	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	Maratone 312	0,92 \$ (Piles)

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles miniatures zinc-air ne contenant pas de mercure.

Tableau A2.5 – Fabricants représentatifs de piles miniatures zinc-air ne contenant pas de mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Energizer	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	AC series	Non publié
Rayovac	Atlanta, Géorgie (Etats-Unis)	<a href="http://www.rayovac.com">www.rayovac.com</a>	Proline Mercury Free	Non disponible jusqu'à la fin de 2008

## Piles miniatures alcalines

### Aperçu du projet

Les piles miniatures alcalines au dioxyde de manganèse sont utilisées dans de nombreux produits tels que les calculateurs, les jouets, les porte-clés, les manomètres pour pneus, les télécommandes et les produits photographiques. Leur cathode est constituée de dioxyde de manganèse électrolytique, tandis que le matériau d'anode est fait de poudre de zinc.

Ces piles ont une tension de 1,5 volts et leur modèle ressemblant à un bouton est très répandu. Leur teneur en mercure se situe en général entre 0,1 et 0,9 % du poids total de la pile.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles alcalines miniatures contenant du mercure.

Tableau A2.6 – Fabricants représentatifs de piles alcalines miniatures contenant du mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Duracell	Bethel, Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.duracell.com">www.duracell.com</a>	LR44	1,08 \$ (Nextag)
Maxell	Tokyo (Japon)	<a href="http://www.maxell.com.jp">www.maxell.com.jp</a>	LR44	1,46 \$ (Nextag)
Toshiba	Tokyo (Japon)	<a href="http://www.toshiba.com.jp">www.toshiba.com.jp</a>	LR43	3,59 \$ (Lowcost)

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles alcalines miniatures ne contenant pas de mercure.

Tableau A2.7 – Fabricants représentatifs de piles alcalines miniatures ne contenant pas de mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Chung Pak	Hong Kong (Chine)	<a href="http://www.chungpak.com">www.chungpak.com</a>	Vinergy, L1154F, L1142F, L626	Non publié
Leopro Battery	Hong Kong (Chine)	<a href="http://www.leopro-battery.com">www.leopro-battery.com</a>	L736H	Non publié
New Leader Battery Industry Ltd	Hong Kong (Chine)	<a href="http://newleader.smeitrade.com">http://newleader.smeitrade.com</a>	LR series	Non publié
Super Energy (Taishan) Battery Industries Co. Ltd	Hong Kong (Chine)	<a href="http://www.superenergy.com.hk">www.superenergy.com.hk</a>	Megaton LR44XS	Non publié

## Piles à l'oxyde mercurique

Les piles miniatures à l'oxyde de mercure peuvent être utilisées pour diverses applications telles que les appareils auditifs, les montres, les calculateurs et les caméras. Elles contiennent un matériau cathodique constitué d'oxyde mercurique ou d'un mélange d'oxyde mercurique et de dioxyde de manganèse. Cette combinaison entraîne une forte concentration de mercure à l'intérieur de la pile. On peut produire ce type de pile en utilisant soit de l'hydroxyde de potassium, soit un électrolyte à base d'hydroxyde de sodium. Il n'a pas été possible d'identifier des fabricants actuels de piles miniatures à l'oxyde de mercure.

La teneur en mercure des piles miniatures à l'oxyde mercurique est d'environ 32 % du poids total de la pile. On remplace habituellement ces piles par des piles miniatures alcalines, oxyde d'argent ou zinc-air. Celles-ci contiennent aussi du mercure, mais à de très faibles doses. On peut, par exemple, remplacer le modèle de pile miniature à l'oxyde de mercure PX13 par d'autres modèles miniatures tels que la pile à l'oxyde d'argent S625X, la pile alcaline LR9 et la pile zinc-air MRB625 (Small Battery, 2008, MD Battery, 2008).

## Autres procédés de fabrication de piles miniatures sans mercure

Les piles miniatures au lithium ne contiennent pas de mercure et peuvent être considérées comme de potentiels substituts aux piles miniatures contenant du mercure. Elles ont une capacité nominale sensiblement plus élevée et une configuration physique (en forme de pièce de monnaie) plus plate et plus large) que celles des trois autres types de pile miniature, et ne peuvent par conséquent pas se substituer à ces dernières dans les produits existants.

Les piles miniatures au lithium sont couramment utilisées dans des produits tels que les jeux électroniques, les montres, les calculateurs, les systèmes de verrouillage d'automobiles, les organisateurs électroniques et les commandes de porte de garage. Pour les deux principaux principes chimiques des piles miniatures au lithium, on utilise du lithium comme matériau d'anode, mais les matériaux de cathode sont différents : soit du dioxyde de

manganèse/lithium, soit du monofluorure de carbone. Le métal lithium, qui peut réagir très intensément avec l'eau, doit être utilisé dans des électrolytes non aqueux. A cela il faut ajouter le risque d'incendie lié à la collecte et au stockage des piles au lithium.

Les piles miniatures au lithium ont une tension de 3 volts et une capacité variant de 25 à 1 000 milliampères par heure. Elles sont disponibles dans le commerce, notamment sous une forme semblable à celle d'une pièce de monnaie. Certains modèles sont cependant conçus sous forme de bouton. Ces piles se conservent bien et ont une bonne résistance aux fuites. Elles sont utilisables dans une large plage de températures, allant d'environ -20 à 55 degrés Celsius.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de piles miniatures au lithium.

Tableau A2.8 – Fabricants représentatifs de piles miniatures au lithium

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Duracell	Bethel, Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.duracell.com">www.duracell.com</a>	DL2032B	2,99 \$ (AtBatt)
Energizer	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.energizer.com">www.energizer.com</a>	ECR-1220BP	2,99 \$ (AtBatt)
North American Battery Company	San Diego, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.nabcorp.com">www.nabcorp.com</a>	UL2325	2,95 \$ (Nextag)
Renata	Itingen (Suisse)	<a href="http://www.renata.com">www.renata.com</a>	CR2430	2,25 \$ (AtBatt)

### Piles standard au mercure

Il existe quatre méthodes de fabrication de piles standard contenant du mercure (NRDC, 2006), à savoir :

- *Les piles cylindriques au zinc-manganèse de type pâteux.* Le chlorure de mercure est utilisé comme inhibiteur de corrosion et mélangé à d'autres matières pour créer une pâte qui est placée entre l'enveloppe de la pile et l'anode fixée dans sa partie centrale. La plupart des piles de ce type sont de forme cylindrique et de taille « D »;
- *Les piles cylindriques au zinc-manganèse en carton rigide.* La pâte contenant du mercure est appliquée sur du papier contrecollé pour prévenir la corrosion de ces types de piles. Ce procédé peut être utilisé pour les piles cylindriques de taille D, C, AA et AAA (Xiadong, 2008);
- *Les piles cylindriques alcalines au zinc-manganèse.* La poudre de zinc est utilisée comme matériau d'anode dans ce type de pile. Le mercure joue le rôle de retardateur de corrosion dans la poudre de zinc.
- *Les piles à l'oxyde de mercure.* Dans ce type de pile, l'oxyde de mercure est utilisé comme matériau de cathode alors que la poudre de zinc contenant du mercure sert de matériau d'anode.

Les piles cylindriques au manganèse alcalin ne contenant pas d'apports intentionnels de mercure sont effectivement disponibles en diverses tailles et capacités pour répondre aux besoins des différentes applications des piles cylindriques. Par exemple, les piles cylindriques sans apports intentionnels de mercure sont disponibles sous forme de piles standard de taille AA, AAA, C et D. Le Conseil nordique des ministres indique dans son rapport que les prix des substituts sans mercure se situent au même niveau que ceux des différentes piles non miniaturisées citées ci-dessus (Maag, 2007).

### Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour la fabrication de piles – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure. Dix-huit pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande de mercure pour la fabrication de piles. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 154 tonnes de mercure par an, deux pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application. Les réponses relatives à l'estimation de la demande annuelle de mercure comportent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2004.

Tableau A2.9 – Demande de mercure pour la fabrication de piles (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	154
Cambodge	Outil spécialisé	4,34 (0,203 – 8,476)
Chili	Outil spécialisé	2,838
Etats-Unis	Demande d'informations	2,3
Japon	Demande d'informations	1,83
Allemagne	Demande d'informations	1,4
France	Demande d'informations	1
Royaume-Uni	Demande d'informations	1
Canada	Demande d'informations	0,5 (2004)
Belarus	Demande d'informations	0,136
Suède	Demande d'informations	0,126
Suisse	Demande d'informations	0,02 (2004 – 2006)
Argentine	Demande d'informations	0,01
Brésil	Demande d'informations	0,008
Norvège	Demande d'informations	0,002
Slovénie	Demande d'informations	< 0,001
Maurice	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0

Les niveaux de la demande de mercure par personne pour les piles se répartissent en deux groupes distincts comme suit :

1. La Chine, le Cambodge et le Chili ont déclaré des niveaux élevés de demande de mercure par personne oscillant entre 0,117 et 0,303 grammes par an. Dans le cas de la Chine, cela pourrait s'expliquer par l'importante production intérieure de piles contenant du mercure. Une ventilation de la production industrielle de piles en Chine est présentée ci-dessous. S'agissant du Cambodge et du Chili, leur forte consommation pourrait être due aux hypothèses retenues dans le cadre de l'application de l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure. Les éléments de calcul utilisés pour arriver aux estimations déclarées par les deux pays sont présentés ci-après.
2. Les 15 autres pays de cette catégorie ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne inférieure ou égale à 0,017 gramme.

La Chine possède un grand secteur de fabrication de piles dont la production annuelle se chiffre en milliards d'unités. Le tableau qui suit fournit une ventilation détaillée des 154 tonnes de mercure consommées en Chine en 2004 pour la production de divers types de piles.

Tableau A2.10 – Consommation de mercure pour la fabrication de piles en Chine, 2004 (Source : NRDC, 2006)

Type de pile	Production de 2004 (en millions d'unités contenant du mercure)	Estimation de la consommation de mercure (en tonnes)
Piles cylindriques au zinc-manganèse de type pâteux	9 349	34,65
Piles cylindriques au zinc-manganèse en carton rigide	3 580	10,35
Piles cylindriques au manganèse alcalin	0,134	5,358
Piles bouton au manganèse alcalin	8 000 – 10 000	98,65
Piles bouton à l'oxyde d'argent	81	0,02778
Piles bouton zinc-air	Non disponible	4,32
Piles à l'oxyde de mercure (miniatures et standard)	0,245	0,147



La consommation de mercure dans l'industrie chinoise de fabrication des piles a été estimée à plus de 800 tonnes de mercure en 1999 (Feng, 1999). Par conséquent, le niveau de 154 tonnes déclaré en 2004 représente une baisse d'environ 80 % sur la période de cinq ans allant de 1999 à 2004. L'utilisation du mercure dans ce secteur industriel en Chine devrait diminuer sensiblement au fur et à mesure de l'adoption de mesures réglementaires, tant dans ce pays que dans d'autres régions du monde, pour interdire l'utilisation des piles à l'oxyde mercurique et des piles cylindriques contenant des apports intentionnels de mercure. A cet égard, la Chine a mis en place une politique de promotion des piles alcalines sans mercure. Cette politique interdit la production de piles contenant plus de 0,0001 % en poids de mercure à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005, ainsi que la vente de tels produits, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2006 (CCRC, 2005).

L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure prévoit l'utilisation des facteurs d'intrant par défaut indiqués ci-dessous, lorsqu'il n'existe pas de données ventilées par source sur la teneur en mercure des piles.

Tableau A2.11 – Facteurs d'intrant par défaut recommandés pour les piles dans l'Outil spécialisé

Type de pile	Teneur en mercure (en kilogrammes de mercure par tonne de piles)
Piles à l'oxyde de mercure (toutes dimensions)	320
Piles zinc-air miniatures	12
Piles alcalines miniatures	5
Piles miniatures à l'oxyde d'argent	4
Piles alcalines, standard	0,25

Le tableau qui suit indique les types et les quantités de piles, ainsi que les facteurs d'intrant utilisés par le Cambodge pour évaluer sa demande annuelle de mercure à un niveau se situant entre 0,203 et 8,476 tonnes.

Tableau A2.12 – Types et quantités de piles et facteurs d'intrant utilisés par le Cambodge

Type de pile	Quantité (en tonnes de piles)	Facteurs d'intrant utilisés (en kilogrammes de mercure par tonne de piles)
Piles cylindriques	635,599	0,25 - 10
Autres piles (y compris les piles bouton)	13,251	3,4 - 160

Le tableau qui suit indique les types et les quantités de piles ainsi que les facteurs d'intrant utilisés par le Chili pour estimer sa demande annuelle de mercure à 2 838 tonnes.

Tableau A2.13 - Types et quantités de piles et facteurs d'intrant utilisés au Chili

Type de pile	Quantité (en tonnes de piles)	Facteurs d'intrant utilisés (en kilogrammes de mercure par tonne de piles)
Piles à l'oxyde de mercure	1,71	Non indiqué
Piles zinc-air	2,13	Non indiqué
Piles bouton à l'oxyde d'argent	13,24	Non indiqué
Piles alcalines autres que les piles bouton	2 212	Non indiqué

Si le Chili avait utilisé les facteurs d'intrant par défaut recommandés dans l'Outil spécialisé, le calcul de sa demande annuelle de mercure pour la fabrication de piles aurait donné 1 179 tonnes, au lieu des 2 838 tonnes déclarées.

### Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer les piles contenant du mercure par les substituts disponibles. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE, ainsi que du processus de l'Outil spécialisé pour le mercure ou d'autres sources d'information. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau A2.14 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Argentine	Demande d'informations	Il est interdit d'importer, de fabriquer ou de monter des piles contenant plus de 0,005 % de mercure. L'importation des piles est soumise à autorisation.
Brésil	Demande d'informations	Réglementation en vigueur depuis 1999. La teneur maximale en mercure pour les piles au zinc-manganèse et les piles au manganèse alcalin est de 0,010 %, tandis que la concentration maximale autorisée pour les piles bouton est de 25 mg.
Danemark	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
France	Demande d'informations	Interdiction en vigueur au sein de l'Union européenne depuis 2000 (voir les exemptions).
Allemagne	Demande d'informations	Expérience positive.
Iran	Demande d'informations	Dans certaines grandes villes, des opérations de collecte et de recyclage des piles sont en cours.
Japon	Demande d'informations	Le mercure contenu dans les cellules primaires, notamment dans les piles sèches alcalines ou au manganèse sert à prévenir l'oxydation, en agissant en même temps comme inhibiteur de corrosion. En raison des améliorations apportées à la structure de l'élément d'accumulateur pour empêcher l'oxydation à l'air libre, de l'adoption d'une méthode de raffinage permettant d'obtenir une matière exempte d'impuretés et de l'adjonction d'une autre substance pour prévenir tout risque d'oxydation, les fabricants ont volontairement cessé d'utiliser le mercure au début des années 1990. Alors que les piles bouton étaient utilisées en très grande partie dans les appareils auditifs, les fabricants japonais ont vivement prôné le remplacement des piles bouton au mercure par des piles zinc-air, ce qui a conduit à l'interruption de la production de ces piles au mercure vers 1996. On continue d'utiliser le mercure dans la fabrication de trois types de piles, à savoir les piles bouton alcalines, les piles à l'oxyde d'argent et les piles zinc-air. Depuis que l'un de ces trois produits – la pile à l'oxyde d'argent – a pu être élaboré sans apport de mercure, par incorporation d'un mécanisme d'inhibition de corrosion et d'adsorption d'hydrogène, des progrès sensibles ont été enregistrés dans le processus de substitution. Le Japon a déclaré le niveau de substitution « 0 » en ce qui concerne les piles pour appareils auditifs.
Maurice	Demande d'informations	Les substituts coûtent moins cher et les risques pour la santé et l'environnement sont réduits.
Pays-Bas	Demande d'informations	Les Pays-Bas ne produisent pas de piles contenant du mercure. Niveau de substitution « 1 – 2 ».
Norvège	Demande d'informations	Application de la directive de l'Union européenne sur les piles.
Panama	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Slovénie	Demande d'informations	Nouvelle technologie.
Suède	Demande d'informations	Depuis 2000, la commercialisation de piles contenant plus de 0,0005 % en poids de mercure est interdite sur le marché de l'Union européenne, y compris le cas des piles intégrées au matériel qu'elles alimentent. Les piles bouton contenant moins de 2 % en poids de mercure sont exemptées de cette interdiction. L'expérience de la transition technologique a été positive. Aucun problème économique n'a été signalé dans le cadre de l'application des mesures de restriction. Selon la Swedish Battery Association, la teneur en mercure des piles bouton disponibles sur le marché est estimée à environ 1 % en poids de mercure.
Suisse	Demande d'informations	La Suisse a déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour les piles à l'oxyde de mercure, les piles alcalines cylindriques et les piles au zinc-manganèse (de types pâteux et carton rigide), et le niveau « 0 » pour les piles miniatures de types alcalin, zinc-air et oxyde d'argent.

Tableau A2.15 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » – Substituts disponibles mais très peu utilisés
Belarus	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Chili	Demande d'informations	Expérience négative. Les techniques de substitution n'ont pas été diffusées. Le coût est sensiblement le même pour les produits contenant du mercure et les substituts sans mercure.
Equateur	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau A2.16 – Pays n'ayant pas fourni de réponse pour le niveau de substitution dans ce domaine

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Canada	Autres sources	Des substituts viables sont disponibles dans le commerce à l'heure actuelle pour le remplacement des piles au manganèse alcalin et au zinc-carbone contenant du mercure. Cependant, les quelques substituts sans mercure disponibles dans le commerce pour les piles bouton et les piles à l'oxyde de zinc sont en général jugés peu performants et d'un coût sensiblement élevé. L'utilisation de grandes piles à l'oxyde de mercure devrait se réduire rapidement du fait de la caducité des anciens matériels hospitaliers et militaires, et les petites piles à l'oxyde de mercure pourront être remplacées par d'autres types de piles de substitution.
Pologne	Autres sources	Les piles bouton contenant plus de 2 % en poids de mercure sont interdites.
Royaume-Uni	Demande d'informations	Divers substituts sont disponibles et effectivement utilisés.
Etats-Unis	Demande d'informations	Expérience positive. En 1996, le Congrès a adopté une loi sur la gestion des piles rechargeables contenant du mercure, qui interdit ou restreint la vente de certains types de piles contenant du mercure aux Etats-Unis, tels que : Les piles au manganèse alcalin contenant du mercure, hormis les piles bouton ne contenant pas plus de 25 milligrammes de mercure; Les piles au zinc-carbone contenant du mercure incorporé intentionnellement; Les piles bouton à l'oxyde mercurique; Les autres types de piles à l'oxyde mercurique, à moins que le fabricant ne se soumette à la stricte obligation de fournir aux consommateurs des renseignements sur le recyclage et les méthodes d'élimination appropriées. Les principaux fabricants produisent des substituts sans mercure pour les piles bouton à l'oxyde d'argent ou au manganèse alcalin. Cependant, les piles bouton zinc-air sans mercure ne sont pas très répandues aux Etats-Unis à l'heure actuelle. Le Congrès interdit la vente de piles à l'oxyde mercurique (hormis les piles bouton), à moins que le fabricant ne se soumette rigoureusement à la stricte obligation de fournir aux consommateurs des renseignements sur le recyclage et les méthodes d'élimination appropriées. Ces piles précédemment utilisées dans les appareils auditifs servent uniquement à alimenter les matériels militaires et hospitaliers, dans un contexte où la stabilité du courant électrique et la durabilité de fonctionnement sont des exigences essentielles.

Des renseignements supplémentaires sur la gestion du mercure contenu dans les piles miniatures sont disponibles pour les Etats-Unis. En mars 2006, l'Association nationale des fabricants de matériels électriques (NEMA) a annoncé l'engagement de l'industrie des piles des Etats-Unis en faveur de l'élimination du mercure incorporé aux piles bouton avant la fin de juin 2011. Les membres de la NEMA comprenaient alors des fabricants de piles sèches tels que Duracell Inc., Eastman Kodak Company, Energizer Holdings, Inc., Panasonic Battery Corporation of America, Rayovac Corporation, Renata SA, Saft America, Inc. et Wilson Greatbatch, Ltd. Par ailleurs, les Etats du Maine et du Connecticut ont adopté récemment des lois visant à interdire totalement la vente de piles miniatures contenant du mercure d'ici à juin 2011. La prise d'effet de cette interdiction a été différée jusqu'en 2011, pour laisser aux fabricants le temps de mettre au point des piles bouton ne contenant pas de mercure pour la plupart des applications concernées.

## Récapitulatif - Piles

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de 17 pays à la Demande d'informations, pour ce qui est du niveau de substitution atteint.

Tableau A2.17 – Réponses des pays pour le niveau substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	13	76,5 %
1 - 2	1	5,9 %
1	3	17,6 %
0	0	0 %

Dans l'ensemble, les résultats de la Demande d'informations répondent aux critères prévus pour déterminer le succès de la transition, à savoir plus de 50 % de réponses déclarant un niveau de substitution correspondra à « 2 », et plus de deux pays déclarant une demande estimative de mercure nulle pour la fabrication de piles. La Demande d'informations comportait de multiples entrées pour l'inscription de diverses données concernant des produits tels que les instruments de mesure et de contrôle et les dispositifs électriques et électroniques. Cependant, elle ne prévoyait qu'une seule entrée réservée aux données sur l'utilisation de mercure pour tous les types de piles. Cela a amené les pays concernés à indiquer un seul niveau de substitution pour tous les types de piles. Du point de vue de la substitution, il existe deux grandes catégories :

Catégorie 1. Les piles pour lesquelles des substituts sans mercure sont effectivement disponibles, à savoir les piles à l'oxyde de mercure non miniaturisées et les diverses piles cylindriques au zinc-manganèse;

Catégorie 2. Les diverses piles miniatures pour lesquelles il n'existe pas de substituts.

Les réponses à la Demande d'informations indiquent en majorité un niveau de substitution correspondra à « 2 ». Dans nombre de cas, les réponses ne précisent pas le type ou les types de piles visés, mais il apparaît que les indications fournies sans précision se réfèrent aux piles de Catégorie 1. Certaines réponses déclarent un niveau général « 2 » pour les piles de Catégorie 1, mais un niveau général « 0 » pour les piles de Catégorie 2. Par exemple, la Suisse indique le niveau « 2 » pour les piles à l'oxyde de mercure, les piles cylindriques alcalines et les piles au zinc-manganèse (de type pâteux ou carton rigide) et le niveau « 0 » pour les piles miniatures alcalines, zinc-air et oxyde d'argent.

Ce cas s'applique aussi au Japon qui a déclaré un niveau de substitution « 2 » pour les piles de manière générale, excepté les piles miniatures zinc-air pour lesquelles le niveau « 0 » a été indiqué. Cette orientation est davantage confirmée par les initiatives concernant les piles de Catégorie 1 qui sont en cours aux Etats-Unis, où des mesures d'interdiction des piles à l'oxyde mercurique et au manganèse alcalin sont en place depuis 1996. Pour ce qui est des piles de Catégorie 2, les Etats du Maine et du Connecticut (Etats-Unis) ont adopté récemment des lois visant à interdire la vente de piles miniatures contenant du mercure; cependant, l'entrée en vigueur de cette interdiction a été différée jusqu'en 2011, pour laisser aux fabricants le temps de mettre au point des piles bouton ne contenant pas de mercure pour la plupart des applications concernées.

Selon cette évaluation, il est estimé que le processus de transition a été couronné de succès pour les piles de Catégorie 1, mais non pas pour celles de Catégorie 2.

Tableau A2.18 – Récapitulatif du processus de substitution concernant les piles

Type de pile	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Piles cylindriques zinc-manganèse de type pâteux	Oui	Succès avéré de la transition
Piles cylindriques zinc-manganèse en carton rigide	Oui	Succès avéré de la transition
Piles alcalines cylindriques au zinc-manganèse	Oui	Succès avéré de la transition
Piles à l'oxyde mercurique – standard	Oui	Succès avéré de la transition
* Piles miniatures à l'oxyde mercurique	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées
Piles miniatures à l'oxyde d'argent	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées
Piles zinc-air miniatures	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées

Type de pile	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Piles alcalines miniatures	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées

\* Le processus de transition a été couronné de succès pour le remplacement des piles miniatures à l'oxyde de mercure par des piles miniatures à faible teneur en mercure de type oxyde d'argent, zinc-air, alcalin, etc. Cependant, il reste encore des difficultés à surmonter pour parachever le passage à la technologie des piles miniatures sans mercure.

### A.3 Usage dentaire

Le mercure est utilisé pour fabriquer l'amalgame dentaire, qui est un matériau utilisé par les dentistes pour les restaurations dentaires. Il existe deux types de restauration dentaire, à savoir la restauration directe et la restauration indirecte. Dans le premier cas, le dentiste pose directement une obturation dans une cavité préparée à l'intérieur de la dent. Cette intervention nécessite une seule visite au cabinet de soins dentaires. Les matériaux utilisés pour la restauration directe comprennent l'amalgame, les verres ionomères, les résines ionomères et les matériaux composites.

Dans le deuxième cas, on utilise des produits d'obturation (greffes encastrées ou apposées, facettes, couronnes et bridges) fabriqués dans un laboratoire dentaire, ce qui ne nécessite au moins deux visites chez le praticien. Les matériaux utilisés pour la restauration indirecte comprennent l'or, la céramique et les composites. La présente section porte spécifiquement sur l'amalgame dentaire et les matériaux d'obturation de substitution utilisables dans la restauration directe.

#### Amalgame dentaire au mercure

##### Aperçu du produit

L'amalgame dentaire est un matériau utilisé pour les obturations dentaires, constitué d'un mélange de mercure élémentaire liquide et de poudre d'alliage d'argent, d'étain et de cuivre. De petites quantités de zinc, de palladium ou d'indium peuvent être également présentes dans la poudre d'alliage.

Dans le passé, les dentistes fabriquaient eux-mêmes leur amalgame en mélangeant sur place le mercure liquide et les ingrédients de la poudre d'alliage. Cette pratique consistant à produire l'amalgame instantanément existe encore dans certains pays, mais l'amalgame est vendu en majeure partie sous forme de capsules contenant des quantités spécifiques de mercure et de poudre d'alliage. Les capsules d'amalgame sont disponibles en différentes doses, les plus courantes étant celles qui contiennent respectivement 400, 600 et 800 milligrammes. Le mercure est contenu dans une fine tranche (en forme de sachet-coussin) enfermée dans la capsule. Avant l'utilisation, la capsule est placée dans un amalgameur qui rompt le sachet et incorpore le mercure à la poudre d'alliage.

L'amalgame comporte plusieurs caractéristiques qui en font un matériau de choix pour les restaurations directes des dents postérieures. Il est durable et résistant à l'effet de cisaillement des dents postérieures. Relativement faciles à mettre en œuvre et d'un coût peu élevé, les obturations à l'amalgame durent environ 12 ans (Johnstone, 2008).

L'amalgame comporte aussi des inconvénients. Étant donné que sa couleur argentée s'assombrit avec le temps, il est utilisé essentiellement pour la restauration des dents postérieures, pour des raisons d'esthétique. L'amalgame n'est pas scellé à la dent, mais il est maintenu en place par des poches créées à l'intérieur de la cavité pour les retenir. Le praticien est obligé de prélever une partie du tissu dentaire sain pour parvenir à créer ces poches. L'amalgame nécessite en outre un traitement particulier et il importe d'utiliser un séparateur approprié pour récupérer ses débris présents dans les eaux usées.

La teneur en mercure de l'amalgame est comprise entre 43 et 54 % en poids de mercure. La quantité de mercure utilisée par le dentiste pour combler une cavité dentaire à l'amalgame varie en fonction de l'étendue de la cavité et de la taille de la capsule d'amalgame utilisée (par exemple 400, 600 ou 800 milligrammes). La teneur déclarée par les fabricants américains au Centre d'échange inter-Etats pour les programmes de sensibilisation et de réduction relatifs au mercure (IMERC) se situe dans une fourchette allant de moins de 100 milligrammes à plus de 1 000 milligrammes.

##### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'amalgames dentaires contenant du mercure.

Tableau A3.1 – Fabricants représentatifs d'amalgames dentaires contenant du mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dentsply International	York, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.dentsply.com">www.dentsply.com</a>	Dispersalloy, Regular Set, Single Spill, 50% Hg	59 \$ 400mg, Qty 50 (Net32)
Ivoclar Vivadent Group	Liechtenstein	<a href="http://www.ivoclarvivadent.com">www.ivoclarvivadent.com</a>	Valiant PhD Sure-Caps, Single Spill	54,81 \$ 400mg, Qty 50 (Net32)
Kerr Corporation	Orange, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.kerrdental.com">www.kerrdental.com</a>	Tytin FC Caps, Regular Set, Single Spill	99 \$ 400mg, Qty 50 (Net32)
SDI Limited	Australie	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Permite Caps, Fast Set, Single Spill	57,50 \$ 400 mg, Qty 50 (Net32)

## Substitut 1. Matériaux composites

### Aperçu du produit

Les composites sont des produits d'obturation dentaire adaptés à la couleur des dents et constitués d'un mélange de résine acrylique et d'un agrégat de poudre de verre ou de silice. Ces composites, autopolymérisants ou photopolymérisants, sont disponibles en seringues multidoses ou en capsules unidoses. Ils sont appliqués à la cavité en couches superposées (d'environ 2 mm chacune), chaque nouvelle couche étant apposée après polymérisation de la couche précédente.

La technique d'obturation progressive utilisée pour les composites nécessite en général plus de temps que celle de l'obturation à l'amalgame. Cet allongement du temps d'intervention et le coût élevé des matériaux rendent en fin de compte l'utilisation des composites plus coûteuse que celle de l'amalgame. Plusieurs autres facteurs influent sur le coût d'une obturation, notamment : le régime d'assurance, le lieu où se déroule l'intervention, l'ampleur de l'obturation et la nature du matériau utilisé. Compte tenu de ces divers facteurs, il est difficile d'évaluer la différence de prix entre les deux techniques en ce qui concerne le patient. Les données obtenues de divers sites Internet de dentisterie aux Etats-Unis montrent que l'obturation au moyen de composites coûte dans l'ensemble 1,2 à 2 fois plus cher que la restauration à l'amalgame (About Cosmetic Dentistry, 2008; Cost Helper, 2008).

L'avantage spécifique des composites par rapport à l'amalgame tient au fait qu'ils ont une couleur plus proche de celle des dents. Pour cette raison, ils sont souvent préférés lorsque l'opération concerne les dents antérieures ou lorsque des considérations esthétiques sont en jeu. Leur capacité d'adhésion chimique à la cavité dentaire peut renforcer la solidité de la structure dentaire du fait que les obturations qui adhèrent à la dent ne nécessitent pas un prélèvement étendu de tissu dentaire sain au moment de la préparation de la cavité.

L'Association dentaire américaine affirme que le composite « est un matériau relativement solide qui offre une bonne durabilité en cas d'interventions mineures ou moyennes », bien que les composites nécessitent des remplacements plus fréquents en comparaison de l'amalgame, surtout lorsqu'ils sont soumis à d'intenses forces de cisaillement ou en cas de reconstitutions importantes. Les obturations au moyen de composites sont censées durer cinq à sept ans en moyenne (Johnstone, 2008).

Les applications microtechnologiques et nanotechnologiques ont ouvert de nouvelles possibilités d'améliorer les performances des matériaux composites, notamment en ce qui concerne la solidité, la résistance à la fracture, l'usure, l'esthétique et la maniabilité. Nombre de fabricants de composites, y compris ceux qui figurent dans le tableau ci-dessous, offrent actuellement des produits comportant des micro-éléments et des nano-éléments dans les matériaux de certains composites. L'utilisation de ces éléments est relativement récente et de nouveaux progrès sont attendus dans ce domaine.

L'un de ces composites appelé compomère est un produit hybride constitué de résine composite et de verre ionomère. Entre autres avantages, le taux d'usure des compomères est près de trois fois moins élevé que celui d'autres matériaux composites. Les compomères peuvent parfois contenir aussi du fluor, qui est libéré progressivement au fil du temps pour prévenir l'aggravation de la carie.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de produits d'obturation composites.

Tableau A3.2 – Fabricants représentatifs de produits d'obturation composites

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
3M	St. Paul, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Filtek Z250 Restorative Refill Capsules	51,01 \$ Qty 20 (Net32)
Dentsply International	York, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.dentsply.com">www.dentsply.com</a>	Herculite XRV Refill Compules	32,60 \$ Qty 20, 0,25g compules (Net32)
Ivoclar Vivadent Group	Liechtenstein	<a href="http://www.ivoclarvivadent.com">www.ivoclarvivadent.com</a>	Tetric EvoCeram Cavifil Refill	67 \$ Qty 20, 0,2g cavifils (Net32)
Kerr Corporation	Orange, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.kerrdental.com">www.kerrdental.com</a>	Prodigy Unidose Refills	49,99 \$ 20 tips, 0,2g (Net32)
SDI Limited	Australie	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Ice Complet Refills, Light Cure	68,75 \$ Qty 20, 0,25g (Net32)

## Substitut 2. Verre ionomère

### Aperçu du produit

Les verres ionomères sont des matériaux d'aspect naturel et imitant la couleur des dents, constitués de mélanges d'acides acryliques et de poudres de verre qui servent à obturer les cavités dentaires. Relativement peu résistants à la fracture, ils sont utilisés essentiellement pour les petites obturations sur des surfaces non portantes telles que les parois radiculaires des dents. Ces matériaux sont disponibles sous différents conditionnements, notamment sous forme d'atomiseur, de capsule et de préparation liquide ou poudreuse.

Entre autres avantages qui les distinguent de l'amalgame, les matériaux en verre ionomère sont d'une couleur très proche de celle des dents et, pour cette raison, ils sont souvent utilisés pour les dents antérieures ou pour répondre à des impératifs d'esthétique. Qui plus est, leur capacité d'adhésion chimique à la cavité dentaire peut renforcer la solidité de la structure dentaire du fait que les obturations qui adhèrent à la dent ne nécessitent pas un prélèvement étendu de tissu dentaire sain au moment de la préparation de la cavité. Les produits d'obturation en verre ionomère contiennent du fluor qui est libéré progressivement au fil du temps pour prévenir l'aggravation de la carie dentaire.

Les inconvénients des obturations au verre ionomère comprennent leur coût très élevé et le temps de pose relativement long. Du point de vue de la durabilité, elles sont moins résistantes à la fêlure et plus sujettes à l'usure que l'amalgame ou les composites (Colgate, 2008). Plusieurs facteurs influent sur le coût d'une obturation et il est difficile d'évaluer la différence de prix, du point de vue du patient, entre l'obturation au verre ionomère et l'utilisation de l'amalgame. Selon l'Association dentaire américaine, le coût de l'obturation au verre ionomère est comparable à celui des composites, mais plus élevé celui de l'amalgame.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de matériaux de restauration dentaire en verre ionomère.

Tableau A3.3 – Fabricants représentatifs de matériaux en verre ionomère

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
3M ESPE	St. Paul, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Ketac Molar Aplicap Refill Capsules, Self Cure	189 \$ Qty 50 (Net32)
3M ESPE	St. Paul, Minnesota (Etats-Unis)	<a href="http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/">http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/</a>	Photac-Fil Quick Aplicap Refill Capsules, Dual Cure	209 \$ Qty 50 (Net32)
GC America, Inc.	Alsip, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.gcamerica.com/">http://www.gcamerica.com/</a>	Fuji II LC Refill Capsules, Light Cure	108,95 \$ Qty 50 (Net32)
SDI Limited	Australia	<a href="http://www.sdi.com.au">www.sdi.com.au</a>	Riva Light Cure Refill Capsules	136,55 \$ Qty 50 (Net32)

## Autres options

### Résines ionomères

Les résines ionomères et les verres ionomères modifiés à la résine sont des mélanges d'acides et résines acryliques et de matériaux d'obturation en particules de verre. Ils ont la couleur des dents et peuvent libérer du fluor pour prévenir la carie dentaire. Tout comme les verres ionomères, les résines ionomères se scellent dans la cavité dentaire et leur mise en place ne nécessite pas un prélèvement étendu de tissu dentaire sain au moment de la préparation de la cavité. Les résines ionomères ont des performances supérieures à celles des verres ionomères, en ce qui concerne certaines propriétés mécaniques telles que la solidité et le coefficient de dilatation thermique.

Les résines ionomères ont une résistance aux fractures faible à moyenne, et un taux d'usure élevé lorsqu'elles sont utilisées sur les surfaces de mastication. Pour ces raisons, l'utilisation des résines ionomères se limite essentiellement aux petites obturations à faible résistance ou aux obturations temporaires des dents primaires. Le coût des obturations au moyen de résines ionomères est semblable à celui des obturations à l'aide de composites, mais il est supérieur à celui des obturations à l'amalgame.



## Or, céramique et porcelaine

L'alliage d'or, la céramique et la porcelaine sont habituellement utilisés pour les restaurations indirectes. De ce fait, ils n'ont pas été considérés comme des substituts à l'amalgame, qui est utilisé principalement pour la restauration directe. L'emploi de ces matières requiert deux ou plusieurs visites chez le dentiste et consiste souvent en la pose d'une obturation temporaire.

## Ciment polycarboxylate

Le ciment polycarboxylate est utilisé pour les obturations dentaires temporaires et comme agent de liaison pour les reconstitutions au moyen d'alliages coulés ou de porcelaine. Il n'est pas considéré comme un substitut en raison du caractère transitoire des obturations ([www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), 2008).

## Oxyde de zinc

L'oxyde de zinc est utilisé pour un large éventail d'applications dentaires, notamment pour les obturations temporaires. Il est souvent utilisé en combinaison avec l'eugénol, liquide extrait de l'essence de girofle ayant des propriétés analgésiques et légèrement antiseptiques. Il n'est pas considéré comme un substitut en raison du caractère transitoire des obturations ([www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), 2008).

## Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant la demande intérieure de mercure destiné à la fabrication d'amalgames – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure.

Tableau A3.4 – Utilisations de mercure par pays pour la fabrication d'amalgames dentaires (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande intérieure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Etats-Unis	Demande d'informations	27,6 (2004)
Allemagne	Demande d'informations	20
Philippines	Outil spécialisé	17,741 (2006)
Royaume-Uni	Demande d'informations	6,6 (2006)
Chine	Autres sources <sup>1</sup>	6
Canada	Autres sources <sup>2</sup>	4,665 (2007)
Syrie	Demande d'informations	4,125
Pays-Bas	Demande d'informations	1,6 (2007)
Danemark	Demande d'informations	1,2 (1,1 – 1,3) (2001)
Fédération russe	Autres sources <sup>3</sup>	0,8 (2001)
Argentine	Demande d'informations	0,614
Japon	Demande d'informations	0,15 (2005)
Suède	Demande d'informations	0,103
Cambodge	Outil spécialisé	0,086 0,008 – 0,163 (2007)
Norvège	Demande d'informations	0

<sup>1</sup> SEPA, 2005.

<sup>2</sup> Information fournie par le Canada pour appuyer les travaux intersessions du Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure, 31 janvier 2008.

<sup>3</sup> ACAP, 2004.

L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure recommande une fourchette par défaut de 0,05 à 0,20 gramme de mercure par an par habitant pour le calcul de la demande totale d'amalgame (PNUE, 2005). Trois pays (Allemagne, Danemark et Syrie) ont déclaré des niveaux de consommation supérieurs à la fourchette préconisée par l'Outil spécialisé. Les Philippines ont calculé leur consommation de mercure en utilisant la valeur maximale prévue par l'Outil spécialisé (0,20 gramme de mercure par an par habitant). Quatre pays (Canada, Royaume-Uni, Pays-Bas et Etats-Unis) ont communiqué des chiffres rentrant dans la fourchette de l'Outil spécialisé. Les sept pays restants ont déclaré des niveaux de consommation situés en deçà de cette fourchette.

Les facteurs pouvant influencer sur l'utilisation de l'amalgame comprennent les politiques gouvernementales, le niveau de développement des soins dentaires, les pratiques d'hygiène personnelle, ainsi que la disponibilité et le coût des solutions de rechange. Par exemple, le faible niveau de consommation en Suède est probablement dû, en partie, à la politique adoptée en 1999 pour exclure les restaurations à l'amalgame du champ des régimes d'assurance-maladie. Le rapport du Cambodge au titre du processus de l'Outil spécialisé attribue la faible consommation intérieure à l'effet conjugué de la fréquence peu élevée des restaurations dentaires et de l'usage répandu de produits d'obturation de substitution.

### Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour le remplacement de l'amalgame dentaire au mercure par d'autres types d'obturation. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau A3.5 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Brésil	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Danemark	Demande d'informations Autres sources <sup>4</sup>	L'utilisation de l'amalgame qui représentait 37 % de toutes les obturations dentaires en 2000 a baissé sensiblement pour se situer à 28 % en 2005. Différentes matières plastiques s'imposent sur le marché depuis quelques années, en plus des matériaux en verre ionomère. L'utilisation de l'amalgame dentaire par les dentistes ne sera plus autorisée après le 1 <sup>er</sup> avril 2008.
Allemagne	Demande d'informations	L'Allemagne a déclaré un niveau de substitution « 1 – 2 ». Expérience positive.
Japon	Demande d'informations	L'utilisation de l'amalgame dentaire a subi une baisse, passant de 5 tonnes en 1970 à 0,15 tonne en 2005, du fait de préoccupations exprimées au sujet de l'ingestion de mercure par suite de dégradation, d'usure ou d'inhalation de vapeurs de mercure générées par échauffement pendant la mastication. Les substituts disponibles comprennent l'alliage or-argent-palladium et d'autres matériaux en céramique ou en résine composite.
Pays-Bas	Demande d'informations	Une réduction de l'ordre de 15 % par an est prévue dans l'emploi du mercure, du fait de la diminution des cas de carie dentaire et de l'utilisation accrue de produits d'obturation de substitution. A partir du milieu des années 1980, le niveau d'utilisation de l'amalgame est passé de 3 500 à 260 grammes par dentiste par an.
Norvège	Demande d'informations	Aucune expérience négative signalée pour l'utilisation des substituts. La Norvège a interdit à compter de janvier 2008 l'utilisation du mercure pour la fabrication des produits, notamment de l'amalgame dentaire.
Slovénie	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Suède	Demande d'informations Autres sources <sup>5</sup>	Expérience positive. La quantité de mercure utilisée pour l'amalgame dentaire a baissé de 90 % entre 1997 et 2003. Environ 98 % de toutes les obturations chez les adultes sont constituées de matériaux de substitution, notamment de résines composites, contre 99,95 % chez les enfants. Les régimes d'assurance ont cessé de prendre en charge les restaurations à l'amalgame depuis 1999. L'interdiction d'utiliser le mercure dans l'amalgame dentaire est entrée en vigueur le 1 <sup>er</sup> janvier 2008.

<sup>4</sup> PR Newswire, 2008.

<sup>5</sup> PR Newswire, 2008.

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Suisse	Demande d'informations	D'un point de vue technique aucun problème n'a été signalé, mais le coût élevé des matériaux de rechange pourrait être une source de difficultés.

Tableau A3.6 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Argentine	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Chili	Demande d'informations	Expérience négative. La disponibilité des techniques de substitution est limitée et le coût des substituts est supérieur à celui de l'amalgame.
France	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Iran	Demande d'informations	L'amalgame dentaire continue d'être utilisé, bien que de nombreux dentistes aient opté pour la résine composite comme substitut. La consommation de mercure pour les soins dentaires a diminué sensiblement depuis 1998.
Panama	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Royaume-Uni	Demande d'informations	Les matériaux utilisés sont en résine composite et en verre ionomère. La diminution des quantités d'amalgames au mercure évaluées à 9 tonnes (2004) traduit une certaine amélioration de la santé bucco-dentaire générale. Le niveau d'utilisation de l'amalgame continuera de baisser pour se situer à 2 tonnes par an vers 2011.
Etats-Unis	Demande d'informations Autres sources <sup>6</sup>	Expérience négative. Le coût des substituts sans mercure est élevé et n'est pas pris en charge par les régimes d'assurance-maladie privés ou publics. L'usage des produits de soins dentaires étant réglementé par le gouvernement fédéral, les Etats ne peuvent unilatéralement interdire l'utilisation de l'amalgame dentaire.  Les régimes d'assurance couvrent en général la majeure partie ou l'intégralité du coût des obturations à l'amalgame, mais ne couvrent que 50 % à 80 % du coût en cas d'obturation au moyen de matériaux composites.

Tableau A3.7 – Pays n'ayant pas fourni de réponse pour le niveau de substitution dans ce domaine

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Cambodge	Outil spécialisé	Les matériaux d'obturation comprennent l'amalgame, la résine composite, le ciment à base de verre ionomère, le ciment polycarboxylate, l'oxyde de zinc et la céramique. Les patients des cabinets dentaires préfèrent les matériaux composites à l'amalgame, tandis que les clients aisés optent pour l'oxyde de zinc ou la céramique.
Canada	Autres sources <sup>7</sup>	Les matériaux de substitution comprennent l'or fondu, l'amalgame lié, la céramique et les résines composites. Les substituts suscitent des préoccupations du fait qu'ils sont coûteux et peu adaptés à certaines interventions, contrairement à l'amalgame qui est très durable, relativement facile à poser et souvent réparable.

Huit pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour l'amalgame dentaire et un pays, l'Allemagne, a déclaré un niveau « 1 - 2 ». La mention du niveau 2 signifie que des substituts sont disponibles et d'utilisation courante dans les pays concernés. Sept de ces neuf pays sont des pays européens, trois d'entre eux (Danemark, Norvège et Suède) ayant interdit l'usage de l'amalgame dentaire. Le Brésil et le Japon ont eux aussi déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 ».

<sup>6</sup> [www.aboutcosmeticdentistry.com](http://www.aboutcosmeticdentistry.com)

<sup>7</sup> Information fournie par le Canada pour appuyer les travaux intersessions du Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure, 31 janvier 2008.

Sept pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 » pour l'amalgame dentaire, ce qui signifie que des substituts sont effectivement disponibles mais très peu utilisés dans ces pays. Ce groupe comprend deux pays d'Amérique du Sud, deux pays d'Europe, un pays d'Asie occidentale, un pays d'Amérique centrale et un pays d'Amérique du Nord.

Dans l'ensemble, 13 pays ont fourni des indications par écrit sur leur expérience du processus de remplacement de l'amalgame dentaire. Quatre réponses ont fait état du coût très élevé des substituts par rapport à celui de l'amalgame et un seul pays a exprimé des préoccupations au sujet des performances techniques des substituts.

### Récapitulatif - Usage dentaire

Les dentistes prennent divers facteurs en considération dans le choix du type de matériau d'obturation à utiliser pour une restauration directe, notamment l'état de santé du patient, l'aspect esthétique, l'emplacement de l'obturation, la force de cisaillement, la durée et le nombre de visites, la durabilité et le coût (ADA, 2008). Dans certains cas, les substituts à l'amalgame se présentent manifestement comme la meilleure option. Par exemple, les matériaux imitant la couleur des dents sont en général utilisés pour l'obturation de cavités dans les dents antérieures, pour des raisons d'esthétique. Les résines et les verres ionomères sont habituellement préférés pour l'obturation de petites cavités au niveau du collet ou de la racine des dents, ou de cavités dans les dents primaires.

L'application des microtechnologies et des nanotechnologies permet aujourd'hui d'améliorer les performances des qualités esthétiques des matériaux de substitution. Plusieurs pays ont indiqué dans leurs réponses la disponibilité de substituts viables à l'amalgame du point de vue des performances. Plusieurs autres pays ont relevé le problème du prix élevé des substituts comme étant une entrave à l'abandon de l'amalgame.

Trois pays (Norvège, Suède et Danemark) ont interdit l'utilisation de l'amalgame au mercure pour les obturations dentaires à compter de 2008. Ces pays considèrent les composites comme des substituts adéquats à l'amalgame (PR Newswire, 2008).

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de 16 pays à la Demande d'informations, pour ce qui est du niveau de remplacement du mercure dans les usages dentaires.

Tableau A3.8 – Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	8	50 %
1 - 2	1	6 %
1	7	44 %

L'information fournie par la présente section confirme que des techniques de substitution sont disponibles pour le remplacement de l'amalgame dentaire et que certains pays ont réalisé une transition effective en abandonnant complètement l'utilisation de l'amalgame. Cinquante pour cent des réponses à la Demande d'informations indiquent que des substituts sont disponibles sur le marché et couramment utilisés. Un pays (Norvège) a déclaré une demande nulle de mercure pour l'usage dentaire. Par ailleurs, l'interdiction de l'amalgame dentaire en Suède et au Danemark en 2008 devrait éliminer entièrement la demande de mercure pour cette application dans ces pays en 2009.

En dépit du succès de la transition dans les pays cités, certaines difficultés recensées entravent la réussite sur le plan global. Selon les indications données dans les réponses, le plus grand obstacle à cet égard est le coût élevé des substituts. Parmi les autres facteurs, on peut citer le régime d'assurance couvrant les techniques de substitution, la formation des dentistes, les mesures de réglementation et le souci de ne pas nuire à la prestation des soins dentaires dans les pays en développement (Maag, 2007).

Tableau A3.9 – Récapitulatif du processus de substitution pour l'usage dentaire

Usage dentaire	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Amalgame dentaire	Oui	Substituts disponibles – des difficultés recensées

## A.4 Dispositifs électriques et électroniques

La section consacrée aux « Dispositifs électriques et électroniques » comprend deux grands sous-groupes de produits : les interrupteurs électriques et les relais électriques. La première sous-section intitulée « A.4.a – Interrupteurs électriques » fournit des renseignements sur les quatre principaux types d'interrupteurs, à savoir les interrupteurs à flotteur, les interrupteurs à bascule, les pressostats et les sélecteurs de température (ou thermocontacts). Des indications sont fournies également sur les interrupteurs à mercure et les substituts sans mercure pour chacun des quatre types cités. La deuxième sous-section intitulée « A.4.b – Relais » comporte des informations sur les deux types de relais à mercure (relais à déplacement de mercure et relais à contacts mouillés au mercure) et sur les six substituts sans mercure qui sont disponibles (relais à lames souples et autres redresseurs électromécaniques, à commande transistorisée ou au silicium, ou hybrides).

Les interrupteurs et les relais sont utilisés dans des milliers d'applications et de produits différents, pour divers usages domestiques, industriels, médicaux, agricoles, municipaux et commerciaux. De nombreux paramètres de conception influent sur les spécifications techniques et le choix d'un interrupteur ou d'un relais particulier pour une application ou un produit donné. La conception des interrupteurs et des relais ainsi que les gammes de produits peuvent varier considérablement d'un fabricant à l'autre.

Les spécifications techniques influent considérablement sur la sélection des modèles de produits et sur leur coût final. Parmi les paramètres de conception les plus importants figurent le nombre de points de commutation, le type de détection de niveau, le degré de précision et de fiabilité de l'interrupteur ou du relais, le type de milieu liquide (pour les interrupteurs à flotteur), le mode d'assemblage, le type d'enveloppe, le pouvoir de coupure, la durée de vie du relais ou de l'interrupteur, l'homologation éventuelle, la charge inductive admissible, les paramètres de fonctionnement, le milieu ambiant, la puissance d'entrée et le type d'interrupteurs ou de relais.

### A.4.a Interrupteurs électriques

#### Interrupteurs à bascule

L'interrupteur à bascule peut détecter des changements de position ou des mouvements de rotation, de manière à activer une commutation en fonction de la nature de ces changements. Il peut servir à amorcer des systèmes d'alarme, de commande et d'éclairage, ainsi que d'autres appareils.

Les interrupteurs à bascule constituent des composants importants pour des centaines de produits et d'applications. Quelques exemples de produits et d'applications utilisant des interrupteurs à bascule sont cités dans le tableau qui suit.

Tableau A4.1 – Applications des interrupteurs à bascule

Type d'application	Exemples
Usage industriel	Équipement de transformation, système de commande de convoyeurs, extrudeuses, régulateurs de vitesse, pédales de commande à pied, surveillance du niveau de charbon, véhicules de chantier, grues, treuils, chutes, tables élévatrices à ciseaux, plateforme statiques, etc.
Usage agricole	Tracteurs, commandes de convoyeurs, transformation des aliments, cuves, silos, surveillance des niveaux de grains, etc.
Usage marin	Commandes de direction, manipulateurs sous-marins, plateformes de dessalement, mise à niveau de navires et de barges, etc.
Usage médical	Appareils de radiographie, remnographes, commandes de position, fauteuils roulants, etc.

#### Interrupteur à bascule au mercure

##### Aperçu du produit

L'interrupteur à bascule au mercure est constitué essentiellement de petits tubes munis de contacts électriques à l'une de leurs extrémités. Lorsque les tubes se soulèvent, le mercure s'amasse à leur extrémité inférieure et crée un chemin conducteur pour boucler le circuit de commutation. Le retour de la bascule à sa position initiale coupe le circuit.

L'interrupteur à bascule contenant du mercure est très fiable et très durable parce qu'il comporte un nombre réduit de composants et ne subit pas de décharges électrostatiques. Des essais ont montré que sa durée de vie utile se situerait au-delà d'un million de cycles. Ce type d'interrupteur, au fonctionnement silencieux, peut supporter des charges inductives très élevées. Cependant, le mercure qu'il contient est un inconvénient pour bon nombre d'applications, notamment pour l'industrie des aliments et des breuvages. A cela s'ajoute le coût éventuel de l'élimination du produit arrivé en fin de vie utile, tel l'enlèvement des systèmes de commutation téléphonique installés dans les véhicules automobiles.

Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants d'interrupteurs à bascule contenant du mercure se situent dans les fourchettes suivantes : 50 mg – 100 mg, 100 mg – 1 000 mg, et plus de 1 000 milligrammes. Certains fabricants ont cependant communiqué des chiffres précis, variant de 0,05 à 5 grammes de mercure par interrupteur (NEWMOA, 2008).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule contenant du mercure.

Tableau A4.2 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule contenant du mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Terminal Supply Company Inc.	Wixom, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.american-terminal.com">www.american-terminal.com</a>	AT-MS-4	4 \$ - 12 \$ (SJ, Amazon)
Celduc Relais	Sorbiers (France)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	IB600099 Series	Non publié
Comus International	Tongeren (Belgique)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Well Buying Industrial Company	Taipei (Taiwan)	<a href="http://www.wellbuying.com.tw">www.wellbuying.com.tw</a>	M5 Series	Non publié

## Substitut 1. Interrupteur à potentiomètre

### Aperçu du produit

Les potentiomètres consistent en un chemin conducteur de forme courbe comportant une borne de connexion à chaque bout, ainsi qu'un curseur mobile relié à une troisième borne. La rotation de l'axe du potentiomètre s'accompagne d'une variation proportionnelle de la longueur du trajet et de la résistance électriques. Les potentiomètres peuvent servir à détecter des mouvements linéaires et des rotations simples ou multiples.

Les potentiomètres sont peu coûteux mais très fiables. Ils ont une très longue durée de vie utile, qui peut aller au-delà de 20 millions de cycles de manœuvre. Ils sont également disponibles en version miniature, pour des besoins d'économie d'espace.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de potentiomètres.

Tableau A4.3 – Fabricants représentatifs de potentiomètres

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
ETI Systems	Carlsbad, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.etisystems.com">www.etisystems.com</a>	EUP and SP series	Non publié
Precision Electronic Components Ltd.	Weston, Ontario (Canada)	<a href="http://www.precisionelectronics.com">www.precisionelectronics.com</a>	R Series	Non publié
Taiwan Alpha Electronic Co, Ltd	Taoyuan (Taiwan)	<a href="http://www.taiwanalpha.com">www.taiwanalpha.com</a>	9 MM	1 \$ - 35 \$ (Mouser)
Tokyo Cosmos Electric Co. Ltd.	Kanagawa (Japon)	<a href="http://www.tocos.com">www.tocos.com</a>	GF and RJC Series	Non publié
Vishay Intertechnology Inc.	Malvern, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.vishay.com">www.vishay.com</a>	P9 Series	3 \$ - 6 \$ (Mouser)

## Substitut 2. Interrupteur à bascule à bille métallique

### Aperçu du produit

Une bille métallique roulante, habituellement en acier, est utilisée pour établir la liaison électrique effective. La bille se déplace selon le mouvement du bulbe abritant le commutateur, mais elle peut être mue aussi par des aimants conçus à cet effet.

Les interrupteurs à bille métallique sont indiqués pour des applications soumises à des niveaux élevés d'interférence électromagnétique ou pour des applications nécessitant un interrupteur robuste. Ils peuvent avoir une longue durée de vie utile s'ils sont utilisés uniquement pour des charges de faible niveau. Ils ne sont pas adaptés aux applications pouvant entraîner des niveaux élevés d'impacts ou de vibrations, car cela pourrait provoquer des faux contacts dus au rebondissement. En outre, la bille métallique peut se souder aux contacts électriques par suite de surchauffe ou de décharge électrostatique. Comme autre inconvénient, ce type d'interrupteur ne peut subir des charges inductives supérieures à 2 ampères sans qu'il ne se pose de problème de décharge électrostatique.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule à bille métallique.

Tableau A4.4 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule à bille métallique

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Assemtch Inc.	Royaume-Uni	<a href="http://www.assemtch-inc.com">www.assemtch-inc.com</a>	THS-SP and DHS- SP series	Non publié
Comus International	Tongeren (Belgique)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Magnasphere Corporation	Waukesha, Wisconsin (Etats-Unis)	<a href="http://www.magnaspherecorp.com">www.magnaspherecorp.com</a>	NM Series	Non publié

### Substitut 3. Interrupteur à bascule électrolytique

#### Aperçu du produit

Les interrupteurs à bascule électrolytiques sont munis d'électrodes et remplis d'un fluide conducteur. Lors du basculement du commutateur, la surface du fluide demeure plane sous l'effet de la gravité. La conductivité entre les électrodes est proportionnelle à la longueur de l'électrode qui baigne dans le fluide. Différents types d'électrolytes peuvent être utilisés pour varier la conductivité et la viscosité afin de prendre en compte les divers paramètres de conception.

Les interrupteurs à bascule électrolytiques se caractérisent par un haut niveau de fiabilité, de stabilité et de précision. Ils sont souvent conçus pour mesurer avec précision les angles d'inclinaison dans une fourchette d'angles très étroite. Ces interrupteurs sont solidement bâtis et peuvent être utilisés dans des conditions extrêmes de température, d'humidité et de secousses.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule électrolytiques.

Tableau A4.5 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule électrolytiques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix
Fredericks Company	Huntingdon Valley, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.frederickson.com">www.frederickson.com</a>	Series 07X	Non publié
Spectron Glass and Electronics Inc.	Hauppauge, New York (Etats-Unis)	<a href="http://www.spectronsensors.com">www.spectronsensors.com</a>	SP, AU, RG, CG, and SH series	Non publié

### Substitut 4. Interrupteur à bascule mécanique

#### Aperçu du produit

Les interrupteurs à bascule mécaniques se présentent sous forme de commutateurs à ressort ou de microrupteurs activés par diverses méthodes. L'une de ces méthodes qui est très courante consiste en une bille métallique roulante qui enclenche le levier en se déplaçant par gravité ou selon la position du bulbe abritant le flotteur.

Les interrupteurs à bascule mécaniques se caractérisent par un haut degré de fiabilité, une longue durée de vie utile et la capacité de supporter des charges inductives élevées. Leur vie utile est souvent évaluée à plus d'un million de cycles. La pression requise pour mettre le commutateur en action est relativement faible.

## Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule mécaniques.

Tableau A4.6 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule mécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Binmaster	Lincoln, Nebraska (Etats-Unis)	<a href="http://www.binmaster.com">www.binmaster.com</a>	BM-T Series	Non publié
Monitor Technologies LLC	Elburn, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.monitortech.com">www.monitortech.com</a>	TC Series	Non publié
Omron Corporation	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	D7E-3	5 \$ - 11 \$ (Digikey)

## Substitut 5. Interrupteur à bascule statique

### Aperçu du produit

Les interrupteurs à bascule statiques sont souvent désignés par les termes inclinomètres ou accéléromètres, selon l'application dans laquelle ils sont utilisés. Ils peuvent être munis d'un capteur de circuit intégré à effet Hall, d'un capteur à membrane en silicium miniaturisé et fortement stabilisé, d'un accéléromètre à balance de forces ou d'un moteur-couple d'instruments inertiels.

Les interrupteurs à bascule statiques se caractérisent par un niveau élevé de résolution, de précision et de célérité, ainsi que par la capacité de maintenir un même degré de précision dans une large plage de températures. Ces interrupteurs ont une longue durée de vie utile, qui va souvent au-delà de 10 millions de cycles de manœuvre. Ils peuvent être utilisés dans des conditions de vibrations et d'impacts de grande intensité.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule statiques

Tableau A4.7 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule statiques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Jewell Instruments, LLC	LC Series	<a href="http://www.jewellinstruments.com">www.jewellinstruments.com</a>	LC Series	Non publié
Omron Corporation	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	D6BN Series	2 \$ - 4 \$ (Digikey)

## Substitut 6. Interrupteur capacitif

### Aperçu du produit

Les interrupteurs à bascule capacitifs sont munis de capteurs ayant un rendement directement proportionnel à l'inclinaison. Ces capteurs sont constitués essentiellement de deux dômes capacitifs entièrement étanches contenant un fluide de constante diélectrique élevée qui occupe l'espace situé entre les deux dômes.

Les interrupteurs à bascule capacitifs se caractérisent par un haut degré de précision et de stabilité à long terme, ainsi que par une faible consommation d'énergie. Ils sont indiqués pour des applications nécessitant des mesures de grande précision et pour la mesure de grands angles d'inclinaison.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule capacitifs.

Tableau A4.8 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à bascule capacitifs

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Measurement Specialties Inc.	Hampton, Virginia (Etats-Unis)	<a href="http://www.schaevitz.com">www.schaevitz.com</a>	Accustar II DAS Series	Non publié
Seika Kempton	Allemagne	<a href="http://www.seika.de">www.seika.de</a>	NG2, NG3, and NG4 Series	Non publié



## Interrupteurs à flotteur

Les interrupteurs à flotteur servent à surveiller les niveaux de divers liquides, tels que l'eau, les eaux usées, les boues humides, les produits chimiques, les graisses et l'azote liquide. Les liquides à surveiller peuvent se trouver dans des citernes, des puits, des bassins, des forages et d'autres contenants. Les interrupteurs à flotteur permettent d'activer des circuits d'alerte et de contrôle afin que des mesures adaptées soient prises en fonction de la variation du niveau des liquides. Ce type d'interrupteur fonctionne essentiellement de deux manières : la première consiste en un commutateur placé dans un bulbe et pouvant être activé par l'élévation et la baisse de niveau du liquide, tandis que la deuxième consiste en un commutateur stationnaire pouvant être activé par la présence ou l'absence de liquide.

L'interrupteur à flotteur est un composant polyvalent entrant dans la réalisation de centaines de produits et d'applications. Il peut être soit incorporé dans des produits tels que les pompes de cale, soit acheté séparément comme composant à utiliser dans une application adaptée aux besoins du consommateur. Le tableau qui suit présente quelques exemples de produits et d'applications qui utilisent des interrupteurs à flotteur.

Tableau A4.9 – Applications des interrupteurs à flotteur

Type d'application	Exemples
Application industrielle/manufacturière	Liquides de traitement, traitement des déchets, climatiseurs, fabrication de semi-conducteurs, développeuses de plaques automatiques, etc.
Application résidentielle	Pompes de puisard, fosses septiques, chauffe-eau, appareils sanitaires automatiques, etc.
Application marine	Pompe de cale, pompes de douche, évacuation des eaux usées des navires de ligne, bacs régulateurs de navire, etc.
Application à la gestion urbaine	Stations de pompage, épuration des eaux résiduaires, stations de traitement des eaux usées, etc.

## Interrupteur à flotteur au mercure

### Aperçu du produit

Les interrupteurs à flotteur au mercure sont habituellement logés dans des bulbes. Ils comportent habituellement un petit tube muni de contacts électriques à l'une de leurs extrémités. Lorsque le tube se déplace vers le haut, le mercure afflue à l'extrémité inférieure et crée un chemin conducteur pour boucler le circuit. Le retour de la tige à sa position initiale coupe le circuit.

Les interrupteurs à flotteur au mercure ont l'avantage d'être très fiables et très durables parce qu'ils comportent un nombre réduit de composants et ne subissent pas de décharges électrostatiques. Des essais ont montré que sa durée de vie utile se situerait au-delà d'un million de cycles. Ce type d'interrupteur, au fonctionnement silencieux, peut supporter des charges inductives très élevées.

Les interrupteurs à flotteur au mercure ont besoin d'une zone alternante pour bien fonctionner. Pour des applications dans un espace insuffisant pour créer une zone alternante, l'interrupteur à flotteur à lames souples serait préférable. Cependant, le fait qu'il contienne du mercure qui est une substance toxique est un inconvénient pour bon nombre d'applications, notamment pour l'industrie des aliments et des breuvages. Le rapport du Conseil nordique des ministres indique que le prix des substituts sans mercure est très proche de celui des interrupteurs à flotteur contenant du mercure (Maag, 2007).

Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants d'interrupteurs à flotteur se situent soit dans une fourchette de 100 à 1 000 milligrammes, soit au-delà de 1 000 milligrammes par interrupteur. Certains fabricants ont indiqué des chiffres précis variant de 0,1 à 70 grammes par interrupteur. Le Danemark est cité dans l'Outil spécialisé du PNUE comme exemple de pays où les interrupteurs à flotteur peuvent contenir 6,6 à 13,6 grammes de mercure (PNUE, 2005).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à flotteur au mercure.

Tableau A4.10 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à flotteur au mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Comus International	Tongeren (Belgique)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Conery Manufacturing Inc.	Ashland, Ohio (Etats-Unis)	<a href="http://www.conerymfg.com">www.conerymfg.com</a>	2900 series	Non publié
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	A, B, C, D, and E series	Non publié
Zoeller Pump Co.	Louisville, Kentucky (Etats-Unis)	<a href="http://www.zoeller.com">www.zoeller.com</a>	10 Series	90 \$ - 95 \$ (Dean)

### Substitut 1. Interrupteur à flotteur mécanique

#### Aperçu du produit

Les interrupteurs à flotteur mécaniques sont habituellement logés dans des bulbes et activés par l'élévation et la baisse de niveau du liquide. Ils se présentent sous forme de commutateurs à ressort ou de microrupteurs activés par diverses méthodes. L'une de ces méthodes qui est très courante consiste en une bille métallique roulante qui enclenche le levier en se déplaçant par gravité ou selon la position du bulbe abritant le flotteur.

Les interrupteurs à flotteur mécaniques se caractérisent par un haut degré de fiabilité, une longue durée de vie utile et la capacité de supporter des charges inductives élevées. Leur vie utile est souvent évaluée à plus d'un million de cycles. Ils peuvent utiliser un seul flotteur pour les deux fonctions marche et arrêt. Ils ont besoin en général d'une zone alternante pour bien fonctionner, ce qui n'est pas nécessaire pour les modèles ayant une tige verticale munie d'aimants qui peuvent activer le microrupteur.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à flotteur mécaniques.

Tableau A4.11 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à flotteur mécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Automation Products Group Inc.	Logan, Utah (Etats-Unis)	<a href="http://www.apgsensors.com">www.apgsensors.com</a>	Ft-100 series	Non publié
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	L8 series	66 \$ (Dwyer)
Kari-Finn Oy	Lahti (Finlande)	<a href="http://www.kari-finn.fi">www.kari-finn.fi</a>	Kari Float Switch Series	Non publié
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	NGS series	Non publié
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	G, H, K, N, and P series	Non publié
MJK Automation	Naerum (Danemark)	<a href="http://www.mjk.com">www.mjk.com</a>	7030 series	Non publié
Nivelco Process Control Co.	Budapest (Hongrie)	<a href="http://www.nivelco.com">www.nivelco.com</a>	Nivofloat and NivoMag series	Non publié
SOR	Lenex, Kansas (Etats-Unis)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	100, 1710, 200, and 300 series	Non publié

## Substitut 2. Interrupteur à flotteur à lames souples

### Aperçu du produit

L'interrupteur à lames souples est encastré dans la tige verticale du dispositif à flotteur. Des aimants sont fixés en permanence sur le bulbe abritant le flotteur qui se déplace verticalement le long du tube ou de la tige. Ces aimants activent les commutateurs à lames dans le tube à des valeurs prédéterminées pour assurer une fonction de surveillance ou d'alerte.

Les interrupteurs à lames souples sont adaptés à l'usage en milieu fermé étroit ou peu étendu. Ils ont une longue durée de vie utile mais, comme inconvénient, ils ne peuvent pas supporter des charges inductives élevées, ce qui leur confère un pouvoir de coupure limité. De plus, ils doivent être utilisés dans un milieu propre, pour éviter que les débris qui adhèrent à la tige n'entravent le bon fonctionnement de l'appareil.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'interrupteurs à flotteur à lames souples.

Tableau A4.12 – Fabricants représentatifs d'interrupteurs à lames souples

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Comus International	Tongeren (Belgique)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	L10 series	66 \$ (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	NC series	18 \$, 39 \$ (Lesman)

## Substitut 3. Commutateur de niveau optique

### Aperçu du produit

Le commutateur de niveau optique utilise des principes optiques pour détecter la présence ou l'absence d'un liquide par rapport à un milieu gazeux comme l'air. Le capteur du commutateur optique contient une petite diode électroluminescente à infrarouge et un récepteur de lumière de type phototransistor pouvant détecter la présence du liquide.

Les commutateurs de niveau optiques ne sont pas sensibles à la couleur ou à la densité des liquides. Ils se caractérisent en outre par une légère hystérésis, un haut niveau de répétabilité et une grande résistance aux agents chimiques.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de commutateurs de niveau optiques.

Tableau A4.13 – Fabricants représentatifs de commutateurs de niveau optiques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	OLS series	70 \$, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	OPT series	Non publié

## Substitut 4. Commutateur de conductivité

### Aperçu du produit

Les commutateurs de conductivité à flotteur sont munis d'électrodes qui permettent de mesurer la conductivité d'un liquide et, par conséquent, de détecter la présence ou l'absence de liquide. Les propriétés conductrices des liquides leur permettent de boucler un circuit électrique entre les électrodes ou entre une électrode et le réservoir métallique.

Les commutateurs de conductivité ne comportent pas de composants qui bougent et sont par conséquent très fiables. Ils sont utilisables dans des contenants ayant des équipements mobiles qui pourraient endommager d'autres types d'interrupteurs à flotteur. Ils peuvent détecter aussi la présence de différents types de liquide. Par exemple, ils peuvent détecter la présence de gaz, de matières grasses et de gasoil dans les eaux de cale, dans des applications pouvant déclencher l'arrêt automatique des pompes. Comme inconvénient, les commutateurs de conductivité à flotteur ne fonctionnent bien que dans un milieu liquide conducteur.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de commutateurs de conductivité.

Tableau A4.14 – Fabricants représentatifs de commutateurs de conductivité

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DPL110	\$345, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	NES, NEK series	Non publié
Nivelco Process Control Co.	Budapest (Hongrie)	<a href="http://www.nivelco.com">www.nivelco.com</a>	NivoCont series	Non publié

### Substitut 5. Commutateur de niveau sonique/ultrasonique

#### Aperçu du produit

Les interrupteurs à flotteur soniques/ultrasoniques fonctionnent au moyen d'un capteur contenant un cristal piézoélectrique qui produit des oscillations permettant de mesurer le niveau d'un liquide par la fréquence oscillatoire. Ces interrupteurs offrent un haut degré de précision et peuvent être utilisés pour des liquides non conducteurs et très visqueux. Par ailleurs, ils peuvent être démontés rapidement pour être nettoyés, selon les prescriptions en vigueur dans l'industrie des aliments, des breuvages et des produits pharmaceutiques. Comme inconvénient, ils nécessitent un montage ou une fixation rigide pour bien fonctionner.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de commutateurs de niveau soniques/ultrasoniques.

Tableau A4.15 – Fabricants représentatifs commutateurs de niveau soniques/ultrasoniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	MULS Series	\$180 (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
MJK Automation	Naerum (Danemark)	<a href="http://www.mjk.com">www.mjk.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Siemens	Munich (Allemagne)	<a href="http://w1.siemens.com">w1.siemens.com</a>	ULS series	\$700 (L172)
SOR Inc.	Lenex, Kansas (Etats-Unis)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	701 series	Non publié

### Sélecteurs de température (thermocontacts)

Les sélecteurs de température convertissent les variations de température en une fonction de commutation électrique. Ils sont munis d'un capteur thermosensible pouvant activer un microinterrupteur ou un interrupteur à mercure, à semi-conducteurs ou à ressort. Les thermocouples, les thermistors, les circuits intégrés et les détecteurs de température à résistance sont des exemples de capteurs de température couramment utilisés dans les sélecteurs de température.

Le sélecteur de température est un composant polyvalent entrant dans la réalisation de centaines de produits et d'applications concernant la surveillance et le contrôle de la température. Il peut être soit incorporé dans les produits (chauffe-plats, chaudières à eau chaude, etc.), soit acheté séparément comme composant à utiliser dans une application adaptée aux besoins du consommateur (presses à injection, par exemple). D'autres exemples de produits et d'applications utilisant des sélecteurs de température comprennent les appareils de réfrigération, le matériel de ventilation, les systèmes d'alarme, les génératrices, les convoyeurs, les moteurs, les presses, les mélangeurs, les appareils électroménagers et les distributeurs automatiques.

### Sélecteur de température à mercure

#### Aperçu du produit

Le sélecteur de température est muni d'un capteur thermosensible qui active un commutateur à mercure. Le commutateur thermosensible utilisé peut être un couple thermique, un détecteur de température à résistance ou un manomètre à tube de Bourdon.

Le sélecteur de température à mercure est très fiable et très durable parce qu'il comporte un nombre réduit de composants et ne subit pas de décharges électrostatiques. Des essais ont montré que sa durée de vie utile se situerait au-delà d'un million de cycles. Ce type de sélecteur, au fonctionnement silencieux, peut supporter des charges inductives très élevées. Cependant, le mercure qu'il contient est un inconvénient pour bon nombre d'applications, notamment pour l'industrie des aliments et des breuvages. La teneur en mercure déclarée à l'IMERC par les fabricants de sélecteurs de température est supérieure à 1 000 milligrammes.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique un fabricant représentatif de sélecteurs de température à mercure.

Tableau A4.16 – Fabricants représentatifs de sélecteurs de température à mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	M51 Series	\$258, (Dwyer)

## Substitut 1. Sélecteur de température mécanique

### Aperçu du produit

Les sélecteurs de température mécaniques sont munis d'un capteur thermosensible qui active un commutateur mécanique. Le commutateur thermosensible utilisé peut être un thermocouple, une ampoule et des capillaires, un détecteur de température à résistance ou un manomètre à tube de Bourdon.

Les sélecteurs de température mécaniques se caractérisent par un haut degré de fiabilité, une longue durée de vie utile et la capacité de supporter des charges inductives élevées. Leur fiabilité et leur précision dépendent dans une large mesure du type de capteur utilisé. Leur niveau de fonctionnalité est semblable à celui des sélecteurs à mercure.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de sélecteurs de température mécaniques.

Tableau A4.17 – Fabricants représentatifs de sélecteurs de température mécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA7035	\$345, (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	TBS Series	Non publié
SOR Inc.	Lenex, Kansas (Etats-Unis)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	NN and RN Series	Non publié
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (Etats-Unis)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	100 Series	Non publié

## Substitut 2. Sélecteur de température à semi-conducteurs

### Aperçu du produit

Les sélecteurs de température à semi-conducteurs sont munis de thermistors à coefficient de température, de détecteurs de température à résistance ou de circuits intégrés qui permettent de capter la température, en utilisant un semi-conducteur pour la commutation. Ils offrent un haut degré de précision, de répétabilité et de fiabilité, par rapport aux sélecteurs mécaniques ou à mercure. Ils consomment peu d'énergie, mais leur coût initial est souvent plus élevé que celui des sélecteurs mécaniques ou à mercure.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de sélecteur de température à semi-conducteurs.

Tableau A4.18 – Fabricants représentatifs de sélecteurs de température à semi-conducteurs

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	TDD Series	Non publié
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (Etats-Unis)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	One Series	Non publié

## Pressostat

Les pressostats convertissent les variations de pression en une fonction de commutation électrique, les variations pouvant être mesurées en termes de pression, de vide ou de différence entre deux pressions à l'entrée. Ils sont munis d'un capteur de pression pouvant activer un interrupteur mécanique, un interrupteur à mercure ou un transistor. Les types de capteurs utilisés dans les pressostats comprennent les diaphragmes, les pistons, les soufflets et les circuits imprimés souples.

Le pressostat est un composant polyvalent entrant dans la réalisation de centaines de produits et d'applications concernant la surveillance et le contrôle, notamment dans des domaines tels que le chauffage, la ventilation, la climatisation, l'industrie, la médecine, l'automobile, les appareils ménagers et les dispositifs de sécurité.

## Pressostat à mercure

### Aperçu du produit

Les pressostats mécaniques sont souvent munis d'un capteur de pression de type piston, diaphragme ou soufflet servant à activer le commutateur à mercure. Ils ont l'avantage d'être très fiables et très durables parce qu'ils comportent un nombre réduit de composants et ne subissent pas de décharges électrostatiques. Des essais ont montré que leur durée de vie utile se situerait au-delà d'un million de cycles. Ce type d'interrupteur, au fonctionnement silencieux, peut supporter des charges inductives très élevées. Cependant, le fait qu'il contienne du mercure qui est une substance chimique toxique est un inconvénient pour bon nombre d'applications, notamment pour l'industrie des aliments et des breuvages. Le rapport du Conseil nordique des ministres indique que le prix des substituts sans mercure est très proche de celui des pressostats contenant du mercure (Maag, 2007). Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de pressostats se situent au-delà de 1 000 milligrammes (NEWMOA, 2008).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique un fabricant représentatif de pressostats à mercure.

Tableau A4.19 – Fabricant représentatif de pressostats à mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA31	\$212, (Dwyer)

## Substitut 1. Pressostat mécanique

### Aperçu du produit

Les pressostats mécaniques sont munis d'un piston, d'un diaphragme ou d'un soufflet servant de détecteur de pression. Le pressostat mécanique peut être enclenché soit directement, soit au moyen d'une tige-poussoir, d'un levier ou d'un ressort de compression utilisé pour activer un microinterrupteur à ressort.

Les pressostats mécaniques ont un haut degré de fiabilité et une longue durée de vie utile. Ils peuvent être aussi d'un degré de précision élevé si le mécanisme utilisé est un capteur de pression de type diaphragme. Ils peuvent aussi offrir une bonne résistance aux impacts et aux vibrations lorsqu'ils sont munis d'un diaphragme et d'une rondelle Belleville.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de pressostats mécaniques.

Tableau A4.20 – Fabricants représentatifs de pressostats mécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Dwyer Instruments, Inc.	Michigan City, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.dwyer-inst.com">www.dwyer-inst.com</a>	DA7031	199 \$ (Dwyer)
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	KPH Series	Non publié
Schneider Electric (Square D)	Cedex (France)	<a href="http://www.schneider-electric.com">www.schneider-electric.com</a>	9013 Series	57 \$ - 315 \$ (Schneider)
Tecmor Corporation	Mentor, Ohio (Etats-Unis)	<a href="http://www.tecmarkcorp.com">www.tecmarkcorp.com</a>	Series 3000P	Non publié
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (Etats-Unis)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	100 Series	Non publié

## Substitut 2. Pressostat à semi-conducteurs

### Aperçu du produit

Les pressostats à semi-conducteurs contiennent un ou deux capteurs de pression de jauge de contrainte, un émetteur et un ou plusieurs commutateurs. En plus d'activer le circuit de commutation, ils peuvent fournir des sorties analogiques ou numériques proportionnelles. Les capteurs de pression utilisés sont souvent des capteurs en silicium à élément piézorésistif diffusé ou des jauges de contrainte à couche mince. Un microprocesseur est utilisé pour traiter l'information fournie par le capteur de la jauge afin d'activer l'élément commutateur, qui est en général un transistor. Les capteurs de pression à semi-conducteurs peuvent être conçus avec un pavé numérique et un système d'affichage incorporés, pour simplifier la mise au point et les réglages successifs sur le terrain.

Les pressostats à semi-conducteurs comportent un degré de précision supérieur à celui des modèles mécaniques. A la charge nominale, leur durée de vie relativement longue peut atteindre 10 millions de cycles ou davantage. Ils offrent aussi la possibilité de réglage du point de consigne ou de la zone morte. Cependant, leur utilisation est habituellement limitée aux applications nécessitant du courant direct de faible intensité. Ils peuvent être endommagés par les températures élevées et les surpressions transitoires.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de pressostats à semi-conducteurs.

Tableau A4.21 – Fabricants représentatifs de pressostats à semi-conducteurs

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix
Kobold Messring GmbH	Taunus (Allemagne)	<a href="http://www.kobold.com">www.kobold.com</a>	PDD Series	Non publié
Schneider Electric (Square D)	Cedex (France)	<a href="http://www.schneider-electric.com">www.schneider-electric.com</a>	XML Series	362 \$ - 460 \$ (Schneider)
SOR Inc.	Lenex, Kansas (Etats-Unis)	<a href="http://www.sorinc.com">www.sorinc.com</a>	SGT Series	Non publié
United Electric Controls	Watertown, Massachusetts (Etats-Unis)	<a href="http://www.ueonline.com">www.ueonline.com</a>	One Series	Non publié

### A.4.b Relais

Les relais sont des dispositifs à commande électrique qui ouvrent et ferment les contacts électriques pour assurer le fonctionnement d'autres dispositifs dans un même circuit ou dans d'autres circuits électriques. Ils sont souvent utilisés pour la commutation de fortes charges en fournissant des charges relativement réduites à un circuit de commande. Ces dispositifs polyvalents utilisables dans la composition de centaines de produits et d'applications peuvent être soit incorporés dans un produit, soit achetés séparément comme composants à utiliser dans une application adaptée aux besoins du consommateur. Le tableau qui suit présente quelques exemples de produits et d'applications qui utilisent des relais.

Tableau A4.22 – Applications des relais

Type d'application	Exemples
Domaine industriel	Vérificateurs de câbles, multimètres, presses à injection, fours, polymérisation de l'encre, moulage sous vide, systèmes de brasage, traitement de semi-conducteur, automates programmables, etc.
Domaine aérospatial	Interrupteurs généraux d'alimentation, systèmes de commande de moteur, commutateurs pour courant de forte intensité, tableaux de bord, interrupteur de génératrice, régulateurs d'alternateur, commutateurs d'antenne, sélecteurs de canaux, etc.
Domaine alimentaire	Traitement des aliments, friteuses, fours à pizza, étuves, grils électriques, lave-vaisselle, etc.
Domaine médical	Matériel chirurgical, commandes d'appareil de radiographie, système de gestion de l'énergie, éclairage des salles d'opération, etc.
Télécommunications	Commutation téléphonique, panneaux d'essai, cartes de télécommunication à circuit intégré, interrupteurs de chargement, stations radio fixes, mise en marche par prise de terre, cartes entrée/sortie, panneaux de commande centralisés, commutateurs d'antenne, test de boucle de courant, etc.

## Relais à déplacement de mercure

### Aperçu du produit

Le relais à déplacement de mercure est muni d'un dispositif à plongeur métallique qui provoque le déplacement du mercure. Le plongeur, très léger, flotte au-dessus du mercure. Sa surface étant aimantée, il peut être attiré dans la masse de mercure en présence d'un champ magnétique. Les relais à déplacement de mercure sont souvent utilisés dans des applications nécessitant des courants électriques de haute intensité et de forte densité, tels que les systèmes de contrôle des procédés industriels et les commutateurs d'alimentation en énergie électrique.

Les relais à déplacement de mercure ont un temps de cycle potentiel plus rapide que celui des relais mécaniques, ainsi qu'une faible résistance de contact. Ils sont particulièrement silencieux et durables du fait qu'ils comportent un seul élément qui bouge. Leur durée de vie se situe en moyenne entre un et dix millions de cycles. Ils doivent être montés suivant une orientation spécifique pour pouvoir fonctionner efficacement. En cas d'éclatement, ils constitueraient des déchets dangereux s'il y a eu un échauffement excessif dû à un cycle élevé ou à un court-circuit de la charge. Le rapport du Conseil nordique des ministres indique que le prix des substituts sans mercure est très proche de celui des relais à déplacement de mercure (Maag, 2007).

La quantité de mercure utilisée dans les relais à déplacement peut varier considérablement selon le nombre de pôles, le calibre du relais, les caractéristiques d'impédance et d'autres facteurs. Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de ce type de relais se situent dans une fourchette supérieure à 1 000 milligrammes (NEWMOA, 2008). Le Canada est cité dans l'Outil spécialisé du PNUE comme exemple de pays où les relais à déplacement peuvent contenir jusqu'à 400 grammes de mercure.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de relais à déplacement de mercure.

Tableau A4.23 – Fabricants représentatifs de relais à déplacement de mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Electronic Components, Inc.	Elkhart, Indiana (Etats-Unis)	<a href="http://www.aecensors.com">www.aecensors.com</a>	DURA Series	44 \$ - 82 \$ (MOR)
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	HGR Series	Non publié
Mercury Displacement Industries Inc.	Edwardsburg, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	Plusieurs modèles	Non publié
Tempco Electric Heater Corporation	Wood Dale, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.tempco.com">www.tempco.com</a>	RLY Series	34 \$ - 362 \$ (Tempco)

## Relais à anches mouillés au mercure

### Aperçu du produit

Le relais mouillé à anches possède les caractéristiques d'un relais électromécanique qui utilise un interrupteur à anches scellé hermétiquement. Il comporte une ampoule de verre dont la base trempe dans un bassin de mercure tandis que l'autre extrémité peut se déplacer d'un contact à l'autre. Le mercure remonte par ascension capillaire pour mouiller la surface de contact de l'anche et les contacts fixes. Les relais mouillés au mercure sont des commandes de circuit de taille réduite utilisées habituellement dans les appareils électroniques pour assurer des fonctions de commutation ou d'acheminement de signaux. Ils sont souvent utilisés pour des applications telles que les systèmes d'essai, d'étalonnage et de mesure.

Les relais magnétiques à lames souples ont une durée de vie évaluée à plus d'un milliard de cycles. Leur temps de cycle exprimé en millièmes de seconde montre qu'ils sont plus lents que les relais à semi-conducteurs, mais bien plus rapide que les autres relais électromécaniques, ce qui signifie qu'ils peuvent être utilisés dans des applications à grande vitesse de commutation. Par rapport aux relais à contacts secs, les relais à contacts humides comportent des avantages tels que l'absence de rebondissement de contact, la longue durée de vie et la faible résistance de contact. Le rapport du Conseil nordique des ministres indique que le prix des substituts sans mercure est très proche de celui des relais à contacts mouillés au mercure (Maag, 2007).



Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de relais à contacts mouillés au mercure se situent dans les fourchettes suivantes : 10 mg – 50 mg, 50 mg – 100 mg, 100 mg – 1 000 mg, et plus de 1 000 milligrammes. Le Danemark est cité dans l'Outil spécialisé du PNUE comme exemple de pays où les relais à mercure utilisés pour des applications électroniques peuvent contenir 0,001 à 0,01 gramme de mercure par relais (PNUE, 2005).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de relais à anches mouillés au mercure.

Tableau A4.24 – Fabricants représentatifs de relais à anches mouillés au mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Relays, Inc.	S. F. Springs, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.americanrelays.com">www.americanrelays.com</a>	Nombreux modèles à cadre ouvert ou axiaux	Non publié
Computer Components, Inc.	East Granby, Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.relays-unlimited.com">www.relays-unlimited.com</a>	Nombreux modèles	Non publié

### Substitut 1. Relais magnétiques à lames souples

#### Aperçu du produit

Les relais magnétiques à lames souples consistent en une paire de lames aplaties dans un tube de verre hermétiquement scellé sous atmosphère contrôlée. Ils servent habituellement de commandes pour les circuits de taille réduite utilisés dans les tableaux de connexions imprimés. Ils sont souvent utilisés pour des applications telles que les systèmes d'essai, d'étalonnage et de mesure.

Les relais magnétiques à lames souples ont une longue durée de vie utile, un temps de cycle rapide et l'aptitude à fonctionner normalement dans toutes les positions. Ils subissent les mêmes effets des interférences électromagnétiques que les relais mouillés au mercure et leur exposition à une haute tension peut provoquer la soudure des contacts entre eux. Cependant, les relais à lames souples ont une durée de vie utile plus courte que celle des relais à lames mouillés au mercure.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de relais à lames souples.

Tableau A4.25 – Fabricants représentatifs de relais à lames souples

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
American Relays, Inc.	S.F. Springs, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.americanrelays.com">www.americanrelays.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Celduc Relais	Sorbiers (France)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	D31, D32, and D71 series	Non publié
Computer Components, Inc.	East Granby, Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.relays-unlimited.com">www.relays-unlimited.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
Magnecraft	Northfield, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.magnecraft.com">www.magnecraft.com</a>	528 Series	2 \$- 35 \$ (Mouser)
Meder Electronic, Inc.	Wareham, Massachusetts (Etats-Unis)	<a href="http://www.meder.com">www.meder.com</a>	Nombreux modèles	Non publié
NTE Electronics, Inc.	Bloomfield, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.nteinc.com">www.nteinc.com</a>	R42, R44, R56, and R57 Series	Non publié

## Substitut 2. Autres relais électromécaniques

### Aperçu des produits

Il existe plusieurs catégories de relais électromécaniques, notamment les relais à déplacement de mercure, les relais mouillés au mercure et les relais à lames souples. La présente section est consacrée aux autres relais électromécaniques, qui comprennent le relais universel, les relais spéciaux, le relais contacteur ou le relais pour circuit imprimé. Ce sont des dispositifs mus par voie électromagnétique, grâce au flux magnétique généré par le passage du courant électrique dans une bobine. Le flux magnétique actionne ensuite un induit qui ouvre et ferme les contacts électriques.

Ces autres relais électromagnétiques sont souvent choisis soit en raison de leur faible coût initial, soit en cas de présence probable d'une interférence électrique, soit encore lorsque la dissipation de la chaleur est nécessaire. En général ils s'usent entièrement au bout de quelques centaines de milliers de cycles, ce qui représente une vie utile plus courte que celle des relais à mercure ou à semi-conducteurs. Ils ont aussi un temps de cycle lent et assurent un contrôle limité du matériel.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'autres relais électromécaniques.

Tableau A4.26 – Fabricants représentatifs d'autres relais électromécaniques

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Carlo Gavazzi	Steinhausen (Suisse)	<a href="http://www.carlogavazzi.com">www.carlogavazzi.com</a>	RCP Series	Non publié
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	CONT Series	Non publié
Hongfa	Jimei (Chine)	<a href="http://www.hongfa.com">www.hongfa.com</a>	HF Series	Non publié
IDEC	Osaka (Japon)	<a href="http://www.idec.com">www.idec.com</a>	RY2S	9 \$, (Newark)
Omron Electronics	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	MY2IN	7 \$ (Drillspot)
Tyco Electronics (Potter & Brumfield)	Berwyn, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.tycoelectronics.com">www.tycoelectronics.com</a>	KRP	46 \$ (Newark)

## Substitut 3. Relais à semi-conducteurs

### Aperçu du produit

Les relais statiques fonctionnent à l'aide de semi-conducteurs, dispositifs électroniques de commutation pouvant alimenter un circuit de charge sans utilisation de contacts mécaniques. Ces relais contiennent un circuit d'entrée, un circuit optocoupleur et un circuit de sortie. Ils comportent des caractéristiques favorables telles qu'une très longue durée de vie utile, l'insensibilité aux interférences électromagnétiques, la faible consommation d'énergie, la célérité, les signaux de commande de faible puissance, le faible encombrement et l'intégration multifonctions. En outre, ils sont très résistants aux impacts physiques, aux vibrations et aux dégâts.

Certains relais statiques utilisent des thyristors au silicium comme commutateurs pouvant rapidement brancher ou débrancher l'alimentation électrique dans diverses applications. Ces redresseurs consistent en quatre couches de matériaux semi-conducteurs. Ce sont des commutateurs extrêmement rapides dont le temps de cycle s'évalue en millièmes de seconde. Entre autres avantages, ils offrent un temps de réponse amélioré, un processus de régulation rigoureux et une longue durée de vie du matériel régulé.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de relais à semi-conducteurs.

Tableau A4.27 – Fabricants représentatifs de relais à semi-conducteurs

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Carlo Gavazzi	Steinhausen (Suisse)	<a href="http://www.carlogavazzi.com">www.carlogavazzi.com</a>	RHS, RP, RX, RS, and RD Series	Non publié
Celduc Relais	Sorbiers (France)	<a href="http://www.celducrelais.com">www.celducrelais.com</a>	SC, SLA, SPA, XK, and SK Series	Non publié

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Chromalox	Pittsburgh, Pennsylvanie (Etats-Unis)	<a href="http://www.chromalox.com">www.chromalox.com</a>	SSR Series	Non publié
Comus	Tongeren (Belgique)	<a href="http://www.comus-intl.com">www.comus-intl.com</a>	WG Series	Non publié
Crouzet Automatismes	Valence (France)	<a href="http://www.crouzet.com">www.crouzet.com</a>	GNR Series	40 \$ - 155 \$ (Mouser)
Crydom SSR Ltd.	Dorset (Royaume-Uni)	<a href="http://www.crydom.com">www.crydom.com</a>	CMX Series	20 \$ - 27 \$ (Mouser)
Hongfa	Jimei (Chine)	<a href="http://www.hongfa.com">www.hongfa.com</a>	HFS Series	
Magnecraft	Northfield, Illinois (Etats-Unis)	<a href="http://www.magnecraft.com">www.magnecraft.com</a>	W, Series	17 \$ - 61 \$ Mouser)
Mercury Displacement Industries	Edwardsburg, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.mdius.com">www.mdius.com</a>	SS20AE	30 \$ (MDI)
NTE Electronics, Inc.	Bloomfield, New Jersey (Etats-Unis)	<a href="http://www.nteinc.com">www.nteinc.com</a>	RS Series	Non publié
Omron	Kyoto (Japon)	<a href="http://www.omron.com">www.omron.com</a>	G3M Series	3 \$ - 9 \$ (Mouser)
Temp Inc.	Fairmont, Virginie-Occidentale (Etats-Unis)	<a href="http://www.temp-inc.com">www.temp-inc.com</a>	SE Series	21 \$ - 96 \$ (Temp)

#### Substitut 4. Relais hybrides (électromécaniques et à semi-conducteurs)

##### Aperçu du produit

Les relais hybrides allient la technologie des relais électromécaniques à celle des relais à semi-conducteurs. Commandée par un microprocesseur, leur commutation utilise à la fois des éléments semi-conducteurs et des contacts électromécaniques. Ces relais sont conçus pour brancher et débrancher l'alimentation électrique dans un large éventail d'applications, dont le chauffage, la ventilation, la climatisation et l'éclairage.

Les relais hybrides sont exempts d'échauffements internes dus au passage du courant électrique dans les composants électroniques, ce qui élimine la nécessité d'y intégrer des drains thermiques et permet en même temps de réduire les dimensions du relais. Ils ont une longue durée de vie, qui va souvent au-delà de 5 millions de cycles. Leur fonctionnement silencieux permet de les utiliser sans inconvénient dans des endroits sensibles au bruit.

##### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de relais hybrides.

Tableau A4.28 – Fabricants représentatifs de relais hybrides

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Crouzet Automatismes	Valence (France)	<a href="http://www.crouzet.com">www.crouzet.com</a>	RHP	47 \$ (Newark)
Watlow Electronic Manufacturing	St. Louis, Missouri (Etats-Unis)	<a href="http://www.watlow.com">www.watlow.com</a>	E-Safe Relay	Non publié

#### Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour la fabrication de dispositifs électriques et électroniques – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure. Dix pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande de mercure pour la fabrication de dispositifs électrique et électroniques. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 46,9 tonnes par an, quatre pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application.

Tableau A4.29 – Demande de mercure pour la fabrication de dispositifs électriques et électroniques (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Etats-Unis	Demande d'informations	46,9 (2004)
Philippines	Outil spécialisé	11,97 (1,77 – 22,17)
Chili	Outil spécialisé	2,196 (0,325 - 4,067)
Royaume-Uni	Demande d'informations	1 (2005)
Canada	Autres sources	0,772
Slovénie	Demande d'informations	0,0022 (< 0,001 – 0,004)
Japon	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0
Suède	Demande d'informations	0

Les niveaux de la demande de mercure par personne se répartissent en trois groupes distincts comme suit :

1. Les Etats-Unis ont déclaré une demande de mercure correspondant à 0,155 gramme par personne par an, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que ce pays fabrique des interrupteurs et des relais à mercure. Des fabricants représentatifs ont été identifiés aux Etats-Unis en ce qui concerne les produits contenant du mercure tels que les interrupteurs à bascule ou à flotteur, les sélecteurs de température, les pressostats et les relais à déplacement ou à contacts humides.
2. Les Philippines et le Chili ont déclaré des niveaux correspondant aux deuxième et troisième rangs pour la demande de mercure par personne par an, soit 0,135 g et 0,132 g, respectivement. Ces niveaux très élevés pourraient s'expliquer par les hypothèses retenues dans le cadre de l'application de l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure. Les éléments de calcul utilisés pour arriver à ces estimations sont présentés ci-dessous.
3. Les huit autres pays ont déclaré une demande annuelle de mercure par personne inférieure ou égale à 0,023 gramme.

L'Outil spécialisé du PNUE recommande la collecte de données réelles sur les quantités de mercure contenues dans les différents types d'interrupteurs et de relais utilisés. Cependant, si une telle information n'est pas disponible, le facteur d'intrant par défaut à utiliser pour déterminer cette consommation totale est le suivant :

Facteur d'intrant : 0,02 à 0,250 gramme de mercure par habitant par an.

La Chine a multiplié ce facteur d'intrant par 16 267 278 (habitants), tandis que les Philippines l'ont multiplié par 88 700 000 (habitants).

Un rapport établi par l'Association des responsables de la gestion des déchets du Nord-Ouest (NEWMOA) fournit une ventilation des dispositifs électriques et électroniques vendus aux Etats-Unis en 2004. Cette information donne une idée des quantités relatives de mercure utilisées pour la fabrication de tels dispositifs rien qu'aux Etats-Unis. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau qui suit (NEWMOA, 2008).

Tableau A4.30 – Mercure vendu dans des dispositifs électriques et électroniques aux Etats-Unis (2004)

Catégorie de produits	Mercure vendu aux Etats-Unis (en tonnes)	Pourcentage de tous les instruments de mesure et de contrôle
Relais	16,91	36,4 %
Interrupteurs à bascule	3,25	7 %
Interrupteurs à flotteur	6,31	13,6 %
Autres types d'interrupteur (à lames, à vibration, détecteurs de flammes, etc.)	19,97	43,0 %
Total	46,44	100 %

## Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer les dispositifs électriques et électroniques contenant du mercure par les substituts disponibles. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE, ainsi que du processus de l'Outil spécialisé ou d'autres sources d'information. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau A4.31 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Danemark	Demande d'informations	Le Danemark n'a pas connu de difficultés dues à l'interdiction des produits contenant du mercure. La première version de ce texte réglementaire date de 1998.
Iran	Demande d'informations	Un niveau de substitution « 1 – 2 » a été indiqué pour les interrupteurs et les relais. Les interrupteurs et autres pièces électroniques de véhicules hors d'usage sont recyclés.
Japon	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.
Pays-Bas	Demande d'informations	Expérience positive. Il est interdit depuis 1998 de vendre des produits contenant du mercure sur le marché local. L'interdiction imposée par la directive RoFS de l'Union européenne est venue renforcer cette mesure.
Norvège	Demande d'informations	L'utilisation de produits contenant du mercure est strictement interdite en Norvège à compter de janvier 2008.
Slovénie	Demande d'informations	La Slovénie ne fabrique pas d'interrupteurs et relais contenant du mercure.
Suède	Demande d'informations	Selon la directive RoHS de la CE sur l'utilisation de substances dangereuses, la vente de dispositifs électriques et électroniques contenant du mercure est interdite sur le marché de l'Union européenne. Expérience positive de la transition technologique. Une interdiction générale frappait déjà ces produits depuis 1993. Aucun problème d'ordre économique n'a été signalé quant à l'application de cette mesure.
Suisse	Demande d'informations	Les produits contenant du mercure sont interdits, et l'usage du mercure est autorisé uniquement pour les instruments de surveillance et de contrôle et les dispositifs médicaux de laboratoire.

Tableau A4.32 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Chili	Demande d'informations	Expérience négative. Les techniques de substitution n'ont pas été diffusées et le coût des substituts sans mercure est plus élevé.

Tableau A4.33 – Pays ayant déclaré le niveau de substitution « 0 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 0 » - Substituts non disponibles
Panama	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau A4.34 – Pays n'ayant pas fourni de réponse pour le niveau de substitution dans ce domaine

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Canada	Autres sources	Le coût et l'efficacité des substituts aux interrupteurs et relais contenant du mercure varient selon les modèles, bien que des solutions de rechange viables soient disponibles pour la plupart des applications.
Etats-Unis	Demande d'informations	Expérience positive. Les interrupteurs et relais de substitution sont fiables et d'un coût abordable. Certains Etats ont interdit les ventes d'interrupteurs et de relais à mercure.

Sept pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour les dispositifs électriques et électroniques et un pays, l'Iran, a déclaré un niveau « 1 - 2 ». Six des sept pays de niveau 2 sont des pays européens, trois d'entre eux (Danemark, Pays-Bas et Suède) ayant imposé des interdictions sur certains équipements électriques et électroniques dans les années 1990. Par ailleurs, en février 2003, l'Union européenne a adopté la directive (2002/95/EC) dite RoHS restreignant l'utilisation du mercure et de cinq autres substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques. Cet instrument, qui couvre les équipements électriques et électroniques mis en vente sur le marché à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2006, constitue un élément d'incitation supplémentaire à la réduction de l'utilisation du mercure dans les dispositifs électriques et électroniques vendus en Europe.

Le Chili est le seul pays à avoir déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 » pour les dispositifs électriques et électroniques, tout en signalant le coût plus élevé des substituts sans mercure.

### Récapitulatif – Dispositifs électriques et électroniques

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de dix pays à la Demande d'informations, pour ce qui est du niveau de remplacement des dispositifs électriques et électroniques contenant du mercure

Tableau A4.35. Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	7	70 %
1 - 2	1	10 %
1	1	10 %
0	1	10 %

Plus de 50 % des réponses à la Demande d'informations concernant les dispositifs électriques et électroniques ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » et indiqué qu'il n'y a pas eu d'expériences négatives concernant l'utilisation des substituts. Cela montre qu'il existe effectivement des substituts qui sont couramment utilisés dans la majorité des pays ayant fourni des données sur la demande de mercure. Par ailleurs, plus de deux pays ont déclaré une estimation de la demande de mercure égale à zéro. Par conséquent, des techniques de substitution ont été identifiées et la transition vers l'usage de substituts a été couronnée de succès dans ces pays en ce qui concerne les dispositifs électriques et électroniques.

Tableau A4.36 – Récapitulatif du processus de substitution pour les dispositifs électriques et électroniques

Dispositifs électriques et électroniques	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Interrupteur à bascule	Oui	Succès avéré de la transition
Interrupteur à flotteur	Oui	Succès avéré de la transition
Sélecteur de température	Oui	Succès avéré de la transition
Pressostat	Oui	Succès avéré de la transition
Relais à déplacement de mercure	Oui	Succès avéré de la transition
Relais à contacts mouillés au mercure	Oui	Succès avéré de la transition

## A.5 Lampes/Eclairage

L'une des caractéristiques propres au mercure est la possibilité d'émettre de la lumière en faisant passer un courant électrique dans de la vapeur de mercure. Cette méthode efficace de production de lumière est utilisée dans divers types de lampe tels que les lampes fluorescentes, les lampes à décharge à haute intensité et certaines lampes au néon. Ces lampes contenant du mercure sont utilisées pour un large éventail d'applications : éclairage résidentiel, commercial ou industriel, éclairage extérieur et éclairage des voies publiques, phares d'automobiles, affichages à cristaux liquides éclairés à l'arrière plan, etc.

### Lampes fluorescentes linéaires

#### Aperçu du produit

Les lampes fluorescentes linéaires utilisent des tubes de verre revêtus d'une couche de phosphore à l'intérieur et contenant de la vapeur de mercure et des électrodes à chaque extrémité. Le passage d'un courant électrique dans la vapeur de mercure excite les atomes de mercure et fait apparaître une lumière ultraviolette. Celle-ci provoque à son tour la fluorescence du phosphore et produit une lumière visible.

Les lampes fluorescentes linéaires sont disponibles en divers diamètres, longueurs et puissances lumineuses. Elles peuvent être linéaires, circulaires ou recourbées en U. Elles servent à l'illumination générale et à des applications spécialisées telles que les lampes tannantes, les lumières invisibles et les lampes germicides. Elles sont disponibles en plusieurs températures de couleur : blanc chaud, blanc froid et blanc lumière du jour. La présente section porte spécifiquement sur les lampes fluorescentes linéaires droites et les substituts sans mercure utilisés pour l'éclairage général.

Comme principal avantage, les lampes fluorescentes linéaires ont un rendement énergétique très élevé par rapport aux autres types, ce qui signifie que toute quantité d'énergie utilisée produit plus de lumière utilisable et moins de chaleur. Les lampes fluorescentes ont une durée de vie supérieure à celle des lampes à incandescence, soit en moyenne 10 000 à 20 000 heures, contre seulement 750 à 1 500 heures pour les lampes à incandescence.

Les lampes fluorescentes linéaires comportent plusieurs inconvénients : elles contiennent du mercure et doivent par conséquent être recyclées et traitées avec précaution lorsqu'elles se brisent; elles émettent parfois une lumière qui scintille et dont la qualité n'est pas adaptée à certaines applications. Les températures froides réduisent leur puissance de sortie. Leur intensité lumineuse n'est pas réglable et les commutations fréquentes peuvent écourter leur durée de vie.

Les teneurs en mercure des lampes fluorescentes communiquées par les fabricants au Centre d'échange inter-Etats pour les programmes de sensibilisation et de réduction relatifs au mercure (IMERC) se situent dans des fourchettes comprises entre : 0 et 5 milligrammes, 5 et 10 milligrammes, 10 et 50 milligrammes, et 50 et 100 milligrammes. Un rapport publié en 2008 par l'Association des responsables de la gestion des déchets du Nord-Ouest (NEWMOA) indique que la teneur moyenne en mercure d'une lampe de 130 centimètres était de 8 milligrammes en 2001. En moyenne, la teneur en mercure des lampes spécialisées dépasse d'au moins 50 % celle des lampes d'éclairage général de taille équivalente.

Un rapport établi en 2007 par le National Resources Defense Council (NRDC) sur la consommation de mercure dans l'industrie de l'éclairage en Chine indique qu'en 2005 la production de lampes fluorescentes linéaires a nécessité en moyenne 40 milligrammes de mercure par lampe (NRDC, 2007).

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes fluorescentes linéaires.

Tableau A5.1 – Fabricants représentatifs de lampes fluorescentes linéaires

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
General Electric Company	Connecticut (Etats-Unis).	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	14811 F40SPX41/RS/WM 34 Watt, 48 inch, T12 Cool White, Medium Bi-pin Base, Life: 20000 Hours.	5,69 \$ ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	24588 F40CW/SS 34 Watt, 48 inch, T12 Cool White, Medium Bi-pin Base, Life: 20000 Hours.	5,69 \$ ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Royal Philips	Pays-Bas	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	F34T12/841/EW/ALTO	3,49 \$

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Electronics			34 Watt, 48 inch, T12 Cool White, Medium Bi-pin Base.	( <a href="http://bulbs.com">bulbs.com</a> )

## Substitut 1. Lampes linéaires à diode électroluminescente (LED)

### Aperçu du produit

La lampe à diode électroluminescente (LED) est une technique d'éclairage relativement récente conçue comme substitut à la lampe fluorescente linéaire. Les diodes électroluminescentes sont des dispositifs à semi-conducteurs qui émettent une lumière lorsqu'un courant électrique les traverse. Les lampes LED linéaires utilisent une série de diodes disposées dans un tube dont la taille correspond à celle d'une lampe fluorescente linéaire équivalente.

Les lampes LED linéaires comportent plusieurs avantages par rapport aux lampes fluorescentes linéaires. Elles ne contiennent pas de mercure et ne nécessitent par conséquent pas un traitement particulier lorsqu'elles sont hors d'usage. Conçues pour durer longtemps, elles ne sont pas munies d'un verre fragile comme les lampes fluorescentes ou de filaments fragiles comme les lampes à incandescence. Elles peuvent être utilisées dans des milieux à basse température sans le moindre affaiblissement de la puissance lumineuse. La lumière des lampes LED ne scintille pas comme celle de certaines lampes fluorescentes. Les lampes LED linéaires sont disponibles en différentes températures de couleur, allant du blanc chaud au blanc lumière du jour.

Les fabricants de lampes LED linéaires indiquent que l'efficacité de leurs produits est de 10 à 20 % supérieure à celle des lampes fluorescentes équivalentes, et que cette efficacité devrait s'améliorer sensiblement au cours des cinq prochaines années. Les lampes LED sont dotées de caractéristiques et d'accessoires supplémentaires tels que les systèmes d'économie d'énergie, de détection de mouvement, de télécommande, de réglage de température de couleur et d'atténuation automatique de la puissance de sortie lorsque l'intensité de la lumière naturelle s'accroît. La durabilité des diodes offre à ces lampes une durée de vie utile de 50 000 heures ou davantage. La fréquence de l'allumage et de l'extinction n'a aucune incidence sur cette durée de vie.

Les principaux inconvénients des lampes LED linéaires sont liés à leur nouveauté, leur technologie non éprouvée, leur disponibilité limitée et leur coût élevé. Du point de vue des dimensions, leur gamme relativement réduite comprend notamment des modèles de 60, 90 et 120 centimètres. Les distributeurs en ligne offrent le modèle de 60 cm à 47,60 \$ (LED Liquidators, 2008) et celui de 120 cm à 92 \$ (EdisonLED, 2008). Ces détaillants n'ayant pas indiqué les fabricants des produits, cette information n'est pas insérée dans le tableau des fabricants et produits représentatifs figurant ci-dessous.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes linéaires à diode électroluminescente.

Tableau A5.2 - Fabricants représentatifs de lampes linéaires à diode électroluminescente

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
AlbEO Technologies, Inc.	Boulder, Colorado (Etats-Unis)	<a href="http://www.albeotech.com">www.albeotech.com</a>	T8LED Troffer Retrofit Kit	Non publié
Ilumisys, Inc.	Troy, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.ilumisys.com">www.ilumisys.com</a>	MK1 Fluorescent Tube Replacement	Non publié
LEDdynamics, Inc.	Randolph, Vermont (Etats-Unis)	<a href="http://www.EverLED.com">www.EverLED.com</a>	Ever-LED TR, E25T8-48-S2, 48 inch, Warm White	149 \$ (LED dynamics)
Shenzhen Dicolor Optoelectronics Co. Ltd.	Shenzhen (Chine)	<a href="http://www.dicolor.cn">www.dicolor.cn</a>	LED Replacement Tube Light (T8 Socket, 2400LM)	Non publié

## Lampe fluorescente compacte

### Aperçu du produit

La lampe fluorescente compacte produit de la lumière en utilisant le même procédé technique que la lampe fluorescente linéaire. La différence entre les deux réside dans le fait que la lampe compacte est conçue pour se substituer directement à la lampe à incandescence, de sorte que ses dimensions et sa forme correspondent plus ou moins à celles des ampoules à incandescence. Ce résultat s'obtient en moulant le tube en verre sous forme de spirale ou en configuration recourbée. Bon nombre de lampes fluorescentes compactes ont un culot à pas de vis (de type Edison, par exemple), dans lequel est placé le ballast ou la résistance.



Les lampes fluorescentes compactes sont disponibles dans les mêmes configurations que la plupart des lampes à incandescence, notamment les formes torsadées destinées à remplacer les ampoules traditionnelles, les styles décoratifs en forme de globe et de candélabre, ainsi que les modèles de type réflecteur pour les spots et les projecteurs. Certains modèles sont conçus pour l'utilisation en plein air et d'autres sont munis de variateurs de lumière.

Les lampes fluorescentes compactes comportent la plupart des avantages qu'offre leur version linéaire. Leur consommation d'énergie représente environ 25 % de celle des lampes à incandescence équivalentes et elles dégagent sensiblement moins de chaleur que les lampes à incandescence ou à halogènes. Elles peuvent durer jusqu'à 13 fois plus longtemps que les lampes à incandescence (General Electric, 2008).

Les lampes fluorescentes compactes présentent plusieurs inconvénients. Elles contiennent du mercure et doivent par conséquent être recyclées et soumises à un traitement particulier lorsqu'elles sont endommagées. L'allumage et l'extinction à une fréquence élevée réduisent leur durée de vie. L'un des fabricants – GE Lighting – recommande de les laisser allumées pendant au moins 15 minutes avant l'extinction. Les lampes fluorescentes produisent parfois une lumière qui scintille et dont la qualité n'est pas convenable pour certaines applications. Elles ont un niveau d'éclairage réduit par temps froid. Plusieurs modèles de ces lampes sont incompatibles avec des systèmes tels que les variateurs de lumière, la minuterie électronique, la cellule photoélectrique ou le détecteur de mouvement. Il est conseillé de ne pas utiliser les lampes fluorescentes compactes dans des endroits sujets à des vibrations ou dans des conditions d'humidité élevée ou de températures extrêmes.

La teneur en mercure communiquée à l'IMERC par les fabricants se situe dans une fourchette comprise entre 0 et 50 milligrammes par lampe. Un rapport publié en 2006 par la NEWMOA indique que 66 % des lampes fluorescentes compactes vendues en 2004 par les entreprises membres de l'Association nationale des fabricants de matériels électriques (NEMA) avaient une teneur en mercure comprise entre 0 et 5 milligrammes par lampe, et que 96 % des lampes fluorescentes compactes contenaient 10 milligrammes de mercure au maximum (NEWMOA, 2006).

Un rapport établi en 2007 par le National Resources Defense Council (NRDC) sur la consommation de mercure dans l'industrie de l'éclairage en Chine indique qu'en 2005 la production de lampes fluorescentes compactes a nécessité en moyenne 8 milligrammes de mercure par lampe (NRDC, 2007).

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes fluorescentes compactes.

Tableau A5.3 – Fabricants représentatifs de lampes fluorescentes compactes

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
General Electric Company	Connecticut (Etats-Unis).	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	13 Watt Energy Smart Soft White Spiral T3 Light Bulb	12,88 \$ Package of 3 (Amazon.com)
			R-30 Flood, 15 Watt, 120 Volt, Dimmable, Life: 6,000 Hours, 60W Incandescent Equivalent	13,50 \$ (Energy Federation, Inc.)
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	CF13ELMTWSTCVP 13 Watt, 120 Volt, Warm White, Medium Base CFL	21,22 \$ Package of 12 (Amazon.com)
			BR30 Reflector Flood, 15 Watt, 120 Volt, Dimmable, Life: 6,000 Hours, 65W Incandescent Equivalent	19,75 \$ (Energy Federation, Inc.)
Royal Philips Electronics	Pays-Bas	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	EI/MDT 18W 18 Watt, 120 Volt, Warm White CFL Bulb, 75W Incandescent Equivalent, Energy Star Approved	5,49 \$ (bulbs.com)
			R40 Dimmable Marathon Flood, 20 Watt, 120 Volt, Life: 8,000 Hours	17,75 \$ (Energy Federation, Inc.)

## Substitut 1. Lampes à incandescence

### Aperçu du produit

Une ampoule à incandescence émet de la lumière lorsqu'un courant électrique la traverse à travers un mince filament de tungstène qui est ainsi chauffé à blanc. Considérées comme une technologie dépassée, les lampes à incandescence sont bien moins efficaces que les lampes fluorescentes ou électroluminescentes. Près de 90 % de l'énergie utilisée est rejetée par dégagement de chaleur.

Bien que les lampes à incandescence ne contiennent pas de mercure, leurs émissions de mercure tout au long de leur cycle de vie sont souvent supérieures à celles des lampes fluorescentes compactes équivalentes. (Ramroth, 2008). Cela est dû au fait que les centrales électriques alimentées au charbon ou à l'huile lourde libèrent du mercure en produisant de l'électricité, et que les lampes à incandescence consomment plus d'électricité que les lampes fluorescentes compactes.

La société General Electric a annoncé en février 2007 qu'elle œuvrait à la mise au point de lampes à incandescence à haut rendement énergétique, qui seraient deux à quatre fois plus efficaces que les ampoules à incandescence existantes. Elle s'attendait à ce que la nouvelle technologie soit aussi efficace que celle des lampes fluorescentes compactes, mais disponible à un prix plus bas. La qualité de la lumière et l'allumage instantané seraient assurés au même niveau que les lampes à incandescence existantes. Ces lampes à haut rendement viendraient remplacer les lampes à incandescence de 40 à 100 watts qui sont d'utilisation courante dans l'éclairage ménager. Elles devraient faire leur apparition sur le marché d'ici à 2010.

## Substitut 2. Lampes à diode électroluminescente

### Aperçu du produit

Les diodes électroluminescentes (LED) sont des dispositifs à semi-conducteurs qui émettent de la lumière lorsqu'un courant électrique les traverse. Cette technologie est utilisée à l'heure actuelle pour produire des lampes destinées à l'éclairage général, y compris des substituts à certaines lampes fluorescentes compactes. Les lampes à diode électroluminescente décrites dans la présente section constituent des substituts aux lampes fluorescentes compactes ayant un culot à pas de vis de type Edison, aussi bien celles de forme torsadée que celles de type réflecteur.

Une seule diode ne pouvant produire un éclairage suffisant pour les principales applications visées, les lampes utilisant cette technologie en contiennent plusieurs. Ces diodes émettent une lumière directionnelle, contrairement aux lampes fluorescentes compactes, dont l'éclairage est omnidirectionnel. Pour réaliser la dispersion lumineuse souhaitée, les diodes sont placées dans les lampes suivant des schémas spécifiques. Certaines de ces lampes sont aussi munies de diffuseurs et de lentilles, pour assurer une bonne dispersion de la lumière.

Les avantages des lampes LED comprennent : leur longue durée de vie (50 000 heures), leur température de couleur chaude semblable à celle des lampes à incandescence, le faible niveau de production de chaleur et la possibilité d'installer un système de gradation sur certains modèles. Elles consomment peu d'énergie et peuvent parfois se révéler plus efficaces que les lampes fluorescentes compactes, pour certaines applications spécifiques. Elles n'émettent pas de rayonnements ultraviolets ou infrarouges.

Les inconvénients des lampes à diode électroluminescente sont liés au fait qu'elles coûtent cher à l'heure actuelle et qu'elles ne sont disponibles que pour un nombre d'applications limité. La faible puissance de sortie des modèles existants entrave leur utilisation pour des applications telles que l'éclairage direct des aires de travail, l'éclairage d'accentuation ou l'éclairage d'ambiance à faible intensité.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes à diode électroluminescente.

Tableau A5.4 – Fabricants représentatifs de lampes à diode électroluminescente

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Altech LED	Japon	<a href="http://www.altechled.com">www.altechled.com</a>	LED PAR 38 High Power Bulb, 12 Watt, 120 Volt, Life: 15,000 Hours, 20° Narrow Flood	74,99 \$ ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
C. Crane Company, Inc.	Californie (Etats-Unis).	<a href="http://www.ccrane.com">www.ccrane.com</a>	GeoBulb LED Light Bulb, 8 Watt, 120 Volt, Warm White, 800 Lumens, Life: 30,000 Hours, 60W	119,95 \$ (C. Crane)

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
			Incandescent Equivalent	
			CC Vivid PAR 38 LED Spotlight Bulb, 3,75 Watt, 120 Volt, 200 Lumens	44,95 \$ (C. Crane)
Super Bright LEDs, Inc.	Missouri (Etats-Unis).	<a href="http://www.superbrightleds.com">www.superbrightleds.com</a>	E27-G50-W6 Edison Base Bulb with 3x2 Watt SSC P4 White LEDs, 120 Volt, 250 Lumens	36,95 \$ (Super Bright LEDs)
			PAR 20 x36 LED Bulb Medium Base with 36 Super Bright 5mm LEDs, 120 Volt, Glass Housing, 25 Degree Beam Pattern	11,95 \$ (Super Bright LEDs)

### Substitut 3. Lampes à diode électroluminescente à faisceaux descendants

#### Aperçu du produit

Les lampes à diode électroluminescente (LED) à faisceaux descendants sont des lampes-réflecteurs fluorescentes compactes utilisées dans des appareils d'éclairage encastrés. La présente section couvre non seulement les lampes, mais aussi les supports encastrés qui sont prévus lors de nouvelles constructions ou de travaux de réfection pour accueillir ultérieurement les appareils d'éclairage. Leur conception obéit aux normes fixées pour les installations encastrées dans les bâtiments.

Les avantages des lampes LED à faisceaux descendants comprennent : leur longue durée de vie (50 000 heures), leur température de couleur chaude semblable à celle des lampes à incandescence, le faible niveau de production de chaleur et leur intensité réglable. Elles consomment peu d'énergie et, dans certains cas, moins que les lampes fluorescentes compactes. Elles n'émettent pas de rayonnements ultraviolets ou infrarouges.

Les lampes LED émettent de la lumière dans une direction précise et ce flux lumineux directionnel est tout à fait indiqué pour les applications nécessitant des faisceaux descendants. Conçues sous forme d'ampoules, les lampes fluorescentes et les lampes à incandescence émettent une lumière omnidirectionnelle et, dans le cas des faisceaux descendants, près de 50 % de la lumière se perd parce qu'elle est dirigée vers les supports.

Les lampes LED à faisceaux descendants étant issues d'une technologie relativement récente, leurs prix sont élevés et leur disponibilité limitée. Comme autre inconvénient, une panne peut nécessiter le remplacement du bloc entier, à un coût plus élevé que celui du remplacement d'une lampe fluorescente compacte.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes LED à faisceaux descendants.

Tableau A5.5 – Fabricants représentatifs de lampes LED à faisceaux descendants

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Cree LED Lighting Solutions, Inc.	Morrisville, Caroline du Nord (Etats-Unis)	<a href="http://www.creell.com">www.creell.com</a>	LED 6" Recessed Light: LR6 – 120V, Incandescent Color (2700K), Edison Base, 650 lumens	92,99 \$ ( <a href="http://lightingonthenet.com">lightingonthenet.com</a> )
Gallium LED Lighting Systems	Fayetteville, Géorgie (Etats-Unis).	<a href="http://www.galliumlighting.com">www.galliumlighting.com</a>	GS6-CXRE 6" Square LED Downlight	Non disponible librement.
Permlight	Tustin, Californie (Etats-Unis)	<a href="http://www.permlight.com">www.permlight.com</a>	ENBC6F 6" Fixed Recessed Trim	Non disponible librement.

## Lampe à décharge à haute intensité

### Aperçu du produit

La lampe à décharge à haute intensité (HID) appartient à une catégorie de lampes qui comprend les lampes à halogénure de métal, les lampes au sodium haute pression et les lampes à vapeur de mercure. Ces lampes sont utilisées pour un large éventail d'applications nécessitant des niveaux élevés de sortie lumineuse, de durabilité et d'efficacité. On peut citer parmi ces applications l'éclairage des entrepôts, des stades, des voies publiques, des établissements commerciaux et des installations industrielles.

Les lampes HID produisent une lumière au passage du courant électrique entre deux électrodes dans un tube rempli de gaz. Cela excite la vapeur métallique, qui émet une énergie radiante visible. Ces lampes fonctionnent grâce à la forte pression des gaz à l'intérieur des tubes et peuvent atteindre des températures très élevées. Dans la plupart des modèles, les tubes remplis de gaz contiennent du mercure, du xénon ou de l'argon et un autre élément tel que le sodium ou l'halogénure de métal.

La teneur en mercure déclarée à l'IMERC par les fabricants de lampes HID varie sensiblement selon le type de lampe. Les fourchettes des quantités de mercure contenues dans ces lampes sont récapitulées dans le tableau qui suit.

Tableau A5.6 – Fourchettes des teneurs en mercure des lampes à décharge à haute intensité

Type de lampe	Quantités de mercure dans les lampes (en milligrammes)	Pourcentage de lampes contenant la quantité de mercure indiquée
Lampes à halogénure de métal	>10-50	24 %
	>50-100	40 %
	>100-1,000	35 %
Lampes à halogénures en céramique-métal	0-5	17,6 %
	>5-10	46,8 %
	>10-50	35,6 %
Lampes au sodium haute pression	>10-50	97 %
Lampes à vapeur de mercure	>10-50	58 %
	>50-100	29 %
	>100-1000	12 %
Lampes au mercure à arc court	>100-1000	65 %
	>1000	23 %
Lampes capillaires à vapeur de mercure	>100-1000	100 %

Source : NEWMOA, 2006.

Un rapport publié en 2007 par le NRDC sur l'utilisation du mercure dans l'industrie de l'éclairage en Chine indique qu'en 2005 la production de lampes à halogénures de métal a nécessité en moyenne 20 milligrammes de mercure par lampe, contre 60 milligrammes par lampe au sodium haute pression (NRDC, 2007).

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de lampes à décharge à haute intensité.

Tableau A5.7 – Fabricants représentatifs de lampes à décharge à haute intensité

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
General Electric Company	Connecticut (Etats-Unis)	<a href="http://www.ge.com">www.ge.com</a>	MVR100/U/MED M90 100 Watt Metal Halide Lamp, Clear, Medium Base.	28,62 \$ (Dyna-Brite Lighting)
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	M1000/PS/U/BT37 M141/E 1000 Watt Metal Halide Lamp, Reduced Color Shift, Pulse Start, Clear	44,62 \$ (Dyna-Brite Lighting)
Royal Philips Electronics	Pays-Bas	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	MH400/U/ALTO 400 Watt General Lighting Metal Halide Lamp, Clear, Mogul Base	15,35 \$ (Dyna-Brite Lighting)

## Substituts

### Aperçu du produit

Le nombre de substituts aux lampes à décharge à haute intensité est très réduit. Les applications de ces lampes requièrent une longue durée de vie, une forte intensité lumineuse et un haut degré d'efficacité. Il n'existe pas encore de procédés sans mercure pouvant atteindre les performances requises. Les techniques de substitution sans mercure envisageables comprennent les lampes à halogénure de métal contenant de l'iodure de zinc à la place du mercure, les lampes à diode électroluminescente et les lampes au sodium haute pression.

Des lampes à halogénure de métal sont disponibles pour les phares d'automobile à décharge à haute intensité (voir ci-dessous), mais il n'y a pas eu de renseignements sur leur utilisation dans les applications générales concernant l'éclairage. En raison de leur longue durée de vie et de leur haut degré d'efficacité, les lampes à diode électroluminescente pourraient en fin de compte remplacer les lampes à décharge à haute intensité, mais il n'y a pas eu de renseignements sur des substituts spécifiques. Une étude de cas réalisée par Philips Lumileds fait état de l'utilisation de lampes à diode électroluminescente pour l'éclairage des voies publiques à Lansing (Etat du Michigan), où elles ont remplacé les lampes à vapeur de mercure. Bien que l'étude ait porté de manière spécifique sur l'utilisation de lampes adaptées non disponibles le marché, elle illustre la possibilité de remplacer les lampes à décharge à haute intensité par des lampes à diode électroluminescente.

### Fabricants et produits représentatifs

Les seules lampes à décharge à haute intensité sans mercure identifiées sont des lampes au sodium haute pression produites par Osram Sylvania. Ce fabricant offre trois modèles LUMALUX HgF de lampes au sodium haute pression sans mercure ayant une puissance de sortie de 70 à 150 watts et un flux lumineux pouvant atteindre 13 200 lumens.

## Phares d'automobile à décharge à haute intensité

### Aperçu du produit

Les phares d'automobile à décharge à haute intensité sont des lampes à halogénures de métal qui produisent une lumière lorsqu'un arc électrique créé entre les électrodes vaporise le mercure, le xénon et les sels métalliques présents. La vaporisation quasi-instantanée du xénon permet à la lampe de fournir une lumière adéquate dès l'allumage, en réduisant le temps de réchauffement. La lumière est générée par la décharge plasmatique formée entre les deux électrodes.

Les phares à décharge à haute intensité produisent une lumière d'un bleu-blanc caractéristique, et la température de couleur de la lumière produite correspond plus ou moins à la lumière du jour en milieu de journée. Ils offrent une visibilité nocturne améliorée par rapport aux phares à halogènes, du fait qu'ils illuminent un plus grand espace devant le véhicule et que leur lumière vive sensibilise les peintures réfléchissantes utilisées pour la signalisation routière. Ils sont disponibles actuellement sur un nombre limité de modèles de véhicules automobiles, notamment sur des modèles de luxe ou de hautes performances.

De loin plus efficaces que les modèles à halogènes, les phares à décharge à haute intensité produisent au moins trois fois plus de lumens par watt. Ils consomment très peu d'énergie, dégagent moins de chaleur et se prêtent à la conception de modèles de taille réduite. Ces modèles réduits sont en général préférés par les concepteurs désireux d'améliorer le profil aérodynamique des véhicules.

Les phares à décharge à haute intensité coûtent sensiblement plus cher que les phares à halogènes. Ils ne sont pas conçus pour se substituer automatiquement aux phares à halogènes, car ils nécessitent des composants électriques différents, dont un régulateur de puissance et un allumeur. L'un des inconvénients de ces phares concerne l'éblouissement des usagers d'en face. Les modèles qui contiennent du mercure peuvent être enlevés des véhicules arrivés en fin de vie utile.

Les teneurs en mercure déclarées à l'IMERC par les fabricants de phares d'automobile à décharge à haute intensité se situent dans les fourchettes de 0 à 5 milligrammes ou de plus de 5 à 10 milligrammes par phare. Un fabricant, Osram, a indiqué le chiffre exact de 0,55 milligrammes par phare.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de phares d'automobile à décharge à haute intensité.

Tableau A5.8 – Fabricants représentatifs de phares d'automobile à décharge à haute intensité

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Royal Philips Electronics	Pays-Bas	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	D2R	Non publié
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.sylvania.com">www.sylvania.com</a>	D2R HID Bulb	129,99 \$

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
				(AutoZone) <a href="http://www.autozone.com">http://www.autozone.com</a>
PIAA Corporation	Oregon (Etats-Unis).	<a href="http://www.piaa.com">www.piaa.com</a>	D2R HID Bulb	359,95 \$ Package of 2 eAutoWorks.com

## Substitut 1. Phares à décharge à haute intensité sans mercure

### Aperçu du produit

Les caractéristiques des phares à décharge à haute intensité sans mercure sont pratiquement identiques à celles des phares à décharge à haute intensité décrits dans la section précédente, si l'on excepte le remplacement du mercure par l'iodure de zinc et l'augmentation de la quantité de xénon. Comme avantage supplémentaire, les phares sans mercure offrent une stabilité de couleur de lumière améliorée (Osram, 2008).

Les paramètres chimiques et géométriques des phares à décharge à haute intensité ont été modifiés pour supprimer le mercure, mais la puissance lumineuse et la température de couleur sont demeurées inchangées. Les phares sans mercure comportent des exigences en matière d'électricité différentes de celles des lampes contenant du mercure, raison pour laquelle les deux modèles ne sont pas interchangeables.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de phares d'automobile à décharge à haute intensité sans mercure.

Tableau A5.9 – Fabricants représentatifs de phares d'automobile à décharge à haute intensité sans mercure

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.osram.com">www.osram.com</a>	D3	Non publié

## Substitut 2. Phares à halogènes

### Aperçu du produit

Les phares à halogènes comportent un filament de tungstène fixé dans une ampoule en quartz ou en silice pure contenant du gaz inerte et une infime quantité de vapeur d'halogènes. L'utilisation d'halogènes dans les lampes à filament de tungstène permet d'obtenir plus de lumens par watt, ce qui explique l'utilisation très répandue de lampes à halogènes dans les phares d'automobiles. La température de couleur tire en général vers la nuance blanc chaud.

Les phares à halogènes sont sensiblement moins chers que ceux qui sont munis de lampes à décharge à haute intensité, mais ils consomment plus d'énergie et leur durée de vie est plus courte. Par contre, ils ne produisent pas le type d'éblouissement qui caractérise souvent les phares à décharge à haute intensité, même si ceux-ci sont censés assurer une meilleure visibilité nocturne.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de phares à halogènes.

Tableau A5.10 – Fabricants représentatifs de phares à halogènes

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Osram GmbH	Munich (Allemagne)	<a href="http://www.sylvania.com">www.sylvania.com</a>	H11	14,99 \$ (AutoZone)
Royal Philips Electronics	Pays-Bas	<a href="http://www.philips.com">www.philips.com</a>	LMP 9003NGS2	41,99 \$ Lot de 2 (NAPA)

### Substitut 3. Phares à diode électroluminescente

#### Aperçu du produit

En 2008, les constructeurs d'automobiles Audi, Lexus et Cadillac ont choisi chacun d'installer des phares à diode électroluminescente (LED) sur un modèle de véhicule. Ces phares sont des dispositifs à semi-conducteurs qui émettent une lumière lorsqu'un courant électrique les traverse.

Les phares LED sont pratiquement deux fois moins épais que les phares à décharge à haute intensité ou les phares à halogènes. Le fait qu'ils puissent être installés en plusieurs petits segments donne aux concepteurs d'automobiles une grande souplesse dans le choix des formes. Ils sont efficaces et produisent une lumière intense de couleur blanche qui assure une bonne illumination, en consommant moins d'énergie que les phares à décharge à haute intensité. Les phares LED étant basés sur une technique nouvelle, il est espéré que les progrès techniques permettront de réduire davantage leur consommation d'énergie.

Les fournisseurs de phares LED indiquent que la durée de vie de ces engins est de 10 000 à 50 000 heures, ce qui est sensiblement supérieur à celle d'une lampe à décharge à haute intensité ou d'une lampe à halogènes. Cette longue durée de vie utile est telle que les phares LED peuvent potentiellement survivre aux véhicules qui les abritent.

Il n'y a pas eu de données sur les modèles et les prix des phares LED du fait que ces lampes sont réservées et vendues aux constructeurs d'automobiles. Une estimation de prix publiée montre que les phares LED coûtent huit fois plus cher que les phares à décharge à haute intensité (Woodyard, 2006). Les prix sont censés diminuer au fur et à mesure de l'augmentation de la demande.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs de phares à diode électroluminescente.

Tableau A5.11 – Fabricants représentatifs de phares à diode électroluminescente

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Koito Manufacturing Company, Ltd.	Tokyo (Japon)	<a href="http://www.koito.co.jp/english/">www.koito.co.jp/english/</a>	Non disponible.	Non disponible.
Hella KGaA Hueck & Company	Lippstadt (Allemagne)	<a href="http://www.hella.com">www.hella.com</a>	Non disponible.	Non disponible.
Visteon Corporation	Michigan (Etats-Unis).	<a href="http://www.visteon.com">www.visteon.com</a>	Non disponible.	Non disponible.

### Systèmes de rétroéclairage pour affichages à cristaux liquides

#### Aperçu du produit

Les lampes fluorescentes à cathode froide sont utilisées à l'heure actuelle pour illuminer la plupart des systèmes d'affichage à cristaux liquides utilisés dans les téléviseurs, les moniteurs d'ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables. La lumière se produit dans ces lampes par le passage d'un courant électrique dans une masse de vapeur de mercure, à l'instar du procédé utilisé dans les autres types de lampe fluorescente. Les avantages de ces lampes comprennent leur faible consommation d'énergie et la qualité de leur lumière qui tire vers le blanc chaud.

Entre autres inconvénients, les lampes fluorescentes à cathode froide offrent une gamme restreinte de températures de couleur, elles nécessitent un temps de réchauffement et leur durée de vie varie de 10 000 à 50 000 heures. Les températures froides atténuent leur puissance lumineuse et les vibrations peuvent réduire leur durée de vie utile. En outre, l'intensité de la lumière n'est pas réglable – les lampes sont soit allumées, soit éteintes. Etant donné que ces lampes contiennent du mercure, elles doivent être enlevées des moniteurs d'ordinateur et des téléviseurs hors d'usage préalablement à l'élimination de tels appareils.

Les teneurs en mercure communiquées à l'IMERC par les fabricants de téléviseurs et de moniteurs d'ordinateur à cristaux liquides utilisant comme systèmes de rétroéclairage des lampes fluorescentes à cathode froide se situent dans des fourchettes comprises entre : 0 et 5 milligrammes, 5 et 10 milligrammes, et 10 et 50 milligrammes par lampe.

#### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'ordinateurs portables et de téléviseurs à affichage à cristaux liquides utilisant des lampes fluorescentes à cathode froide.

Tableau A5.12 – Fabricants représentatifs d'ordinateurs portables et de téléviseurs à cristaux liquides utilisant des lampes fluorescentes à cathode froide

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Apple Inc.	Californie (Etats-Unis).	<a href="http://www.apple.com">www.apple.com</a>	Ordinateur portable : MacBook Pro with 17-inch Widescreen Display	2 799 \$ (Apple)
Dell Inc.	Texas (Etats-Unis).	<a href="http://www.dell.com">www.dell.com</a>	Ordinateur portable : XPS M1330 with Standard Display with 2.0 Megapixel Webcam	1 249 \$ (Dell)
Samsung Electronics Co., Ltd.	Séoul (Corée du Sud)	<a href="http://www.samsung.com">www.samsung.com</a>	Téléviseur : LN40A650 40 inch, 1080p LCD HDTV	1 999,99 \$ (Crutchfield)

## Substitut 1. Systèmes de rétroéclairage à diode électroluminescente

### Aperçu du produit

Les systèmes de rétroéclairage à diode électroluminescente (LED), initialement utilisés couramment pour de petits affichages à cristaux liquides (LCD) peu coûteux, sont désormais de plus en plus incorporés aux dispositifs d'affichage de plus grandes dimensions utilisés dans les ordinateurs et les appareils de télévision. Les ordinateurs portables et les moniteurs munis de systèmes de rétroéclairage LED sont aujourd'hui disponibles chez de nombreux fabricants, dont Apple et Dell. Samsung produit des téléviseurs LCD utilisant des systèmes de rétroéclairage LED.

L'un des avantages des systèmes LED est sa longue durée de vie, qui peut atteindre 50 000 heures, voire davantage. Cela représente une nette amélioration par rapport aux lampes fluorescentes à cathode froide, dont le remplacement pourrait se révéler nécessaire dans certaines applications LCD, notamment dans les téléviseurs utilisant ce procédé. La technologie des semi-conducteurs utilisée pour les affichages à cristaux liquides est relativement stable et insensible aux vibrations, ce qui constitue un avantage pour son utilisation dans les ordinateurs portables.

Le rétroéclairage LED offre d'autres avantages tels que la capacité d'ajustement à l'intensité de la lumière, le taux-contraste élevé et l'élimination du phénomène des « images résiduelles » qui se produit dans certains téléviseurs LCD. La technique de rétroéclairage LED peut aussi avoir pour effet de réduire la consommation d'énergie des systèmes LCD. Samsung indique que l'utilisation de systèmes de rétroéclairage LED dans ses téléviseurs 40, 46, 52 et 57 pouces réduit leur consommation d'énergie d'environ 30 %.

Un appareil LCD utilisant le procédé de rétroéclairage LED peut produire des images très claires et des couleurs très vives. Samsung indique que le procédé DLP à diode électroluminescente utilisé dans ses téléviseurs améliore de 40 % la clarté de l'image et la netteté des couleurs, par rapport aux modèles utilisant des lampes fluorescentes à cathode froide.

On assiste depuis quelques années à un rétrécissement de l'écart de prix entre les ordinateurs portables et les téléviseurs équipés de systèmes de rétroéclairage LED et ceux qui utilisent des lampes fluorescentes à cathode froide. Le supplément de prix pour le procédé à rétroéclairage LED varie de 100 à 200 dollars pour plusieurs modèles d'ordinateurs portables et de téléviseurs.

### Fabricants et produits représentatifs

Le tableau qui suit indique les fabricants représentatifs d'ordinateurs portables et de téléviseurs à cristaux liquides utilisant des lampes à diode électroluminescente.

Tableau A5.13 – Fabricants représentatifs d'ordinateurs portables et de téléviseurs à cristaux liquides utilisant des lampes à diode électroluminescente

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
Apple Inc.	Californie (Etats-Unis).	<a href="http://www.apple.com">www.apple.com</a>	Ordinateur portable : MacBook Pro with 17-inch Hi-Resolution Glossy LED Widescreen Display	2 899 \$ (Apple)
Dell Inc.	Texas (Etats-Unis).	<a href="http://www.dell.com">www.dell.com</a>	Ordinateur portable : XPS M1330 with Slim and Light LED Display	1 399 \$ (Dell)



Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet	Modèle	Prix (en \$ E.-U.)
			with VGA Webcam	
Samsung Electronics Co., Ltd.	Séoul (Corée du Sud)	<a href="http://www.samsung.com">www.samsung.com</a>	Téléviseur : LN-T4081F 40 inch, 1080p LCD HDTV with LED Backlight	2 199,99 \$ (Crutchfield)

### Autres lampes contenant du mercure

Le mercure est utilisé dans différentes catégories de lampes, telles les lampes à arc court et les lampes au néon. Ces lampes conçues pour des applications particulières sont produites en petite quantité, mais contiennent en général plus de mercure par lampe que les lampes fluorescentes.

Les lampes à arc court sont remplies de vapeur de mercure et d'argon à basse pression. Une lumière intense est générée par un arc électrique amorcé entre deux électrodes placées côte à côte. Entre autres applications, ces lampes sont utilisées pour les opérations de recherche, divers instruments et appareils médicaux spécialisés, ainsi que les traitements photochimiques ou aux rayons ultraviolets. Leur teneur moyenne en mercure se situe entre 100 et 1 000 milligrammes, mais elles contiennent souvent plus de 1 000 milligrammes de mercure (NEWMOA, 2006). Aucun substitut sans mercure n'a été identifié pour les lampes à arc court.

À l'instar des lampes fluorescentes, les lampes au néon sont munies d'électrodes métalliques fixées aux deux extrémités de leur tube en verre. Le tube est rempli d'un mélange gazeux à basse pression. La couleur de la lumière au néon est déterminée par le mélange gazeux, la couleur du tube de verre et d'autres caractéristiques de la lampe. La lampe au néon à lumière rouge est la seule qui n'utilise pas de mercure. Toutes les autres contiennent du mercure mélangé à des gaz nobles comme le krypton, l'argon et l'hélium. La teneur en mercure des lampes au néon varie de 250 à 600 milligrammes par lampe (NEWMOA, 2006). Aucun substitut sans mercure n'a été identifié pour les lampes au néon.

### Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant la demande intérieure de mercure destiné à la fabrication de lampes et autres systèmes d'éclairage – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure.

Tableau A5.14 – Quantités de mercure utilisées par pays pour l'éclairage (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	47 (2000) <sup>8</sup> 63,94 (2005) <sup>9</sup>
Philippines	Outil spécialisé	25,7
Etats-Unis	Demande d'informations	17,6
Fédération russe	Autres sources	7,5 (2001) <sup>10</sup>
Japon	Demande d'informations	4,72 (2005)
Canada	Autres sources	1,839 <sup>11</sup>
Allemagne	Demande d'informations	1 (tubes uniquement)
Argentine	Demande d'informations	0,725
France	Demande d'informations	0,525 (0,4 – 0,65)

<sup>8</sup> Strategy Proposal for International Actions to Address Mercury Problem - Mercury Situation in China, 2008.

<sup>9</sup> Survey and Research on the Status of Use of Mercury in China's Electric Light Source Industry, Chemical Registration Center of State Environmental Protection Administration of China, Natural Resources Defense Council, 2007.

<sup>10</sup> ACAP, 2004

<sup>11</sup> Information fournie par le Canada pour appuyer les travaux intersessions du Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure, 31 janvier 2008.

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Belarus	Demande d'informations	0,412
Royaume-Uni	Demande d'informations	0,320 (2012)
Suède	Demande d'informations	0,121 (2004)
Pays-Bas	Demande d'informations	0,04 (2007)
Norvège	Demande d'informations	0,01
Roumanie	Demande d'informations	0,0074 (2007)

La Chine a déclaré une demande totale de 47 tonnes par an qui se trouve être la plus élevée, ce qui est imputable au fait que ce pays est un grand fabricant de lampes contenant du mercure. Une étude réalisée en 2007 par le NRDC estimait à 63,94 tonnes la consommation de mercure en Chine en 2005 (NRDC, 2007).

Les Philippines ont déclaré une demande de 25,7 tonnes par an, occupant ainsi le deuxième rang parmi les pays ayant communiqué des données dans ce domaine. Ce chiffre a été calculé sur la base d'hypothèses au sujet du nombre de lampes fluorescentes par établissement d'enseignement, par ménage, par formation sanitaire, par édifice public et par entreprise manufacturière, le nombre estimatif de lampes étant ensuite multiplié par 40 (milligrammes de mercure) pour les lampes fluorescentes linéaires, et par 15 (milligrammes de mercure) pour les lampes fluorescentes compactes. Rien ne permet de savoir si le nombre de lampes couvre la consommation annuelle ou s'il correspond simplement à l'inventaire existant. Les données communiquées par les Philippines pour la teneur en mercure sont plutôt élevées par rapport à la fourchette indiquée comme facteurs d'intrant préliminaires par défaut dans le cadre de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'évaluation du mercure (2005). Les teneurs en mercure indiquées dans l'Outil spécialisé étaient comprises entre 10 et 40 milligrammes de mercure par lampe fluorescente linéaire, et entre 5 et 15 milligrammes de mercure pour les lampes fluorescentes compactes.

Divers facteurs peuvent influencer sur la demande de mercure d'un pays pour la production de lampes et autres systèmes d'éclairage, notamment : la taille et le niveau de développement économique du pays, le taux de remplacement des lampes à incandescence par des lampes fluorescentes, le nombre de lampes fluorescentes produites pour l'exportation et la quantité moyenne de mercure contenue dans les lampes.

Il convient de signaler que les pays ont donné une réponse globale sur la demande de mercure pour la production de lampes et systèmes d'éclairage, considérée comme une seule entrée. Par conséquent, les données communiquées ne sont pas ventilées par type de lampe, exception faite du cas des États-Unis qui ont fourni une telle ventilation, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau A5.15 – Demande de mercure pour les lampes et l'éclairage aux États-Unis

Type de lampe	Demande de mercure
Lampes à tubes luminescents	6,2 t
Ampoules fluorescentes compactes	0,9 t
Lampes à décharge à haute intensité	1,7 t
Lampes à arc court	0,0018 t
Lampes au néon et systèmes d'éclairage divers	0,0227 t

## Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer les lampes contenant du mercure par d'autres systèmes d'éclairage. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou reformulée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau A5.16 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Brésil	Demande d'informations	En mars 2008, la Commission environnementale nationale (CONAMA) a créé un groupe de travail chargé d'étudier des textes réglementaires visant à réduire les quantités de mercure contenues dans les lampes et à améliorer la gestion des déchets de mercure.

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Danemark	Demande d'informations	Il est estimé que l'usage a diminué rapidement au cours des cinq dernières années, du fait de pressions exercées par les consommateurs qui réclament des solutions de rechange sans mercure, ainsi que de l'interdiction imposée par la directive RoHS de la Commission européenne.
Allemagne	Demande d'informations	Expérience positive.
Iran	Demande d'informations	L'Iran n'a pas encore interdit l'utilisation du mercure dans les produits.
Norvège	Demande d'informations	Mise en application de la directive RoHS de la Commission européenne.
Panama	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Suède	Demande d'informations	La Suède a déclaré un niveau de substitution correspondant à 2. L'usage du mercure dans les lampes est exempté de l'interdiction imposée par la directive de la CE sur l'utilisation de substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques. La directive fixe un seuil maximum autorisé pour la teneur en mercure de certaines lampes fluorescentes.  Des substituts sans mercure sont de plus en plus disponibles pour certaines applications. D'un point de vue technique, il est possible de réduire la quantité de mercure contenue dans certaines lampes.

Tableau A5.17 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Argentine	Demande d'informations	Le Plan national d'économie d'énergie lancé en décembre 2006 encourage le remplacement des lampes à incandescence par les tubes fluorescents et les lampes fluorescentes compactes.
Belarus	Demande d'informations	Les lampes contenant de faibles quantités de mercure sont d'utilisation courante.
Chili	Demande d'informations	Expérience négative. Les techniques de substitution n'ont pas été diffusées. Les substituts sans mercure coûtent plus cher.
Pays-Bas	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau A5.18 – Pays ayant déclaré le niveau de substitution « 0 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 0 » – Substituts non disponibles
France	Demande d'informations	Les lampes à incandescence et à halogènes ne sont pas prises en compte comme substituts.
Japon	Demande d'informations	La teneur en mercure de la lampe fluorescente a diminué de 50 mg en 1974 à 7,5 mg en 2005. Cette réduction du mercure est imputable aux progrès réalisés dans la technique d'incorporation (en passant de l'incorporation directe à l'incorporation sous forme de pastille) et à l'élargissement de la gamme des lampes fluorescentes à trois bandes à haut rendement. La production accrue d'ordinateurs portables et de téléviseurs à cristaux liquides de grande dimension a augmenté la demande de mercure pour la fabrication de systèmes de rétroéclairage. A l'heure actuelle, le coût des substituts tels que les lampes à diodes électroluminescentes ou les lampes fluorescentes sans mercure demeure très élevé.
Slovénie	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.
Suisse	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.
Royaume-	Demande	Les substituts coûtent cher à l'heure actuelle et n'offrent pas le même type

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 0 » – Substituts non disponibles
Uni	d'informations	d'éclairage qu'une lampe fluorescente compacte, mais cette technologie est censée s'améliorer au cours des années à venir.
Etats-Unis	Demande d'informations	Expérience négative pour les tubes fluorescents, les lampes fluorescentes compactes et les lampes au néon.

Tableau A5.19 – Pays n'ayant pas fourni de réponse concernant le niveau de substitution

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Canada	Autres sources <sup>12</sup>	Des substituts aux lampes fluorescentes et aux lampes à décharge à haute intensité sont disponibles sur le marché intérieur. Dans certains cas, des lampes à diodes électroluminescentes peuvent remplacer les enseignes au néon, mais ces lampes LED coûtent cher et ne peuvent servir de substituts pour toutes les applications.

Six pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour l'éclairage et un pays, la Suède, a déclaré un niveau « 0 - 2 ». La mention du niveau 2 dans la réponse signifie que des substituts sont effectivement disponibles et couramment utilisés dans les pays concernés. Quatre de ces sept pays sont des pays européens, trois d'entre eux ayant fait état de l'application de la directive de l'Union européenne restreignant l'utilisation de certaines substances dangereuses (RoHS), comme base d'incitation à la réduction de l'utilisation du mercure dans les systèmes d'éclairage. Cette directive fixe des seuils pour la quantité de mercure autorisée dans les lampes fluorescentes linéaires ou compactes.

Quatre pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 » pour l'éclairage, ce qui signifie que des substituts sont effectivement disponibles mais très peu utilisés dans ces pays. Six pays ont déclaré le niveau de substitution « 0 » pour l'éclairage, ce qui signifie qu'il n'existe pas de substituts dans ces pays.

Dans l'ensemble, 14 pays ont fourni des indications par écrit sur leur expérience du processus de remplacement des systèmes d'éclairage contenant du mercure. Quatre pays ont signalé une diminution de l'utilisation du mercure pour l'éclairage, du fait de la réduction des teneurs en mercure de certaines lampes. Quatre pays ont fait état de la disponibilité des substituts pour un nombre réduit d'applications, tandis que quatre autres ont évoqué le coût plus élevé des substituts sans mercure.

## Récapitulatif – Systèmes d'éclairage

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de 17 pays à la Demande d'informations, pour ce qui est du niveau de remplacement du mercure dans les lampes et autres systèmes d'éclairage. Il convient de signaler que les pays ont donné une réponse globale pour le niveau de substitution concernant les lampes et les systèmes d'éclairage, considérée comme une seule entrée. Par conséquent, les données communiquées ne sont pas ventilées par type de lampe.

Tableau A5.20 – Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	6	35%
0-2	1	6%
1	4	24%
0	6	35%

Trente-cinq pour cent des réponses à la Demande d'informations indiquent que des substituts aux lampes contenant du mercure sont effectivement disponibles sur le marché et couramment utilisées, mais le même pourcentage de réponses fait état de la non-disponibilité de substituts sur le marché. Cette divergence dans les réponses est due probablement au fait que certains pays ont pu considérer les lampes à incandescence et à halogènes comme des substituts, alors que d'autres ont pu se dire que ce sont des technologies dépassées ne pouvant pas servir de substituts. La divergence peut s'expliquer aussi par le fait que certains pays ont pris en compte la disponibilité de substituts pour toutes les catégories de lampes contenant du mercure, tandis que d'autres ont peut-être axé leurs réponses sur les substituts concernant des applications ou des types de lampes spécifiques.

<sup>12</sup> Information fournie par le Canada pour appuyer les travaux intersessions du Groupe de travail spécial à composition non limitée sur le mercure, 31 janvier 2008.

Les lampes contenant du mercure font partie des catégories les plus économes en énergie qui soient disponibles, et la hausse du coût de l'énergie se traduit par une demande accrue de lampes fluorescentes compactes et d'autres produits d'éclairage à haut rendement énergétique. Dans certains pays, notamment en Argentine et aux Etats-Unis, les pouvoirs publics encouragent l'utilisation de tubes fluorescents et de lampes fluorescentes compactes, en vue de réduire la consommation d'énergie.

La demande de lampes fluorescentes est certes en augmentation, mais les quantités de mercure utilisées dans les lampes et les systèmes d'éclairage ne s'accroissent pas au même rythme. Nombre de lampes fluorescentes produites aujourd'hui utilisent beaucoup moins de mercure que les lampes équivalentes fabriquées dans le passé. Le Japon indique dans sa réponse que la teneur en mercure des lampes fluorescentes s'est abaissée de 50 milligrammes en 1974 à 7,5 milligrammes en 2005. Les progrès enregistrés dans les techniques de fabrication, notamment l'utilisation de pastilles contenant du mercure plutôt que du mercure liquide, sont cités comme raison de cette diminution de l'usage du mercure. Des textes de réglementation sont adoptés parallèlement pour fixer les seuils maximums de mercure admissibles dans les lampes fluorescentes. La Suède confirme dans sa réponse que la directive RoHS de l'Union européenne a fixé une teneur maximale autorisée pour certaines lampes fluorescentes.

La Chine, qui est l'un des principaux fabricants de lampes à mercure, a déclaré le niveau de consommation de mercure le plus élevé dans le domaine de l'éclairage. En 2005, elle a produit plus de 30 milliards d'unités en utilisant près de 64 tonnes de mercure. Quatre-vingt-cinq pour cent des entreprises chinoises productrices de lampes fluorescentes utilisent des procédés de fabrication à base de mercure (méthode par injection). La production de lampes au moyen de mercure liquide consomme des quantités de mercure très élevées par rapport aux méthodes utilisant des pastilles ou des amalgames. La modernisation des installations de fabrication en vue de les équiper de systèmes consommant moins de mercure par lampe et émettant moins de mercure dans l'environnement nécessitera des investissements substantiels. La hausse des prix du mercure et la prescription des teneurs en mercure par la directive RoHS de l'Union européenne auraient poussé les fabricants à réduire leur consommation de mercure au cours de ces dernières années (NRDC, 2007).

Le tableau qui suit récapitule le processus de substitution dans le domaine de l'éclairage. Des substituts ont été recensés pour tous les types de lampes contenant du mercure, à l'exception des lampes à décharge à haute intensité (HID). Mention a été faite d'un fabricant de lampes HID au sodium haute pression, mais il est estimé que celles-ci ne peuvent servir de substituts que pour un nombre limité d'applications nécessitant la technologie HID.

Le succès de la transition concernant les lampes et les produits d'éclairage n'a pas été jugé effectif du fait que seules 35 % des réponses ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 », et qu'aucune réponse n'a indiqué une demande annuelle de mercure nulle. Le tableau qui figure ci-dessous montre que la transition n'a été couronnée de succès pour aucune catégorie de lampes, hormis les phares d'automobile à décharge à haute intensité. Seuls quelques véhicules automobiles de haut de gamme sont équipés de phares à décharge à haute intensité contenant du mercure. Les phares à halogènes sans mercure sont bien plus courants, et les phares à décharge à haute intensité ou à diode électroluminescente ne contenant pas de mercure sont de plus en plus disponibles. Pour ces diverses raisons, le succès de la transition a été jugé effectif. Un rapport TemaNord publié en 2007 considère les phares à décharge à haute intensité comme un usage du mercure qui serait facilement substituable à l'échelle mondiale (Maag, 2007).

Le coût élevé et la disponibilité limitée de substituts pour les lampes fluorescentes linéaires et compactes sont mentionnés parmi les difficultés à surmonter avant que le succès de la transition ne soit jugé effectif. Les substituts basés sur la technologie des diodes électroluminescentes sont de plus en plus disponibles, mais d'importants gains d'efficacité et le perfectionnement des produits sont prévisibles en raison des progrès techniques attendus au cours des cinq années à venir.

La transition effective vers les systèmes de rétroéclairage de panneaux à cristaux liquides dépendra du succès des produits à diode électroluminescente qui existent actuellement sur le marché. Le nombre d'ordinateurs et de téléviseurs munis de systèmes à diode électroluminescente augmentera probablement d'année en année, compte tenu des avantages particuliers que cette technologie comporte par rapport aux systèmes d'éclairage en arrière-plan par tube à cathode froide.

Tableau A5.21 – Récapitulatif du processus de substitution dans le domaine de l'éclairage

Eclairage	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Lampes fluorescentes linéaires	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées
Lampes fluorescentes compactes	Oui (Applications limitées)	Substituts disponibles - des difficultés recensées
Lampes à décharge à haute intensité	Non	Substituts disponibles - des difficultés recensées

Eclairage	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Phares à décharge à haute intensité	Oui	Succès avéré de la transition (pour les halogènes uniquement)
Panneaux à cristaux liquides éclairés en arrière-plan	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées

## A.6 Autres produits

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'estimation de la demande intérieure de mercure – dans leurs réponses à la Demande d'informations, dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE, ainsi que dans d'autres documents pertinents.

Tableau A6.1 – Estimation de la demande de mercure pour la fabrication d'autres produits

Pays	Source des données	Description du produit	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Canada	Autres sources	Equilibreuses de roues	0,744 (2000 – 2004)
Chili	Demande d'informations	Produits chimiques de laboratoire	0,004
Equateur	Demande d'informations	Produits chimiques de laboratoire	0,02 (2004)
Japon	Demande d'informations	Encre vermillon	1,6
Japon	Demande d'informations	Réactifs	0,1 (2005)
Maurice	Demande d'informations	Récupération de l'or dans les déchets de bijouterie	0,007
Philippines	Outil spécialisé	Phares (de jetée)	22,8
Slovénie	Demande d'informations	Vaccins	< 0,001
Slovénie	Demande d'informations	Produits chimiques de laboratoire	0,7
Suède	Demande d'informations	Produits pharmaceutiques, conservateurs, vaccins	0,002
Syrie	Demande d'informations	Produits pharmaceutiques	0,325
Etats-Unis	Demande d'informations	Conservateurs et réactifs	0,4
Etats-Unis	Demande d'informations	Capteurs de course de piston, accessoires d'armes à feu, transducteurs de pression, pellicules, transepteurs et électrodes de balayage	2

### Phares (de jetée)

Le mercure est utilisé dans certains anciens phares pour assurer la flottaison de l'énorme lentille de verre Fresnel, qui amplifie la lumière pour produire un puissant signal lumineux. A partir de la fin du XIXe siècle, les dispositifs d'éclairage des phares ont été conçus de manière à flotter dans une auge remplie de mercure, à dessein de réduire la quantité de force nécessaire à la rotation de la lentille. La quantité de mercure requise pour le montage du dispositif d'éclairage d'un phare variait en fonction des dimensions de la lentille. Ainsi, une lentille de grande taille nécessitait une grande masse de mercure pour parvenir à flotter. Les premiers modèles pouvaient nécessiter jusqu'à 1 088 kilogrammes de mercure, alors que les modèles moins anciens, de plus petite taille, utilisaient beaucoup moins de mercure (Shultz, 2005).

Aujourd'hui, les phares modernes n'ont plus besoin de mercure pour faire flotter les lentilles. Les lampes utilisées actuellement dans les phares (lampes à vapeur de mercure et lampes au xénon) sont considérablement plus puissantes que les précédentes générations, et les lourdes lentilles de verre ne sont plus nécessaires. Nombre de phares existants ont été modernisés à partir des années 1970 pour qu'ils puissent utiliser les nouvelles lampes et pour éliminer l'utilisation du mercure (Baird, 2008).

Les Philippines ont évalué leur consommation de mercure pour les phares à 22,8 tonnes par an, en indiquant par ailleurs dans le cadre du processus de l'Outil spécialisé que le pays comptait 57 phares utilisant chacun environ 400 kilogrammes de mercure.

## Produits d'équilibrage des roues

Les équilibreuses de roues contenant du mercure sont constituées de tubes remplis de mercure qu'on fixe sur des pièces mécaniques rotatives tels que les pneus. Elles peuvent s'adapter à des composants très variés mais, au Canada, elles sont principalement utilisées pour les camions, les voitures, les autocaravanes, les motocyclettes, les motomarines et les ultralégers. De 2000 à 2004, environ 744 kilogrammes de mercure ont été utilisés dans les équilibreuses de pneus au Canada. On estime que chacune de ces équilibreuses au mercure contient environ 99 grammes de mercure (Jacovella, 2008). Ces produits installés sur les roues d'un véhicule lors de l'équilibrage des pneus continuent habituellement d'y jouer leur rôle jusqu'à ce que les pneus soient rééquilibrés ou remplacés, ou bien jusqu'à la mise hors d'usage des roues ou du véhicule.

En principe, les équilibreuses de roues ne s'usent pas, mais elles peuvent se détacher ou se débloquent en cas de chocs subis par le véhicule ou lors de brusques changements d'allure. Le déblocage peut être dû aussi à d'autres facteurs tels que l'installation défectueuse ou les dégâts résultant de contacts avec les parois dans les tournants ou avec d'autres objets. Il existe deux méthodes couramment utilisées pour installer les équilibreuses sur les roues, à savoir par agrafage sur la jante de roue ou par fixation du poids sur le pneu à l'aide de produits adhésifs. Dans les deux cas, il convient d'utiliser des poids de petite taille pour qu'ils ne soient pas très visibles et pour éviter toute interférence avec d'autres composants du véhicule tels que les freins. Par conséquent, la densité de la matière dont est faite l'équilibreuse influe directement sur la taille du poids à fixer sur une roue, de même qu'elle constitue une caractéristique physique essentielle à prendre en compte dans le choix des substituts. Les poids adhérents étant en général placés sur les parties courbes de la roue, il est souhaitable que les produits d'équilibrage soient suffisamment souples et malléables pour qu'il soit possible lors de l'installation d'ajuster leur courbure en fonction de celle de la roue. Ils doivent être fabriqués dans des matières résistantes à la corrosion, pour pouvoir supporter des conditions sévères comme l'humidité, les températures élevées et la salinisation des routes.

Le plomb est une matière couramment utilisée pour la fabrication des équilibreuses de roues; cependant, cette substance comporte de très sérieux risques pour la santé humaine car, en plus d'être jugée carcinogène, elle peut avoir des effets néfastes sur les systèmes neurologiques et reproductifs ainsi que sur le développement de l'organisme humain. Il existe d'autres produits d'équilibrage disponibles dans le commerce, qui sont faits de matières moins toxiques telles que le cuivre, l'acier, l'étain et le zinc (TURI, 2006).



## B. Constatations : Procédés à base de mercure

### B.1 Production de chlore alcali

Le chlore et l'hydroxyde de sodium sont habituellement produits ensemble au moyen de trois procédés de base utilisant respectivement des cellules à diaphragme, à mercure et à membrane. La coproduction de chlore et d'hydroxyde de sodium est basée sur l'électrolyse de solutions de chlorure de sodium, qui décompose ces solutions par voie électrolytique pour former du chlore à l'anode de la cellule et de l'hydroxyde de sodium à la cathode. En 2001, ces trois procédés de coproduction représentaient environ 95 % de la capacité totale de production de chlore sur le plan mondial. Il existe d'autres méthodes peu courantes telles que l'électrolyse du chlorure d'hydrogène, des sous-produits du traitement des métaux et des coproduits de la fabrication de nitrate de potassium.

#### Procédé à mercure

##### Aperçu du procédé

Le procédé utilisant des cellules à mercure (cellules de Castner-Kellner) date de 1892. Il est constitué de deux cellules, à savoir l'électrolyseur primaire (ou cellule à saumure) et le décomposeur. A l'intérieur de l'électrolyseur primaire, la saumure contenant du chlorure de sodium traverse un bac avec une mince couche de mercure déposée sur son fond. Le courant électrique passant dans la cellule décompose la saumure en chlore du côté de l'anode et en sodium métallique du côté de la cathode de mercure. Un amalgame liquide contenant du mercure se forme au niveau de la cathode. L'amalgame s'écoule alors de l'électrolyseur primaire vers le décomposeur où il réagit au contact de l'eau et en présence d'un catalyseur pour former de l'hydroxyde de sodium et de l'hydrogène. Le mercure débarrassé du sodium retourne dans l'électrolyseur primaire pour être réutilisé. L'un des grands inconvénients de ce procédé concerne les rejets de mercure dans l'environnement.

##### Exploitants représentatifs

Les exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à mercure sont indiqués dans le tableau qui suit.

Tableau B1.1 – Exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à mercure

Exploitant	Lieu d'implantation	Site Internet
Akzo Nobel	Oulu (Finlande)	<a href="http://www.akzonobel.com">www.akzonobel.com</a>
Solvay	Bussi (Italie)	<a href="http://www.solvay.com">www.solvay.com</a>

### Substitut 1. Procédé à diaphragme

##### Aperçu du procédé

L'application du procédé utilisant des cellules à diaphragme (cellule de Griesheim) remonte à 1885. Les réactions de ce procédé se produisent à l'intérieur d'une seule cellule. Un diaphragme est utilisé pour isoler le chlore, formé à l'anode de la cellule, de la soude caustique et de l'hydrogène formés à la cathode. Comme inconvénient, le diaphragme utilisé contient habituellement de l'amiante qui est une matière toxique; toutefois, il est possible d'appliquer le procédé de production au moyen de diaphragmes ne contenant pas d'amiante.

##### Exploitants représentatifs

Les exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à diaphragme sont indiqués dans le tableau qui suit.

Tableau B1.2 – Exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à diaphragme

Exploitant	Lieu d'implantation	Site Internet
Anwil	Wloclawek (Pologne)	<a href="http://www.anwil.pl">www.anwil.pl</a>
Norsk Hydro	Rafnes (Norvège)	<a href="http://www.hydro.com">www.hydro.com</a>

## Substitut 2. Procédé à membrane

### Aperçu du procédé

Le procédé utilisant des cellules à membrane date de 1970, et c'est au Japon que la première usine de production industrielle de membranes a vu le jour en 1975. Essentiellement à base de polymères fluorés, la membrane isole l'anode de la cathode. La solution de saumure traverse le compartiment anodique et produit du chlore, tandis que les ions de sodium passent par le compartiment cathodique et forment une solution de soude caustique.

Les avantages du procédé à membrane comprennent la production d'une solution de soude caustique très pure et le faible niveau de consommation d'énergie, en comparaison des deux autres procédés. Le principal inconvénient tient au fait que la charge d'alimentation en saumure doit être d'un niveau de pureté très élevé, ce qui nécessite souvent des étapes de purification très coûteuses préalablement à l'électrolyse.

### Exploitants représentatifs

Les exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à membrane sont indiqués dans le tableau qui suit.

Tableau B1.3 – Exploitants représentatifs d'installations de chlore alcali utilisant le procédé à membrane

Exploitant	Lieu d'implantation	Site Internet
Donau Chemie	Bruckl (Autriche)	<a href="http://www.donau-chemie.at">www.donau-chemie.at</a>
Solvim	Jemappes (Belgique)	<a href="http://www.solvimpvc.com">www.solvimpvc.com</a>

## Substitut 3. Production séparée de chlore et d'hydroxyde de sodium

Les procédés à mercure, à diaphragme et à membrane permettent en général de produire simultanément du chlore et de l'hydroxyde de sodium. L'une des solutions de rechange sans mercure pouvant remplacer le procédé à mercure consiste à produire séparément le chlore et l'hydroxyde de sodium. A cet égard, le chlorure d'hydrogène peut être converti en chlore par électrolyse ou par oxydation. Par ailleurs, l'électrolyse du chlorure de potassium engendre la formation de produits tels que le chlore, l'hydrogène et l'hydroxyde de potassium.

L'hydroxyde de sodium peut être produit selon un processus autonome. Par exemple, le procédé à base de chaux sodée consiste en la réaction du carbonate de sodium en solution aqueuse avec l'oxyde de calcium pour former de l'hydroxyde de sodium.

### Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour la production de chlore alcali – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure.

Vingt pays ont fourni des données sur l'estimation de leur demande annuelle de mercure pour la production de chlore alcali. Les quantités indiquées dans leurs réponses varient de zéro à 17,468 tonnes de mercure par an, dix pays ayant déclaré une demande de mercure nulle pour cette application. Les réponses reçues dans ce domaine indiquent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2004.

Tableau B1.4 – Demande de mercure pour la production de chlore alcali (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Roumanie	Demande d'informations	17,468
France	Demande d'informations	16,5 (2004 - 2006) (Fourchette : 14 – 19)
Pakistan	Autres sources	16,1
Etats-Unis	Demande d'informations	11 (2006)
Syrie	Demande d'informations	10
Philippines	Outil spécialisé	4,46 (Fourchette : 0,525 – 8,4)
Argentine	Demande d'informations	4,184

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Royaume-Uni	Demande d'informations	1
Suisse	Demande d'informations	0,95
Suède	Demande d'informations	0,05
Belarus	Demande d'informations	0
Cambodge	Outil spécialisé	0
Chili	Outil spécialisé	0
Chine	Autres sources	0
Danemark	Demande d'informations	0
Equateur	Demande d'informations	0
Japon	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0
Trinité-et-Tobago	Autres sources	0

L'Outil spécialisé d'évaluation du mercure recommande la collecte de données par site pour déterminer les niveaux d'utilisation du mercure dans les usines de chlore alcali. Cependant, si une telle information n'est pas disponible, le facteur d'intrant par défaut à utiliser pour déterminer cette consommation est le suivant :

Facteur d'intrant : 25 à 400 grammes de mercure par tonne de chlorure produite.

En appliquant ce facteur d'intrant à une capacité de production de 21 000 tonnes de chlorure par an, les Philippines ont estimé leur demande annuelle de mercure pour la production de chlore à un niveau allant de 0,525 à 8,4 tonnes.

Le PNUE a publié en novembre 2006 une évaluation mondiale de la consommation de mercure pour la production de chlore alcali dans un rapport intitulé « Summary of Supply, Trade, and Demand Information on Mercury ». Les estimations de la consommation de mercure tirées de ce rapport sont indiquées dans le tableau qui suit.

Tableau B1.5 – Procédé à mercure – Consommation de mercure (2005)

Pays/région	Consommation totale nette de mercure (en tonnes)	Mercure recyclé et récupéré dans les déchets (en tonnes)	Consommation totale de mercure (en tonnes)
Europe	147	25 – 40	175 - 190
Etats-Unis	9	35 – 60	45 – 70
Brésil	10 - 15	0 - 5	11 - 25
Inde	20 - 28	0 - 5	20 – 35
Fédération russe	25 - 45	0 - 5	25 – 50
Autres	120 - 180	10 - 40	140 - 210
Total	350 - 430	90 - 140	450 - 550

Source : PNUE, 2006

En ce qui concerne les Etats-Unis, il y a une similitude entre les données sur la consommation de mercure fournies dans le présent rapport (9 tonnes en 2005) et le chiffre communiqué dans la réponse à la Demande d'informations (11 tonnes en 2006). Les réponses fournies par la Fédération russe, l'Inde et le Brésil ne comportent pas de données à comparer aux estimations du PNUE.

### Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer l'utilisation du mercure dans la production de chlore alcali par les solutions de rechange disponibles. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE, ainsi que du processus de l'Outil spécialisé pour le mercure ou d'autres sources d'information. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau B1.6 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Argentine	Demande d'informations	Deux usines de production de chlore alcali ont amorcé un processus de remplacement du procédé à mercure par le procédé à diaphragme en 2006. Le procédé à mercure continue d'être utilisé pour environ 37 % de la production totale de chlore alcali.
Brésil	Demande d'informations	Il existe huit usines de chlore alcali au Brésil. L'utilisation de cellules à mercure et de diaphragmes en amiante est interdite dans les usines de création récente.
France	Demande d'informations	Cinquante pour cent du chlore est produit au moyen de nouvelles techniques n'utilisant pas de mercure.
Allemagne	Demande d'informations	L'Allemagne a déclaré un niveau de substitution « 1 – 2 ». L'expérience est jugée positive.
Japon	Demande d'informations	A la fin de 1986, la méthode des membranes échangeuses d'ions avait remplacé le procédé à mercure dans toutes les usines de production de soude caustique au Japon.
Pays-Bas	Demande d'informations	A partir de 2006, les meilleurs procédés sans mercure disponibles ont été adoptés pour la production de chlore alcali aux Pays-Bas.
Norvège	Demande d'informations	Le mercure n'est pas utilisé dans cette industrie en Norvège.
Suède	Demande d'informations	Il existe une usine de production de chlore alcali qui détient environ 200 tonnes de mercure dans des cellules. Cette usine se convertira aux cellules à membrane en 2010. Une autre usine ayant réalisé une telle conversion dans les années 1980 a obtenu des résultats satisfaisants. Le coût d'investissement initial est certes élevé, mais les cellules à membrane consomment moins d'énergie que les cellules à mercure. La conversion au procédé à membrane est par conséquent une opération rentable.
Suisse	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau B1.7 – Pays n'ayant pas fourni de réponse pour le niveau de substitution dans ce domaine

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Bangladesh	Autres sources	Le mercure est utilisé pour produire du chlore et de l'hydroxyde de sodium dans l'industrie de la pâte à papier dans la région de Karnaphuli.
Chili	Outil spécialisé	L'entreprise de chlore alcali <i>Occidental Chemical Chile</i> a remplacé son procédé de production utilisant des cellules au mercure par le procédé à membrane en 1991.
Danemark	Demande d'informations	L'unique entreprise qui intervenait dans ce domaine au Danemark a dû cesser ses opérations pour cause d'insécurité (utilisation du chlore en pleine agglomération urbaine) il y a 20 ans.
Equateur	Demande d'informations	L'unique entreprise qui fabrique du chlore alcali utilise le procédé à membrane.
Iran	Demande d'informations	Le ministère des hydrocarbures a décidé de mettre en œuvre un plan visant à créer une nouvelle usine de chlore alcali dotée de technologies de membrane. Les anciennes installations (3 usines) seront éliminées progressivement après la mise en exploitation de la nouvelle usine.
Pakistan	Autres sources	Quatre-vingts pour cent de la capacité installée pour la production de chlore alcali utilise la technologie de membrane, alors que tout le reste utilise le procédé à mercure.
Slovénie	Demande d'informations	Adoption d'une nouvelle technologie (procédé à membrane).
Syrie	Demande d'informations	Utilisation de techniques sans mercure.
Royaume-Uni	Demande	Les procédés à membrane sont bien développés et se révèlent efficaces et

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
	d'informations	moins coûteux que le procédé à mercure. Cependant, le coût financier du passage du procédé à mercure au procédé à membrane très élevé, de sorte que la reconversion ne peut être économiquement viable que pour les installations utilisant du mercure arrivées pratiquement en fin de vie utile. La date limite de 2020 fixée par EuroChlor tient compte du fait qu'à cette date la majorité des installations exploitant des procédés à mercure seront proches de la fin de leur vie utile.
Etats-Unis	Demande d'informations	A la suite de l'engagement volontaire pris en matière de réduction du chlore par l'Institut du chlore des Etats-Unis dans le cadre de la Stratégie binationale de gestion des produits toxiques dans le bassin des Grands Lacs, l'industrie du chlore alcali a réalisé des progrès notables dans la réduction de sa consommation de mercure depuis 1995. Le dixième rapport annuel de l'Institut à l'office de protection de l'environnement (US-EPA) a fait état d'une réduction, entre 1995 et 2006, de 92 % de l'utilisation du mercure dans la production de chlore et de soude caustique aux Etats-Unis.

Huit pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » et un pays, l'Allemagne, a déclaré un niveau de substitution « 1 – 2 » pour la production de chlore alcali. Ces pays n'ont signalé aucune expérience négative concernant la transition vers l'utilisation de substituts sans mercure. Aucun pays n'a déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 » ou à « 0 ».

Outre les réponses individuelles fournies par les pays au sujet du remplacement du mercure, des données sont disponibles sur le processus global de remplacement de la consommation européenne de mercure dans l'industrie du chlore alcali. En 2007, l'industrie européenne du chlore alcali a produit plus de 20 millions de tonnes de chlore, de soude caustique et d'hydrogène. Quarante-trois pour cent de cette production a été réalisée au moyen de cellules à mercure, contre 40 % pour les cellules à membrane, 14 % pour les cellules à diaphragme et 3 % pour les autres procédés. Ces chiffres se rapportent aux entreprises membres d'EuroChlor, qui se répartissent dans 18 pays. De plus, tous les producteurs européens de chlore alcali se sont engagés librement à fermer ou à convertir le plus tôt possible leurs usines qui utilisent des procédés à mercure, d'ici à 2020 (EuroChlor, 2008; Anderson, 2008). En Inde, les opérateurs de l'industrie sont convenus volontairement, avec le soutien actif des pouvoirs publics, de fermer d'ici à 2012 toutes les installations du pays qui continuent de fabriquer du chlore alcali à l'aide de cellules à mercure.

### Récapitulatif – Production de chlore alcali

De nombreux pays du monde qui exploitent des usines utilisant des cellules à mercure pour la production de chlore alcali ont réduit sensiblement leur consommation de mercure par la fermeture de telles installations, ce qui a contribué à réduire leurs émissions de mercure grâce à la rationalisation des modes d'exploitation, ou par l'adoption de procédés substituant les cellules à diaphragme aux anciennes cellules à mercure. Ces opérations ont abouti à des reconversions totales ou partielles, selon les besoins spécifiques des usines. Cela requiert en général des changements technologiques : à titre d'exemple, puisque l'utilisation des cellules à diaphragme nécessite une saumure plus pure par rapport au procédé utilisant des cellules à mercure, une deuxième étape de purification de la saumure pourrait s'imposer. En plus des succès déjà obtenus en matière de réduction du mercure dans ce secteur, l'industrie s'est engagée à fermer ou à reconvertir des installations de fabrication de chlore alcali en Europe et en Inde.

Bien que la reconversion du procédé à mercure au procédé à diaphragme soit techniquement réalisable, le coût d'une telle opération varie d'un site à l'autre. Au nombre des facteurs importants qui influent sur les coûts de conversion figurent la nécessité d'une capacité accrue, les dépenses d'énergie et les coûts de maintenance qui sont fonction de l'âge de l'ancienne usine. Un rapport publié en 2001 par la Commission européenne (CE) indique les coûts de conversion pour un certain nombre d'installations situées en Europe, aux Etats-Unis et au Japon. Ces coûts ont été convertis en euros et rapportés à la capacité de production de chlore des usines. Ils varient de 213 € à 700 € (soit de 336 \$ à 1 104 \$ environ) par tonne de production annuelle de chlore. Les avantages signalés d'une reconversion réussie du procédé à mercure au procédé à membrane comprennent la réduction de la consommation d'énergie, le faible niveau des besoins de maintenance et l'élimination des questions liées à la gestion du mercure (CE, 2001).

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de neuf pays à la Demande d'informations, pour ce qui est du niveau de remplacement du mercure dans la production de chlore alcali.

Tableau B1.8 – Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	8	88,9 %
1 - 2	1	11,1 %
1	0	0 %
0	0	0 %

Plus de 50 % des réponses à la Demande d'informations concernant la production de chlore alcali ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » et indiqué qu'il n'y a pas eu d'expériences négatives concernant la transition vers l'usage de substituts. Cela montre qu'il existe effectivement des substituts qui sont couramment utilisés dans la majorité des pays ayant fourni des données sur la demande de mercure. Par ailleurs, plus de deux pays ont déclaré une estimation de la demande de mercure égale à zéro. Par conséquent, la transition vers l'usage de substituts a été couronnée de succès dans ces pays en ce qui concerne la production de chlore alcali.

Tableau B1.9 – Récapitulatif du processus de substitution pour la production de chlore alcali

Production de chlore alcali	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Procédé utilisant des cellules à mercure	Oui	Succès avéré de la transition

## B.2 Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or

L'expression « extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or » est utilisée pour désigner toutes opérations de petite ou de moyenne envergure, informelles, licites ou illicites consistant à utiliser des procédés rudimentaires pour extraire de l'or et d'autres minéraux contenus dans divers minerais secondaires ou primaires (Veiga, 2006).

L'abréviation ASM utilisée dans la section correspondante de la Demande d'informations se réfère à toutes les activités de ce domaine.

Il est estimé que 15 millions de personnes se livrent à cette activité dans 50 pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud (ONUDI, 2007). Par définition, les activités d'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or ne sont pas organisées sous forme d'entreprises structurées, ce qui explique l'absence dans la présente section d'une rubrique consacrée aux intervenants représentatifs.

Les mineurs artisanaux utilisent un large éventail de procédés pour extraire de l'or des minerais, ces procédés variant selon le type de minerai, les traditions locales, la disponibilité du matériel requis, la disponibilité de l'eau et d'autres facteurs. La présente section porte sur l'amalgamation au mercure et trois techniques de substitution n'utilisant pas de mercure, à savoir la séparation par gravité, la cyanuration et la chloration.

### Amalgamation au mercure

#### Aperçu du procédé

L'amalgamation au mercure est la méthode la plus couramment utilisée par les mineurs artisanaux du fait qu'elle constitue un processus simple et peu coûteux d'extraction de l'or des minerais. En raison de l'affinité qui existe entre l'or et le mercure, celui-ci attire les fines particules d'or de manière à former un amalgame. Cet amalgame est ensuite séparé du sable ou du gravier. L'amalgame ainsi séparé est placé dans une étoffe, puis pressé en vue de recueillir l'excédent de mercure, pour réutilisation. L'amalgame restant contient en général 60 % d'or et 40 % de mercure. Il est alors chauffé pour que le mercure se vaporise en laissant en place de l'or spongieux contenant des résidus de mercure et d'autres impuretés. Les orpailleurs vendent habituellement cet or spongieux aux négociants, qui le fondent pour obtenir de l'or pur.

La méthode de l'amalgamation donne de bons résultats lorsque le minerai contient de l'or libre. Elle est peu efficace pour les minerais réfractaires, dans lesquels les particules d'or sont piégées dans des minéraux sulfurés. Les mineurs artisanaux utilisent habituellement la technique d'amalgamation au mercure en combinaison avec d'autres procédés de criblage ou de séparation. Par exemple, ils ajoutent du mercure aux tasseaux et au chenal du dispositif de préconcentration appelé sluice. Ainsi, l'amalgame plus dense qui se forme se dépose au fond du réceptacle pendant que le sable et le gravier sont entraînés par le courant d'eau. Il y a également un apport de mercure lors du lavage à la batée, pour récupérer les fines paillettes d'or.

La quantité de mercure utilisée dans les opérations d'extraction minière artisanale ou à petite échelle de l'or varie considérablement en fonction de facteurs tels que le type de minerai, le procédé de séparation utilisé, le coût du mercure et les connaissances des mineurs. L'utilisation du mercure atteint le taux le plus élevé au moment où les mineurs ajoutent du mercure liquide directement au minerai entier ou brut. Le minerai est dit entier lorsqu'il n'est pas encore traité et qu'il contient de très faibles concentrations d'or, en général moins de 10 grammes par tonne. Parmi les méthodes d'amalgamation à ce stade, on peut citer l'incorporation du mercure au minerai entier dans une caisse aspirante, l'apport de mercure lors du broyage ou de la pulvérisation, ou l'injection de mercure dans le sluice (Veiga, 2006). Le niveau d'efficacité de la récupération de l'or par amalgamation de minerai brut est en général faible, du fait que d'importantes quantités d'amalgame non récupérées sont rejetées avec les résidus.

Une autre méthode d'amalgamation plus efficace consiste à incorporer le mercure plutôt au concentré de minerai. Le concentré, qui s'obtient à l'issue du processus de criblage (par séparation gravimétrique ou par lavage au sluice) contient des concentrations d'or plus élevées. L'amalgamation se fait par incorporation de mercure liquide aux concentrés à l'aide de mélangeurs, de tonneaux ou d'autres dispositifs de séparation. Les mineurs séparent ensuite l'amalgame des autres métaux lourds par lavage à la batée.

Le rapport de la « quantité de mercure consommée » à la « quantité d'or extraite » est de plus de 3 à 1 et peut même atteindre 100 à 1 pour l'amalgamation du minerai brut (Veiga, 2006), alors que les deux quantités sont égales en ce qui concerne l'amalgamation des concentrés de minerais (PNUE, 2005). L'utilisation d'une cornue pour récupérer les vapeurs de mercure peut réduire considérablement la consommation de mercure.

## Substitut 1. Séparation par gravité

### Aperçu du procédé

La séparation par gravité englobe tous les procédés qui permettent d'isoler l'or du minerai sur la base de la densité. Ces techniques, qui comprennent les sluices, les centrifugeuses, les tables densimétriques et les cribles manuels, peuvent s'appliquer au minerai brut ou au concentré, selon le type de matériel utilisé. L'amalgamation au mercure est très souvent pratiquée en combinaison avec la séparation gravimétrique, mais la présente section porte sur la séparation par gravité sans utilisation de mercure.

### Sluices

Le sluice est le procédé de séparation par gravité le plus couramment utilisé par les mineurs artisanaux. Il est conçu comme une caisse ou un chenal de forme étirée et inclinée muni de tasseaux fixés sur le fond. Une suspension épaisse contenant du minerai se déverse en continu à la partie supérieure du sluice et les particules denses (comme l'or) qui se détachent de la suspension sont piégées par les tasseaux.

Le sluice est préféré par les mineurs artisanaux parce qu'il ne requiert pas d'électricité pour son fonctionnement, en plus d'être de conception simple, facile à utiliser et efficace pour la concentration de l'or. Il est utilisable aussi bien pour le minerai brut que pour le concentré. L'efficacité optimale s'obtient lorsque les caractéristiques du sluice sont adaptées au type de minerai et à la taille des particules à traiter. Les facteurs qui influent sur le rendement des sluices comprennent le débit de la suspension, le ratio eau/minerai, la longueur, la largeur et l'inclinaison du sluice, ainsi que la taille des particules du minerai.

Les sluices sont souvent de fabrication locale, mais ils sont aussi disponibles chez des fournisseurs tels que Keene Engineering, entreprise basée aux Etats-Unis, qui vend son modèle A52 à un prix voisin de 100 dollars. Ce modèle mesurant 25 cm de large et 129 cm de long et pesant 5 kg peut traiter jusqu'à 5 tonnes de minerai par heure (Veiga, 2004)

### Centrifugeuses

Les centrifugeuses comportent habituellement un cône rotatif nervuré qui, en tournant, engendre une force gravitationnelle accrue. Lorsque la suspension contenant 20 à 40 % de minerai passe dans le cône, la force gravitationnelle repousse les particules d'or qui sont plus denses vers la partie périphérique de la suspension où elles s'accumulent dans les tasseaux du séparateur. Puis il y a une injection d'eau à contre-courant dans le cône pour réduire le tassement et laisser les particules d'or pénétrer dans la couche de concentré.

Les séparateurs centrifuges sont utilisés dans l'extraction minière de l'or depuis des décennies, qu'il s'agisse de l'exploitation à grande échelle ou d'opérations de taille réduite. L'un des principaux fabricants de centrifugeuses est le groupe Knelson Gravity Solutions basé en Colombie Britannique (Canada).

Les inconvénients des centrifugeuses sont liés à leur coût élevé, à leur forte consommation d'eau propre et au fait qu'elles nécessitent l'intervention d'opérateurs qualifiés.

### Sluices Cleangold

Les sluices Cleangold sont fabriqués par la société Cleangold basée dans l'Etat de l'Oregon (Etats-Unis). Spécifiquement adaptés aux besoins des mineurs artisanaux et disponibles en trois tailles différentes, ils sont destinés à la récupération de l'or dans les concentrés ou à l'utilisation dans les écoulements à faible débit.

Les sluices Cleangold se distinguent des autres par la présence de feuilles de polymère magnétiques disposées sur leur fond. Ces feuilles attirent la magnétite contenue dans le minerai, de manière à former une surface à l'aspect velouté sur le fond du sluice. La surface de magnétite est très efficace pour la récupération des fines paillettes d'or. L'or est recueilli par raclage dans un récipient et séparé à l'aide d'un aimant. L'or qui reste dans le récipient est d'une grande pureté et prêt à la fusion. Les résultats d'un essai effectué sur le terrain en Guyane montrent que le sluice Cleangold peut valablement remplacer l'amalgamation au mercure comme méthode de purification finale (Vieira, 2006).

Les prix du sluice Cleangold varient de 40 \$ pour un petit appareil de forme carrée mesurant 20,3 centimètres de côté à 250 \$ pour un plus grand mesurant 40,6 centimètres de côté ([www.cleangold.com](http://www.cleangold.com), 2008).

### Tables Gemini

La table Gemini est un type de table à secousses utilisé pour l'ultime étape de purification des concentrés. L'or récupéré est d'un degré de pureté élevé et approprié pour la fusion. La table est constituée d'un plateau basculant en fibre de verre soutenu par un cadre en acier. Elle est mue par un moteur qui produit des secousses contrôlées par un régulateur de vitesse. Elle nécessite une alimentation continue en eau propre (0,7 m<sup>3</sup>/h) à une pression stabilisée. Le concentré contenant de l'or est acheminé sur la table à un rythme constant en même temps que l'apport d'eau, et l'or se dépose dans les rainures de la table. Le modèle GT60 Mk2 de ces tables a une capacité de traitement atteignant 27 kilogrammes de concentré par heure. Il coûte 8 000 \$ E.-U. (Vieira, 2000).



## **Extrac-TEC**

La société IE-TEC Marketing a mis sur le marché une gamme de séparateurs gravimétriques dont la plus petite version, Extrac-TEC HPC-10, est vendue aux mineurs artisanaux. Ce séparateur utilise un procédé de séparation en plusieurs étapes. A la première étape, le minerai brut est acheminé par gravité vers le crible rotatif où il est lavé à l'eau et trié. Les éléments hors calibre sont isolés et le reste de minerai est placé sur un séparateur à spirale, qui isole les particules lourdes de celles qui sont légères. Les particules lourdes sont orientées vers un sluice pour une nouvelle opération de concentration. Le produit qui en résulte est d'un si faible volume et d'un taux de concentration d'or si élevé que le tri final peut être effectué manuellement par un seul ouvrier.

Le modèle HPC-10 est équipé d'un moteur électrique de 0,5 cv et nécessite l'utilisation de 120 litres d'eau par minute. Il peut être alimenté en minerai par une petite pelle mécanique ou par une équipe de deux à six mineurs utilisant des outils à main. Son prix est de 28 300 \$, hormis le coût de la pompe à eau et du générateur électrique requis (Oppenheimer, 2008).

Les inconvénients de ce séparateur sont liés à son coût élevé et à sa consommation d'électricité et de grandes quantités d'eau propre.

## **Substitut 2. Cyanuration**

### **Aperçu du procédé**

La cyanuration est la plus courante des méthodes d'extraction de l'or utilisées dans les grandes exploitations minières. Elle est également utilisée par les orpailleurs, très souvent en combinaison avec la technique de l'amalgamation au mercure.

Le processus de cyanuration comporte trois étapes : la lixiviation, la concentration et l'affinage. Au niveau de la lixiviation, on incorpore du mercure à une suspension épaisse contenant le minerai aurifère. L'or est expulsé du minerai en réagissant avec le cyanure et l'oxygène. A l'étape de concentration, l'or est extrait de la suspension par absorption au moyen de carbone activé, provenant souvent de la coque de noix de coco. L'étape d'affinage peut se réaliser de plusieurs manières. Les mineurs artisanaux utilisent habituellement un procédé d'affinage fort simple consistant à cribler et à brûler le produit obtenu.

La cyanuration a l'avantage de dissoudre l'or contenu dans les minerais réfractaires et d'atteindre des taux d'extraction élevés. Qui plus est, ce procédé facile à appliquer par les mineurs artisanaux à un coût d'investissement peu élevé. Comme principal inconvénient, il utilise le cyanure dont la toxicité représente un risque pour la santé des mineurs. Cependant, contrairement au mercure, le cyanure est biodégradable et ne se bioaccumule pas.

Malheureusement, les mineurs artisanaux ont souvent recours à la cyanuration pour des concentrés de minerai précédemment traités par l'amalgamation au mercure. Le cyanure réagit en présence du mercure et rend celui-ci plus soluble, ce qui accroît la probabilité de méthylation. L'utilisation de l'amalgamation au mercure pour traiter le minerai brut préalablement à la cyanuration se traduit en général par une baisse du taux de récupération de l'or. La raison en est que l'amalgame or-mercure se désintègre en fines gouttelettes (mercure pulvérisé) lors de l'incorporation ou du pompage. Ce mercure pulvérisé contenant de l'or dont la récupération se révèle difficile est habituellement rejeté avec les résidus.

## **Substitut 3. Chloration**

### **Aperçu du procédé**

L'origine du procédé de chloration remonte à 1948, bien avant l'application de la cyanuration. L'acide chlorhydrique dilué et le chlore sont utilisés dans ce procédé pour dissoudre l'or, qui est ensuite précipité à l'aide de métabisulfite de sodium, d'acide oxalique de zinc ou d'autres agents chimiques.

Mintek, organisme public sud-africain de recherche sur la technologie minérale, a mis au point une technique de chloration appelée procédé iGoli. Ce procédé conçu expressément à l'intention des mineurs artisanaux permet d'utiliser du matériel et des produits chimiques peu coûteux et couramment disponibles tels que l'acide chlorhydrique (HCl en solution aqueuse) utilisé dans les piscines, l'eau de Javel (NaOCl) et le sucre. Le procédé s'appliquant uniquement aux concentrés de minerai, les mineurs doivent passer au préalable par une certaine forme de séparation gravimétrique du minerai brut avant de pouvoir l'utiliser.

Le procédé comporte plusieurs étapes : lixiviation du concentré de minerai à l'aide d'acide chlorhydrique dilué et d'eau de Javel, élimination des corps solides par filtrage, précipitation de poudre d'or à partir de la solution et compression de la poudre d'or sous forme de disque.

Le principal avantage du procédé iGoli tient au fait qu'il peut produire de l'or ayant un degré de pureté de 99 %. Cela représente une nette amélioration par rapport à l'amalgamation, qui produit de l'or spongieux contenant environ 5 % de mercure résiduel et d'autres impuretés. En outre, ce procédé est également applicable aussi bien aux minerais contenant de l'or libre qu'aux minerais réfractaires, alors que l'amalgamation n'est efficace que pour les minerais à or libre. Par conséquent, les mineurs récupèrent une plus grande quantité d'or du minerai et l'or extrait est d'une plus grande valeur.

L'acide chlorhydrique et l'eau de Javel sont des produits chimiques toxiques à manipuler avec précaution, mais ils sont couramment utilisés pour le nettoyage et pour l'entretien des piscines, et comportent beaucoup moins de risques pour les mineurs par rapport au mercure et au cyanure. Au cours du processus, le chlore est converti en sels pouvant être libérés dans l'environnement sans danger.

Mintek ne revendique pas de droits de propriété intellectuelle sur le procédé et un guide pour sa mise en œuvre est librement disponible. Cette société s'est engagée en outre à faire des essais sur des échantillons en vue de mettre des plans de réalisation du procédé à la disposition des mineurs artisanaux. Elle a déjà effectué des démonstrations du procédé à l'intention de groupes d'orpailleurs en Tanzanie, au Pérou et au Mozambique.

## Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit présente des données communiquées par les pays – concernant l'utilisation du mercure pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or – dans leurs réponses à la Demande d'informations du PNUE ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure.

Tableau B2.1 – Consommation de mercure par pays pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or (classement par ordre décroissant selon le niveau estimatif de la demande de mercure)

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	200 - 250 <sup>13</sup>
Philippines	Outil spécialisé	56,04
Equateur	Demande d'informations	5
Cambodge	Outil spécialisé	0,61 (0,035 – 1,182) (2008)
Argentine	Demande d'informations	0
Danemark	Demande d'informations	0
France	Demande d'informations	0
Allemagne	Demande d'informations	0
Iran	Demande d'informations	0
Japon	Demande d'informations	0
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0
Suède	Demande d'informations	0
Suisse	Demande d'informations	0
Trinité-et-Tobago	Autres sources	0
Royaume-Uni	Demande d'informations	0
Etats-Unis	Demande d'informations	0

Deux pays ont confirmé, dans leurs rapports au titre du processus de l'Outil spécialisé, l'utilisation du mercure pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or. Les Philippines ont déclaré une production annuelle de 18 680 kilogrammes d'or pour 2006 et ont utilisé le facteur d'intrant par défaut (3 kg de mercure pour 1 kg d'or) recommandé dans l'Outil spécialisé pour estimer la consommation de mercure à 56,04 tonnes. Le Cambodge a lui aussi indiqué un niveau de consommation dans son rapport au titre de l'Outil spécialisé, mais en fondant son estimation sur les quantités utilisées par 175 mineurs sondés à ce sujet. Les 175 mineurs avaient utilisé au total

<sup>13</sup> ONUDI, 2006.

0,0345 tonne de mercure, chiffre que le Cambodge a considéré comme étant la demande minimale. La demande maximale estimée à 1 182 tonnes a été calculée en multipliant la consommation moyenne des 175 mineurs (0,197 kilogramme par mineur) par le nombre de mineurs artisanaux (soit 6 000).

Dans un rapport publié en octobre 2006 par l'ONUDI sous le titre « *Global Impacts of Mercury Supply and Demand in Small-Scale Gold Mining* » (incidences à l'échelle mondiale de l'offre et de la demande de mercure dans le domaine de l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or), il est estimé que cette activité fournit 20 à 30 % de la production mondiale d'or, en émettant dans l'environnement 650 à 1000 tonnes de mercure par an. Ce rapport indique aussi les émissions de mercure par pays résultant d'activités d'extraction minière de l'or.

Le rapport de l'ONUDI définit la quantité de mercure émise comme étant la quantité totale consommée moins la quantité recyclée, et indique que la demande est égale à la quantité émise, en considérant que les niveaux de production demeurent constants et que les conditions d'utilisation des technologies ne subissent aucun changement. On suppose par conséquent que la quantité des émissions de mercure issues de l'extraction minière à petite échelle de l'or est égale à l'estimation de la demande de mercure pour cette activité. Les chiffres estimatifs sont récapitulés dans le tableau qui suit.

Tableau B2.2 – Demande de mercure pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or

Pays	Estimation de la demande de mercure pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or (en tonnes par an)
Chine	200 - 250
Indonésie	100 - 150
Bolivie	10 - 30
Brésil	10 - 30
Colombie	10 - 30
Equateur	10 - 30
Ghana	10 - 30
Pérou	10 - 30
Philippines	10 - 30
Venezuela	10 - 30
Tanzanie	10 - 30
Zimbabwe	10 - 30

Le chiffre estimatif de 56,04 tonnes obtenu par les Philippines en utilisant le facteur d'intrant par défaut prévu dans l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure est sensiblement plus élevé que le niveau de 10 à 30 tonnes indiqué dans le rapport de l'ONUDI. L'Equateur a déclaré une consommation de 5 tonnes de mercure dans sa réponse à la Demande d'informations, alors que le rapport de l'ONUDI comporte une estimation de 10 à 30 tonnes pour ce pays. Ces écarts dans les chiffres sont probablement dus à l'utilisation de méthodes et d'intervalles de temps différents, ainsi qu'à d'autres facteurs indéterminés.

Selon un rapport établi en 2004 sur les rejets de mercure en Fédération russe au titre du Plan d'action du Conseil de l'Arctique pour éliminer la pollution dans l'Arctique (ACAP), la quantité de mercure consommée pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or s'est située entre 3 et 8 tonnes en 2001. Cette estimation a été faite sur la base d'une production de 20 à 40 tonnes d'or ayant nécessité une quantité de mercure représentant environ 10 à 20 % de la production d'or.

### Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer l'amalgamation au mercure par d'autres procédés pour l'extraction minière artisanale ou à petite échelle de l'or. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou reformulée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau B2.3 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Japon	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau B2.4 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 1 » - Substituts disponibles mais très peu utilisés
Brésil	Demande d'informations	L'utilisation du mercure est autorisée uniquement pour des activités minières agréées.
Chili	Demande d'informations	Les substituts sans mercure coûtent plus cher.
Equateur	Demande d'informations	La production est basée à près de 40 % sur l'amalgamation au mercure et à 60 % sur la cyanuration. La moitié des mineurs qui continuent d'utiliser l'amalgamation se servent d'une cornue pour récupérer les vapeurs de mercure, tandis que les autres laissent le mercure se vaporiser à l'air libre.
Panama	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience pour justifier ce niveau de substitution.

Tableau B2.5 – Pays n'ayant pas fourni de réponse concernant le niveau de substitution

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution
Argentine	Demande d'informations	Il n'existe pas d'activités agréées dans le domaine de l'extraction minière artisanale ou à petite échelle de l'or.
Cambodge	Outil spécialisé	La plupart des mineurs de la région du Ratanakiri utilisent du mercure pour extraire l'or des minerais (bruts), alors que ceux des autres provinces du pays utilisent des méthodes mécaniques ou d'autres produits chimiques.
Danemark	Demande d'informations	Il n'y a jamais eu d'activité industrielle dans ce domaine.
France	Demande d'informations	L'emploi du mercure est interdit, mais des cas d'utilisation illicite sont signalés de temps à autre.
Iran	Demande d'informations	Le mercure n'est pas utilisé pour l'extraction minière artisanale de l'or.
Pays-Bas	Demande d'informations	Ce domaine ne s'applique pas aux Pays-Bas.
Norvège	Demande d'informations	Ce domaine ne s'applique pas à la Norvège.
Philippines	Outil spécialisé	L'emploi du mercure pour l'extraction minière de l'or est interdit, mais les mineurs continuent à l'utiliser.

Un pays – le Japon – a déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or, ce qui signifie que des substituts sont disponibles et d'utilisation courante dans ce pays. Par contre, quatre pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 1 », ce qui indique que des substituts sont effectivement disponibles, mais très peu utilisés dans ces pays.

Dans l'ensemble, huit pays ont inséré dans leurs réponses des commentaires au sujet de leur expérience de l'utilisation de substituts dans le domaine de l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or. Deux pays signalent que l'utilisation du mercure est interdite pour de telles activités, bien que les mineurs artisanaux continuent de l'utiliser. Le coût plus élevé des substituts sans mercure est mentionné par un pays.

## Récapitulatif – Extraction minière artisanale et à petite échelle de l’or

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses de cinq pays à la Demande d’informations, pour ce qui est du niveau de remplacement du mercure dans l’extraction minière artisanale et petite échelle de l’or.

Tableau B2.6 – Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	1	20 %
1	4	80 %
0	0	0 %

Treize pays ont déclaré une demande de mercure nulle pour ce qui est de l’extraction minière artisanale ou à petite échelle de l’or. Il convient de signaler que bon nombre de ces pays n’ont pas de telles activités. Le fait que la demande de mercure soit nulle ne signifie pas nécessairement que la transition vers des procédés de substitution a été couronnée de succès. Le Japon est le seul pays à avoir indiqué que des substituts sont disponibles sur le marché et couramment utilisés. Le Japon déclare aussi que le mercure n’est pas utilisé pour l’extraction minière de l’or sur son territoire (demande = 0). Cela correspondrait à une transition effective vers l’adoption de techniques de substitution.

De manière générale, il ressort des réponses fournies par les pays que des substituts à l’amalgamation au mercure pour l’extraction minière artisanale et à petite échelle de l’or existent effectivement sur le marché, bien qu’ils ne soient pas encore d’utilisation courante. Il faudra en effet attendre un certain temps pour que la transition effective vers ces techniques potentiellement viables pour les orpailleurs devienne une réalité concrète.

Les difficultés auxquelles se heurte la transition ne se limitent pas à la disponibilité de techniques de substitution faisables. Entre autres problèmes à surmonter, le succès de la transition requiert que les quelque 15 millions de mineurs artisanaux éparpillés dans 50 pays changent de procédés dans les efforts qu’ils déploient quotidiennement pour pourvoir aux besoins de leurs familles. Il faudra également tenir compte du fait que la disponibilité du mercure à prix réduit n’incitera pas ces mineurs à rechercher des substituts sans mercure simplement sur la base de considérations économiques. L’expérience du passé montre que la hausse du prix du mercure se traduit par une baisse de l’utilisation de cette substance au niveau des mineurs artisanaux (Maag, 2007). Le succès de la transition devrait nécessiter : des programmes de formation et de sensibilisation à grande échelle; des initiatives visant à surmonter les obstacles d’ordre culturel, logistique et économique; et une réduction de l’offre de mercure à prix réduit.

Tableau B2.7 – Récapitulatif du processus de substitution pour l’extraction minière artisanale et à petite échelle de l’or

Extraction minière artisanale et à petite échelle de l’or	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Procédé basé sur l’amalgamation au mercure	Oui	Substituts disponibles - des difficultés recensées

### B.3 Production de chlorure de vinyle

Le chlorure de vinyle est la principale matière utilisée comme intermédiaire dans la production de polychlorure de vinyle. La première production industrielle du chlorure de vinyle a été réalisée par un procédé à l'acétylène utilisant le chlorure mercurique comme catalyseur pour accélérer la réaction de l'acétylène avec le chlorure d'hydrogène. Aujourd'hui, presque tous les pays se sont convertis au procédé à l'éthylène n'utilisant pas de mercure, à l'exception de la Chine et de la Fédération russe (Doa, 2007).

#### Production de chlorure de vinyle par le procédé à l'acétylène

##### Aperçu du procédé

Le procédé de production de chlorure de vinyle au moyen d'acétylène utilise en général le charbon et le calcaire comme matière première pour produire du carbure de calcium, qui est ensuite étendu d'eau pour produire de l'acétylène. Le chlorure de vinyle se forme par réaction de l'acétylène avec l'hydrogène anhydre en présence de chlorure de mercure utilisé comme catalyseur.

Le coût élevé des matières premières et la forte consommation d'énergie ont rendu cette technologie caduque, excepté en Chine. Ce procédé demeure économiquement viable en Chine du fait de la disponibilité au niveau local de toutes les matières premières requises, du faible niveau des coûts d'énergie et de matériaux dû à la présence de charbon bon marché, ainsi que des coûts réduits du capital et de la possibilité d'intégrer facilement le processus dans les circuits de production de polychlorure de vinyle.

La production de chlorure de vinyle par le procédé à l'acétylène est un processus consommateur d'énergie qui engendre un niveau élevé de pollution, notamment par le mercure libéré en même temps que les gaz résultant des réactions chimiques. Par ailleurs, on craint que l'accroissement de la production à base d'éthylène en Chine n'entraîne des pénuries d'énergie électrique, du fait que la capacité de production d'électricité du pays est déjà fortement sollicitée (ICIS, 2008).

Le facteur d'intrant par défaut recommandé dans l'Outil spécialisé du PNUE pour ce qui est de l'utilisation du mercure dans la production de chlorure de vinyle et de 100 à 140 grammes de mercure par tonne de chloroéthylène produite. Cette estimation est basée sur des données fournies en 2002 par la Fédération russe, indiquant que 16 tonnes de mercure avaient servi à produire 130 000 de chloroéthylène (PNUE, 2005)

##### Exploitants représentatifs

Le tableau qui suit indique les exploitants représentatifs du procédé de production de chlorure de vinyle utilisant de l'acétylène.

Tableau B3.1 – Exploitants représentatifs du procédé de production de chlorure de vinyle à base d'acétylène

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet
Ningxia Yinglite Chemical Co., Ltd.	Shizuishan, Ningxia (Chine)	<a href="http://www.yinglitechem.com/en/main_en.htm">www.yinglitechem.com/en/main_en.htm</a>
Shenyang Chemical Co	Shenyang, Liaoning (Chine)	<a href="http://www.sychem.com/en/index_en.asp">http://www.sychem.com/en/index_en.asp</a>

#### Substitut 1. Production de chlorure de vinyle au moyen d'éthylène

##### Aperçu du procédé

Le procédé à l'éthylène consiste à utiliser l'éthylène comme principal intermédiaire pour la production de chlorure de vinyle. La réaction de l'éthylène avec le chlore produit du bichlorure d'éthylène, qui s'obtient soit par chloration directe en utilisant du chlore à l'état pur, soit par oxychloration en utilisant du chlorure d'hydrogène. Le chlorure de vinyle est alors tiré du bichlorure d'éthylène par craquage thermique. L'hydrogène qui se forme comme sous-produit est recyclé par le procédé d'oxychloration.

A partir des années 1960, le niveau élevé des coûts de production par le procédé à l'acétylène a conduit à la reconversion aux méthodes utilisant de l'éthylène. Ces méthodes sont utilisées pour environ 35 % de la production chinoise de chlorure de vinyle et pour la quasi-totalité de la production actuelle dans le reste du monde.

Une usine de polychlorure de vinyle utilisant le procédé à l'éthylène nécessiterait environ 3 500 kilowattheures d'énergie électrique pour produire une tonne de polychlorure de vinyle, ce qui est bien en deçà des 6 500 à 7 000 kilowattheures nécessaires pour produire la même quantité de polychlorure de vinyle en utilisant le procédé à l'acétylène (ICIS, 2003).

## Exploitants représentatifs

Le tableau qui suit indique les exploitants représentatifs du procédé de production de chlorure de vinyle utilisant de l'éthylène.

Tableau B3.2 – Exploitants représentatifs du procédé de production de chlorure de vinyle utilisant de l'éthylène

Fabricant	Lieu d'implantation	Site Internet
The Dow Chemical Company	Midland, Michigan (Etats-Unis)	<a href="http://www.dow.com">www.dow.com</a>
Formosa Plastics Corporation	Taipei (Taiwan)	<a href="http://www.fpc.com.tw/enfpc/suba1-1.htm">www.fpc.com.tw/enfpc/suba1-1.htm</a>
INEOS	Lyndhurst, Hampshire (Royaume-Uni)	<a href="http://www.ineoschlor.com">www.ineoschlor.com</a>

## Substitut 2. Production de chlorure de vinyle au moyen d'éthane

### Aperçu du procédé

Le procédé à l'éthane concerne la production de chlorure de vinyle par chloration directe de l'éthane. Ce procédé à l'avantage d'utiliser un intermédiaire à faible coût et une réaction chimique relativement simple. Le coût de l'éthane représente environ le tiers de celui de l'éthylène. Comme principal inconvénient, la réaction se produit à des températures très élevées, alors que des températures de réaction supérieures à 500°C comportent des risques de corrosion. Un certain nombre d'entreprises ont tenté de mettre au point un procédé à l'éthane, mais la conception d'un tel procédé ayant des températures de réaction au-dessous de 500°C s'est révélée être une tâche plutôt ardue (cheresources.com, 2008).

L'entreprise INEOS ChlorVinyls a mis au point un procédé maintenant la température de réaction au-dessous de 400°C, qui a permis d'exploiter pendant plusieurs années une usine pilote d'une capacité de 1 000 tonnes par an installée à Wilhelmshaven (Allemagne). L'utilisation de ce procédé a réduit la consommation d'énergie de 30 % par rapport au procédé à l'éthylène. Cependant, l'entreprise n'envisage pas à l'heure actuelle de porter l'exploitation à l'échelle industrielle, en raison des problèmes de formation de sous-produits rencontrés lors de la phase pilote (Littlewood, 2008).

### Exploitants représentatifs

La production à l'échelle industrielle du chlorure de vinyle à partir de l'éthane n'existe pas encore.

## Demande et consommation de mercure

Le tableau qui suit contient des données sur la demande de mercure pour la fabrication du chlorure de vinyle, fournies par les pays dans leurs réponses à la Demande d'informations ou dans d'autres documents, y compris dans des rapports établis à l'aide de l'Outil spécialisé du PNUE pour l'identification et la quantification des rejets de mercure.

Tableau B3.3 – Demande de mercure pour la production de chlorure de vinyle

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
Chine	Autres sources	264 – 352 (2000) <sup>14</sup> 610 (2004) <sup>15</sup>
Fédération russe	Autres sources	15,5 (2002) <sup>16</sup>
Chili	Demande d'informations	0
Danemark	Demande d'informations	0
France	Demande d'informations	0
Allemagne	Demande d'informations	0
Japon	Demande	0

<sup>14</sup> SEPA, 2005.

<sup>15</sup> NRDC, 2006.

<sup>16</sup> ACAP 2004.

Pays	Source des données	Estimation de la demande/consommation de mercure (en tonnes par an)
	d'informations	
Pays-Bas	Demande d'informations	0
Norvège	Demande d'informations	0
Philippines	Outil spécialisé	0
Suède	Demande d'informations	0
Suisse	Demande d'informations	0
Royaume-Uni	Demande d'informations	0
Etats-Unis	Demande d'informations	0

Le Centre d'enregistrement des produits chimiques de l'Office chinois de protection de l'environnement a estimé à 610 tonnes la quantité de mercure utilisée pour la production de chlorure de vinyle en 2004, près de la moitié de ce mercure ayant été récupérée et recyclée pour réutilisation au niveau local. La consommation nette de mercure en Chine pour la production de chlorure de vinyle a été de 320,4 tonnes en 2004. La consommation brute de mercure devrait se situer au-delà de 1 000 tonnes d'ici à 2010 (NRDC, 2006).

Dans un rapport établi au titre du Plan d'action du Conseil de l'Arctique pour éliminer la pollution dans l'Arctique (ACAP), quatre producteurs de chlorure de vinyle basés en Fédération russe ont été identifiés comme des entreprises utilisant un procédé à base d'acétylène en 2002. La consommation brute de mercure de ces quatre installations était de 15,5 tonnes. Il est estimé que de cette quantité totale, 0,1 % est libérée dans l'atmosphère, 0,1 % rejetée dans des eaux usées et 30 % récupérée du catalyseur épuisé, tandis que près de 70 % demeure dans l'acide hydrochlorique. La quantité de mercure récupérée de l'acide hydrochlorique est d'environ 8 tonnes. L'acide hydrochlorique contenant du mercure est vendu pour réutilisation dans d'autres applications, notamment dans les industries pétrolières et gazières, pour le traitement des puits (ACAP, 2004).

### Niveau de remplacement du mercure et expérience de l'usage de substituts

Les tableaux qui suivent présentent divers renseignements fournis par les pays au sujet de leur expérience concernant la transition technologique ou l'adoption de techniques de substitution pour remplacer l'utilisation du mercure dans la production de chlorure de vinyle par des procédés de fabrication n'utilisant pas de mercure. Les données figurant dans ces tableaux sont tirées des réponses des pays à la Demande d'informations du PNUE, ainsi que du processus de l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure ou d'autres sources d'information. Dans certains cas, les tableaux comportent une version abrégée ou révisée des réponses initiales communiquées par les pays.

Tableau B3.4 – Pays ayant déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 »

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
France	Demande d'informations	Toutes les installations utilisent des procédés sans mercure à base d'éthylène.
Allemagne	Demande d'informations	Aucune information n'a été fournie sur l'expérience de la transition pour justifier ce niveau de substitution.
Iran	Demande d'informations	L'Iran a déclaré un niveau de substitution se situant entre 1 et 2. Toutes les installations sont tenues, pour leurs rejets, de se conformer aux normes et critères environnementaux fixés par le ministère de l'environnement.
Japon	Demande d'informations	Les procédés utilisant des catalyseurs à mercure ne sont plus utilisés à l'heure actuelle pour la production de chlorure de vinyle. Le procédé au carbure/acétylène a été utilisé jusqu'en 1960 lorsque les procédés existant alors ont été reconvertis à la méthode employant le dichlorure d'éthylène et au procédé d'oxychloration du fait du coût élevé de l'électricité.
Pays-Bas	Demande d'informations	Le chlorure de vinyle est produit au moyen de chlorure d'hydrogène et d'éthylène ou de dichlorure d'éthylène. Ces procédés à l'éthylène n'utilisent pas le mercure comme catalyseur.



Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Niveau « 2 » - Substituts disponibles et couramment utilisés
Norvège	Demande d'informations	Le mercure n'est pas utilisé pour cette industrie en Norvège.
Suède	Demande d'informations	Une usine utilisant la méthode à l'éthylène qui est en exploitation depuis 1970, en remplacement d'une autre usine utilisant le procédé à l'acétylène (catalyseur à base de chlorure de mercure). L'expérience de la transition vers l'adoption de procédés sans mercure est satisfaisante à la fois sur les plans économique et environnemental.

Tableau B3.5 – Pays n'ayant pas fourni de réponse pour le niveau de substitution dans ce domaine

Pays	Source des données	Expérience de la transition technologique ou de l'usage de substituts Aucune réponse reçue pour le niveau de substitution dans ce domaine
Cambodge	Outil spécialisé	Il n'existe pas de procédés donnant lieu à l'utilisation intentionnelle du mercure dans les activités industrielles au Cambodge.
Chili	Outil spécialisé	Ce domaine ne s'applique pas au Chili.
Danemark	Demande d'informations	Il n'y a jamais eu d'activité industrielle dans ce domaine.
Allemagne	Demande d'informations	Ce processus ne s'applique pas à l'Allemagne.
Suisse	Demande d'informations	Ce processus n'existe pas en Suisse.
Etats-Unis	Demande d'informations	Il n'existe pas d'activité de production de chlorure de vinyle au moyen d'acétylène aux Etats-Unis.

Six pays ont déclaré un niveau de substitution correspondant à « 2 » pour la production de chlorure de vinyle et un pays, l'Iran, a déclaré un niveau « 1 – 2 ». La mention du niveau 2 signifie que des substituts sont disponibles et d'utilisation courante dans les pays concernés. Cinq de ces sept pays sont des pays européens. Quatre d'entre eux indiquent que la production de chlorure de vinyle repose sur des procédés n'utilisant pas de mercure.

### Récapitulatif – Production de chlorure de vinyle

La Chine est le plus grand producteur de chlorure de vinyle, avec une part représentant 32 % du marché mondial en 2007. Soixante-cinq pour cent du chlorure de vinyle produit en Chine est fabriqué au moyen d'un procédé à base d'acétylène utilisant l'oxyde mercurique comme catalyseur (KGI, 2008). En 2006, le pays comptait environ 80 usines de chlorure de vinyle, dont 71 utilisant le procédé à l'acétylène pour produire en moyenne 85 000 tonnes par usine par an (Chemsystems.com, 2008).

Au cours des dernières années, la Chine a construit de nouvelles installations de production de chlorure de vinyle du fait de l'augmentation de la demande de polychlorure de vinyle et d'autres facteurs économiques qui favorisent la production à base d'acétylène, au détriment du procédé à l'éthylène. La capacité de production de chlorure de vinyle par le procédé à l'acétylène s'est accrue aussi rapidement, sinon plus rapidement que la capacité basée sur l'utilisation de l'éthylène. La Chine possède en abondance du charbon bon marché, qui constitue la principale matière première pour la production d'acétylène. La disponibilité limitée de l'éthylène en Chine contribue aussi aux facteurs économiques qui militent en faveur de la production à base d'acétylène.

Certains indices tendent à montrer que le procédé à base d'acétylène serait en train de voir s'effriter son avantage économique par rapport au procédé à l'éthylène. Le prix du charbon a augmenté considérablement en Chine entre 2007 et 2008. Les cours de l'éthylène ont subi une baisse récemment en raison d'un accroissement de la capacité de production au Moyen-Orient. Le gouvernement chinois déploie parallèlement des efforts pour réduire les exportations de produits consommateurs d'énergie, générateurs de pollution et à faible valeur ajoutée. A cet égard, il a décidé en 2007 de ramener de 11 % à 5 % le taux de la détaxe à l'exportation pour le polychlorure de vinyle (KGI, 2008)

Le tableau qui suit présente une ventilation quantitative des réponses concernant le niveau de remplacement du mercure dans la production de chlorure de vinyle.

Tableau B3.6 – Réponses des pays pour le niveau de substitution

Niveau de substitution	Nombre de réponses reçues des pays	Pourcentage de réponses
2	6	86 %
1 - 2	1	14 %
1	0	0 %
0	0	0 %

Quatre-vingt-six pour cent des réponses à la Demande d'informations indiquent que des substituts sont disponibles et d'utilisation courante en ce qui concerne l'utilisation du mercure comme catalyseur dans la production de chlorure de vinyle. Eu égard au fait qu'à l'échelle mondiale le chlorure de vinyle est produit en grande partie par un procédé n'utilisant pas de mercure, ces réponses tendent à montrer que le processus de transition a été couronné de succès. La poursuite de ce passage à des procédés sans mercure en Chine dépendra de facteurs tels que la disponibilité et le coût des matières premières, le coût de l'énergie et les mesures de réglementation.

Tableau B3.7 – Récapitulatif du processus de substitution concernant le chlorure de vinyle

Production de chlorure de vinyle	Techniques de substitution identifiées	Faisabilité de la transition
Procédé à base d'acétylène	Oui	Faisabilité selon le site

## Conclusions

Les conclusions tirées dans le présent rapport sont fondées essentiellement sur les réponses fournies à la Demande d'informations et les communications faites dans le cadre de l'Outil spécialisé d'évaluation du mercure par un échantillon de 33 pays. Ces réponses comportent de précieux renseignements sur la demande de mercure par produit et par pays en Amérique du Nord et du Sud, en Europe, en Afrique et en Asie. La Demande d'informations visait à obtenir des informations présentées sous une forme spécifique concernant la demande de mercure et le processus de substitution. La présentation systématique sous cette forme a grandement facilité la synthèse et l'analyse des données communiquées par nombre de pays. Telle qu'elle a été conçue, la Demande d'informations s'est révélée fort utile en donnant aux pays des orientations cohérentes pour l'estimation de leur demande de mercure concernant diverses catégories de produits et de procédés.

Toutefois, bon nombre des réponses reçues comportent des lacunes au sujet des données concernant certaines catégories de produits et procédés. Par exemple, sur l'ensemble des 33 réponses reçues, 10 contiennent des données sur la demande de mercure pour la fabrication de dispositifs électriques et électroniques, tandis que huit autres fournissent des données concernant l'utilisation du mercure dans la fabrication des thermostats. En outre, les réponses relatives à l'estimation de la demande annuelle de mercure indiquent parfois des données portant sur plusieurs années, dont certaines remontent à aussi loin que 2001. Par conséquent, ces réponses ne sauraient servir de base d'extrapolation pour déterminer la demande globale de mercure au niveau régional ou mondial.

Les estimations de la demande de mercure indiquées dans les réponses comportent des similitudes en ce qui concerne les instruments de mesure et de contrôle, les accumulateurs, les dispositifs électriques et électroniques et les lampes et systèmes d'éclairage. Pour ces catégories de produits, les niveaux les plus élevés ont été déclarés soit par des pays occupant les premiers rangs dans l'exploitation ou l'application locale d'un produit ou procédé spécifique utilisant du mercure, soit par des pays utilisant l'Outil spécialisé comme base d'estimation de leur demande de mercure.

Des techniques de substitution ont été identifiées pour la grande majorité des produits et procédés examinés dans le présent rapport. La disponibilité de techniques de substitution a été jugée effective si, pour une catégorie de produits donnée, on a pu identifier au moins un substitut disponible dans le commerce et un fabricant d'un tel substitut, ou encore au moins une technique de substitution pour une catégorie de procédés donnée.

Pour les besoins du présent rapport, le succès de la transition est jugé « effectif » si plus de 50 % des réponses à la Demande d'informations déclarent un niveau de substitution correspondant à « 2 » (Substituts disponibles et couramment utilisés) et l'absence de toute expérience négative de la transition, et si au moins deux pays déclarent soit avoir eu une demande annuelle de mercure nulle, soit avoir mis en place une politique d'interdiction de produits ou de procédés devant entraîner une demande de mercure nulle à l'horizon 2009.

### *Succès avéré de la transition*

Il ressort des réponses fournies que des techniques de substitution existent pour plusieurs produits et procédés et que le processus de transition vers ces nouvelles techniques a connu un succès effectif. Ce sont les produits et procédés suivants :

- *Thermomètres.* Plusieurs techniques de substitution tels les thermomètres à liquide, à cadran ou à affichage numérique ont été répertoriées. Cinquante-trois pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont utilisés couramment, sans inconvénients signalés. Qui plus est, cinq pays ont eu une demande nulle en ce qui concerne les thermomètres à mercure. Toutefois, quatre pays ayant un niveau de substitution correspondant à « 1 » relèvent que le coût des substituts sans mercure est très élevé.
- *Sphygmomanomètres.* Deux principales techniques de substitution ont été recensées, à savoir les substituts anéroïdes et les substituts électroniques. Soixante-neuf pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Cinq pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les sphygmomanomètres au mercure.
- *Thermostats.* Deux principales techniques de substitution ont été recensées, à savoir les substituts mécaniques et les substituts électroniques. Quatre-vingt-trois pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Cinq pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les thermostats au mercure.

- *Accumulateurs (non miniaturisés).* Pour les piles cylindriques au zinc-manganèse de type pâteux ou alcalin ou constituées de carton rigide et les piles à l'oxyde mercurique, il existe dans le commerce des substituts tels que les piles au manganèse alcalin. Soixante-seize pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Six pays déclarent avoir une demande nulle en ce qui concerne les piles standard au mercure.
- *Commutateurs et relais.* Un grand nombre de techniques de substitution ont été recensées pour les divers types de commutateurs et de relais contenant du mercure. Soixante-dix pour cent des pays ayant fourni des réponses indiquent que ces substituts sont disponibles sur le marché et sont couramment utilisés, sans inconvénients signalés. Qui plus est, quatre pays déclarent avoir une demande nulle de commutateurs et de relais au mercure.
- *Phares d'automobiles à décharge à haute intensité.* Les constructeurs automobiles utilisent des phares à décharge à haute intensité (HID) pour certains véhicules de haut de gamme ou de hautes performances, mais de manière générale les automobiles sont équipées de lampes halogènes sans mercure. Les spécifications techniques des lampes sont déterminées par le constructeur et ne peuvent être modifiées facilement par le consommateur. Les phares à décharge à haute intensité sont plus coûteux que les lampes halogènes, mais ils offrent divers avantages, notamment l'amélioration de la visibilité nocturne, leur faible encombrement, la longévité des ampoules et une très grande efficacité. Les constructeurs automobiles qui cherchent à égaler l'efficacité de ces phares peuvent désormais choisir entre deux techniques sans mercure de conception récente, à savoir les lampes à décharge à haute intensité contenant de l'iodure de zinc à la place du mercure et les lampes à diode électroluminescente (LED).
- *Production de chlore alcali.* De nombreux pays du monde qui exploitent des usines utilisant des cellules à mercure pour la production de chlore alcali ont réduit sensiblement leur consommation de mercure par la fermeture de telles installations, ce qui a contribué à réduire leurs émissions de mercure grâce à la rationalisation des modes d'exploitation, ainsi que par l'adoption de procédés substituant les cellules à diaphragme aux anciennes cellules à mercure. Par ailleurs, l'industrie a pris l'engagement de fermer ou de reconverter les installations de fabrication de chlore alcali en Europe et en Inde. Bien que la conversion du procédé utilisant des cellules à mercure en procédé utilisant des cellules à diaphragme soit techniquement réalisable, le coût d'une telle opération varie d'un site à l'autre. Au nombre des facteurs importants qui influent sur les coûts de conversion figurent la nécessité d'une capacité accrue, les dépenses d'énergie et les coûts de maintenance qui sont fonction de l'âge de l'ancienne usine. En revanche, les avantages découlant d'une reconversion réussie comprennent la réduction de la consommation d'énergie, le faible niveau des besoins de maintenance et l'élimination des questions liées à la gestion du mercure. Environ 89 % des réponses à la demande d'informations concernant la production de chlore alcali indiquent que le processus de substitution se situe au niveau « 2 », et aucune réponse négative n'est fournie pour ce qui est de la transition vers l'usage de substituts sans mercure. De plus, 10 pays déclarent avoir une demande annuelle de mercure nulle.

#### *Disponibilité de substituts : des difficultés recensées*

Des techniques de substitution sont disponibles pour les produits et procédés cités ci-après, mais il subsiste des difficultés de caractère économique, technique, social ou institutionnel, qui doivent être surmontées préalablement à toute application effective des nouvelles techniques à l'échelle mondiale.

- *Piles à l'oxyde d'argent, à l'oxyde mercurique et de type zinc-air ou alcalin.* Des piles sans mercure miniaturisées sont disponibles comme substituts à ces produits contenant du mercure. Cependant, les quantités existantes sont limitées et ne peuvent pas satisfaire la demande pour diverses applications qui requièrent des accumulateurs miniaturisés. En dépit de cela, l'entrée en vigueur de l'interdiction de tels produits contenant du mercure au niveau des Etats fédérés des Etats-Unis d'Amérique est prévue en 2011, ce qui laisse tout de même aux fabricants le temps de mettre au point des accumulateurs miniaturisés ne contenant pas de mercure pour la plupart des applications concernées.
- *Amalgames dentaires.* Les substituts sans mercure à l'amalgame dentaire comprennent divers matériaux composites ou en verre ionomère. Ces substituts dont la couleur peut être adaptée à celle des dents sont très couramment utilisés lorsque des considérations esthétiques sont en jeu. Ils ont en outre l'avantage de ne pas produire des déchets nécessitant un traitement particulier lors de l'obturation des cavités dentaires. Les substituts sont plus coûteux, nécessitent plus de temps pour la pose et offrent souvent moins de résistance à la fêlure et à l'usure. Trois pays (Danemark, Norvège et Suède) estimant que les substituts disponibles peuvent remplacer adéquatement l'amalgame ont interdit à partir de 2008 l'usage d'amalgames dentaires au mercure. Huit pays représentant 50 % des réponses reçues concernant l'utilisation du mercure indiquent que des substituts sont disponibles et couramment utilisés dans ces pays. Malgré le succès effectif de la transition dans certains pays, le coût très élevé des substituts

constitue une sérieuse entrave à l'abandon total de l'amalgame dentaire. Quatre pays évoquent le coût très élevé des techniques de substitution.

- *Dispositifs translucides d'affichage à cristaux liquides (LCD)*. Des panneaux LCD dotés d'un système de rétroéclairage à diode électroluminescente (LED) sans mercure sont utilisés actuellement dans les ordinateurs portables et les téléviseurs. Cette technique d'éclairage LED comporte certains avantages du point de vue de la performance par rapport au système très répandu d'éclairage en arrière-plan par tube à cathode froide, notamment ce qui concerne la longévité, le taux-contraste et le potentiel de réduction de la consommation d'énergie. La technique LED continue de se développer, son coût est plus élevé et le succès de son adoption sur une grande échelle pourrait nécessiter une reformulation des produits utilisant des affichages LCD.
- *Lampes fluorescentes linéaires ou compactes*. Diverses lampes LED sont disponibles actuellement comme substituts aux lampes fluorescentes linéaires ou compactes, mais elles ne se prêtent qu'à un nombre limité d'applications en raison de leur faible puissance lumineuse et de leur coût élevé. Potentiellement, les lampes LED peuvent devenir des substituts viables pour les lampes fluorescentes du fait de leur durabilité et de leur faible consommation d'énergie, mais cette technologie a besoin d'être davantage affinée pour qu'un tel but soit réalisable.
- *Lampes à décharge à haute intensité (HID) (hormis les phares)*. A quelques exceptions près, les lampes HID sans mercure ne sont pas disponibles à l'heure actuelle. Cependant, plusieurs technologies d'éclairage ont été retenues comme potentiels substituts aux lampes HID contenant du mercure, notamment les lampes à diode électroluminescente, les lampes à halogénure de métal contenant de l'iode de zinc à la place du mercure et les lampes au sodium haute pression sans mercure.
- *Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or*. Des substituts sans mercure au procédé d'extraction minière de l'or par amalgamation sont disponibles et utilisés sur le terrain à l'heure actuelle. Cependant, l'abandon effectif de l'emploi du mercure nécessitera probablement de vastes campagnes de formation et de sensibilisation, des initiatives visant à surmonter les obstacles culturels, logistiques et économiques, ainsi qu'une diminution de l'offre de mercure à prix réduit.

#### *Faisabilité selon le site*

Le procédé décrit ci-après a été retenu pour faire l'objet d'une analyse par site en vue de déterminer la faisabilité économique d'un substitut sans mercure :

- *Production de chlorure de vinyle (VCM)*. Dans la quasi-totalité des pays (hormis la Chine et la Fédération russe) les entreprises de fabrication de chlorure de vinyle se sont reconverties au procédé à base d'éthylène n'utilisant pas de mercure, en raison de la faible consommation d'énergie et du coût peu élevé des matières premières requises. En Chine, la production de chlorure de vinyle au moyen du mercure par le procédé à base d'éthylène demeure économiquement viable, du fait de facteurs tels que l'offre de charbon bon marché et la disponibilité limitée d'éthylène pour le procédé utilisant cette substance. L'emploi du mercure pour la fabrication de chloroéthylène est censé s'accroître au fur et à mesure de l'augmentation de la production chinoise de chlorure de vinyle à la suite de la création de nouvelles usines utilisant le procédé à base d'éthylène.

Il importera d'assurer un suivi auprès des pays ayant répondu à la Demande d'informations pour combler les lacunes grâce à la communication de données complémentaires sur la demande de mercure et le processus de substitution. De telles informations sont jugées utiles pour la validation et l'amélioration éventuelle des constatations et des conclusions du présent rapport. En outre, le suivi auprès des pays n'ayant pas fourni des réponses permettrait de cerner davantage le niveau d'utilisation des substituts sans mercure à l'échelle mondiale.

## Sources

### Introduction et méthodologie

United Nations Environment Programme, Request for Information of Mercury in Products and Processes, Quantities Used, Demand, Level of Substitution, Technology Change-over, Available Substitutes, December 2007.

United Nations Environment Programme, Report of the Ad hoc Open-ended Working Group on Mercury on the work of its first meeting, November 28, 2007.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

### Instruments de mesure et de contrôle

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Air & Water, Inc., [www.air-n-water.com](http://www.air-n-water.com), April 2008.

AllHeart, [www.allheart.com](http://www.allheart.com), April 2008.

Amazon, [www.amazon.com](http://www.amazon.com), April 2008.

AZ Partsmaster, [www.azpartsmaster.com](http://www.azpartsmaster.com), April 2008

Canzanello, Vincent, et al., Are Aneroid Sphygmomanometers Accurate in Hospital and Clinical Settings?, Archives of Internal Medicine, Vol. 161, No. 5, March 12, 2001.

Electric Supplies Online, [www.electricsuppliesonline.com](http://www.electricsuppliesonline.com), April 2008

Global Village of Beijing, Market Research Report on Chinese Mercury-free Thermometers and Sphygmomanometers, November 22, 2007.

Healthy Heart Help, [www.healthyhearthelp.com](http://www.healthyhearthelp.com), April 2008.

KemI, Report No. 7/05 Mercury-free blood pressure measurement equipment – Experiences in the Swedish Healthcare Sector, 2005.

Lassen, Carsten, and Maag, Jakob, “Alternatives to Mercury- containing Measuring Devices”, Environmental Project No. 1102, 2006.

Lowell Center for Sustainable Production, A Review of Thermostat Energy Efficiency and Pricing, May 12, 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, January 2003.

Lowell Center for Sustainable Production, Sustainable Hospitals Project, [www.sustainablehospitals.org](http://www.sustainablehospitals.org), April 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark, 2007. (TemaNord 2007:541)

Pour les renseignements concernant le lieu d’implantation des fabricants, les produits et les prix, voir les sites Internet des fabricants et des détaillants indiqués dans les tableaux des fabricants représentatifs.

Miller Thermometer Company, [www.millthermometer.com](http://www.millthermometer.com), April 2008.

Natural Resources Defense Council, Research Analysis Report on Mercury Use in China 2003 – 2005 – The Measuring Devices Industry of China, May 2007.

Nextag, [www.nextag.com](http://www.nextag.com), April 2008.

Northeast Waste Management Official’s Association (NEWMOA), IMERC Database, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), April 2008.

Northeast Waste Management Official’s Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

Novatech, [www.novatech-usa.com](http://www.novatech-usa.com), April 2008.

Promed Products, [www.promedproducts.com](http://www.promedproducts.com), April 2008.

Prothermostats, [www.prothermostats.com](http://www.prothermostats.com), April 2008.

Supplierlist, [www.supplierlist.com](http://www.supplierlist.com), June 2008.

Thermostat Shop, [www.thermostatshop.com](http://www.thermostatshop.com), April 2008.

QA Supplies, [www.gasupplies.com](http://www.gasupplies.com), April 2008.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

Vitality Medical, [www.vitalitymedical.com](http://www.vitalitymedical.com), April 2008.

Welch Allyn, Service Manual Aneroid Sphygmomanometers, 95P504 Rev. D.

### **Piles**

AtBatt, [www.atbatt.com](http://www.atbatt.com), April, 2008.

Batteries.com, [www.batteries.com](http://www.batteries.com), April 2008.

China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, "China Mercury-related Information Analysis Report", April 2005.

Feng, Xinbin, Mercury Pollution in China – An Overview, Table 3. In: Pirrone, N., Mahaffey, K. (Eds.), Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes, Human Exposure Around the World. Springer Publishers, Norwell, MA, USA, pp. 657-678.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Miniature Batteries Containing Mercury, December 17, 2004.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark, 2007. (TemaNord 2007:541)

Pour les renseignements concernant le lieu d'implantation des fabricants, les produits et les prix, voir les sites Internet des fabricants et des détaillants indiqués dans les tableaux des fabricants représentatifs.

MD Battery, Varta V625U, PX625A, Lr9, 1.5V Alkaline Battery, [www.mdbattery.com](http://www.mdbattery.com), June 2008.

Microbattery, <http://shopping.microbattery.com>, April 2008.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA), Press Release, NEMA Announces Battery Industry Commitment to Eliminating Mercury in Button Cells, March 2, 2006, <http://www.nema.org/media/pr/20060302a.cfm>.

National Resources Defense Council (NRDC), NRDC Submission to UNEP In Response to March 2006 Request for Information On Mercury Supply, Demand, and Trade, [www.chem.unep.ch](http://www.chem.unep.ch).

Nextag Comparison Shopping, [www.nextag.com](http://www.nextag.com), April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

Radioshack, Mercuric Oxide Batteries, <http://support.radioshack.com>, April 2008.

Small Battery Company, Mercury Replacement Battery Catalogue, [http://www.smallbatterycompany.org.uk/sbc\\_mercury\\_catalogue.htm](http://www.smallbatterycompany.org.uk/sbc_mercury_catalogue.htm), June 2008.

State of Maine, Maine Revised Statutes, <http://janus.state.me.us/legis/statutes/38/title38sec1661-C.html>.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

Walgreens, [www.walgreens.com](http://www.walgreens.com), April 2008.

Xiaodong, Jian, China Ministry of the Environment, email communication, May 20, 2008.

### **Usage dentaire**

About Cosmetic Dentistry, [www.aboutcosmeticdentistry.com](http://www.aboutcosmeticdentistry.com), accessed on May 19, 2008.

ADA, American Dental Association, Dental Fillings Facts, [www.ada.org](http://www.ada.org), accessed on April 16, 2008.

Atlanta Dental, <http://www.atlantadental.com/default.aspx>

Christensen, GJ, Compomers vs. Resin-reinforced Glass Ionomers, *J Am Dent Assoc* 1997; 128; 479-480.

Colgate-Palmolive Company, Oral & Dental Health Basics – Types of Fillings, <http://www.colgate.com/app/Colgate/US/OC/Information/OralHealthBasics/CheckupsDentProc/Fillings/TypesOfFillings.cvsp>, accessed on May 13, 2008.

Cost Helper, How Much Does a Cavity Filling Cost?, [www.costhelper.com/cost/health/cavity-filling.html](http://www.costhelper.com/cost/health/cavity-filling.html), accessed on May 19, 2008.

Dentsply Caulk, <http://www.caulk.com/Index.html>

[www.free-ed.net](http://www.free-ed.net), Fundamentals of Dental Materials, <http://www.free-ed.net/sweethaven/medtech/dental/dentmat/lessonMain.asp?iNum=fra0105>, accessed on May 13, 2008.

Holt Dental Supply, Inc., <http://www.holtdentalsupply.com/>

Johnstone, Greg, Let's Talk Dental Fillings, Consumer Guide to Dentistry, [www.yourdentistryguide.com/](http://www.yourdentistryguide.com/), accessed on May 19, 2008.

KemI, Report No. 4/04. Mercury – Investigation of a General Ban, 2004.

Pour les renseignements concernant le lieu d'implantation des fabricants, les produits et les prix, voir les sites Internet des fabricants et des détaillants indiqués dans les tableaux des fabricants représentatifs.

Mitra, Sumita B. et al, An Application of Nanotechnology in Advanced Dental Materials, *J Am Dent Assoc* 2003; 134; 1382-1390.

Net32, <http://www.net32.com/>, accessed on May 14, 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), April 2008

Pearson Dental, <http://www.pearsondental.com/>

Pediatric Dental Health, Should Children Have White Dental Fillings?, November 1, 2001, [www.dentalresource.org/topic33whitefilling.htm](http://www.dentalresource.org/topic33whitefilling.htm), accessed on May 13, 2008.

PR Newswire, Dental Mercury Use Banned in Norway, Sweden and Denmark Because Composites Are Adequate Replacement, January 3, 2008, <http://www.prnewswire.com/cgi-bin/stories.pl?ACCT=104&STORY=/www/story/01-03-2008/0004729824&EDATE>, website accessed May 13, 2008.

SEPA, China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, "China Mercury-related Information Analysis Report", April 2005.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

### **Dispositifs électriques et électroniques**

Amazon, [www.amazon.com](http://www.amazon.com), April 2008.

Dean Bennett Supply, [www.aermotorwindmills.com](http://www.aermotorwindmills.com), April 2008.

Digikey, <http://parts.digikey.com>, April 2008.

Drillspot, [www.drillspot.com](http://www.drillspot.com), April 2008.

Lesman Online, Lesman Online Pressure, Temperature, Level, Flow, Analytical Products, [www.lesman.com](http://www.lesman.com), April 2008.

Lowell Center for Sustainable Production, An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products, January 2003.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

Pour les renseignements concernant le lieu d'implantation des fabricants, les produits et les prix, voir les sites Internet des fabricants et des détaillants indiqués dans les tableaux des fabricants représentatifs.

MOR Electric Heating Association, [www.heatersplus.com](http://www.heatersplus.com), April 2008.

Mouser, Mouser Catalog, [www.mouser.com](http://www.mouser.com), April 2008.

Newark, Electromechanical and Industrial Control, [www.newark.com](http://www.newark.com), April 2008.



Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), April 2008.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of IMERC Mercury-added Products Database, June 2008.

SJ Greatdeals, [www.sjgreatdeals.com](http://www.sjgreatdeals.com), April 2008.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

### **Lampes/éclairage**

AlbeO Technologies, Inc., [www.albeotech.com](http://www.albeotech.com), June 2008.

Amazon.com, Inc. [www.amazon.com](http://www.amazon.com), June 2008.

Apple Inc., [www.apple.com](http://www.apple.com), June 2008.

AutoZone Inc., [www.autozone.com](http://www.autozone.com), June 2008.

Bulbs.com, [www.bulbs.com](http://www.bulbs.com), June 2008.

C. Crane Co. Inc., [www.ccrane.com](http://www.ccrane.com), June 2008.

Crutchfield Corp. [www.crutchfield.com](http://www.crutchfield.com), June 2008.

eAutoWorks.com, [www.eautoworks.com](http://www.eautoworks.com), June 2008.

EdisonLED.com, [www.edisonled.com](http://www.edisonled.com), June 2008.

Energy Federation Inc., [www.energyfederation.org](http://www.energyfederation.org), June 2008.

EverLED, [www.everled.com](http://www.everled.com), June 2008.

Dell Inc., [www.dell.com](http://www.dell.com), June 2008.

General Electric Company, [www.ge.com](http://www.ge.com), June 2008.

Hasek, Glenn, On the Horizon and Here Today: LED Alternatives to Linear Fluorescents, Green Lodging News, [www.greenlodgingnews.com](http://www.greenlodgingnews.com), March 4, 2008.

Illumisys, Inc., [www.illumisys.com](http://www.illumisys.com), April 2008.

LEDdynamics, Inc., [www.EverLED.com](http://www.EverLED.com), April, 2008.

LED Liquidators, Inc., [www.ledliquidatorsinc.com](http://www.ledliquidatorsinc.com), June 2008.

Lightingonthenet.com, [www.lightingonthenet.com](http://www.lightingonthenet.com), June 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

Pour les renseignements concernant le lieu d'implantation des fabricants, les produits et les prix, voir les sites Internet des fabricants et des détaillants indiqués dans les tableaux des fabricants représentatifs.

National Automotive Parts Association (NAPA), [www.napaonline.com](http://www.napaonline.com), June 2008.

Natural Resources Defense Council (NRDC), Survey and Research on the Status of Use of Mercury in China's Electric Light Source Industry, Chemical Registration Center of State Environmental Protection Administration of China, 2007.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), IMERC Database, [www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc), April 2008

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Mercury Use in Lighting, <http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/lighting.pdf>, June 2006.

Northeast Waste Management Official's Association (NEWMOA), Trends in Mercury Use in Products: Summary of the Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) Mercury-added Products Database, June 2008

Osram Sylvania, [www.sylvania.com](http://www.sylvania.com), June 2008.

Ramroth, Laurie, Comparison of Life-Cycle Analyses of Compact Fluorescent and Incandescent Lamps Based on Rated Life of Compact Fluorescent Lamp, Rocky Mountain Institute, February 2008.

Samsung Electronics Co. Ltd., [www.samsung.com](http://www.samsung.com), April, 2008.

Shenzhen Dicolor Optoelectronics Co. Ltd., [www.dicolor.cn](http://www.dicolor.cn), June 2008.

Super Bright LEDs Inc., [www.superbrightleds.com](http://www.superbrightleds.com), June 2008.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, <http://www.netl.doe.gov/ssl/publications/publications-factsheets.htm>, June 2008.

Woodyard, Chris, Healy, James R., Car buyers to see the light in LEDs, USA Today, November 1, 2006.

#### **Autres produits**

Baird, David M., Lighthouses, The Canadian Encyclopedia, [www.thecanadianencyclopedia.com](http://www.thecanadianencyclopedia.com), accessed on July 15, 2008.

Jacovella, France, Canadian Information to Support Intersessional Work of the OEWG, January 31, 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541).

Shultz, Denise and Paul Shultz, Pharology 101 – Mercury Float, Lighthouses of Australia Inc. Monthly Bulletin, May/June 2005 – Vol 8 No. 3.

Toxics Use Reduction Institute (TURI), Five Chemical Alternatives Assessment Study, June 2006.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

#### **Production de chlore alcali**

Andersson, Caroline, Counsellor Regulatory and Environmental Affairs, Euro Chlor, email communication, May 27, 2008.

Berthiaume, Sylvie, et. al., SRI International, Chemical Economics Handbook, Chlorine/Sodium Hydroxide, 2000.

Euro Chlor, Position Paper on Mercury, February 12, 2008.

Euro Chlor, Chlorine Plants January 2005, <http://www.eurochlor.org/plants>.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry, December 2001.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541).

United Nations Environment Programme, Draft Business Plan of the Reductions from the Chlor-Alkali Sector Partnership Area, February 26, 2008.

United Nations Environment Programme, Summary of Supply, Trade, and Demand Information on Mercury, November 2006.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

#### **Extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or**

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Cleangold, LLC, [www.cleangold.com](http://www.cleangold.com), June 2008.

Gunson, A.J., Veiga, M.M., Mercury and Artisanal Mining in China, *Environmental Practice*, 2004, 6:109-120.

Hylander, Lars D., et al, Comparison of Different Gold Recovery Methods with Regard to Pollution Control and Efficiency, *Clean*, 2007, 35(1), 52-61.

IE-TEC Marketing Limited, [www.extrac-tec.com](http://www.extrac-tec.com), May 2008.

Knelson, [www.knelson.com](http://www.knelson.com), June 2008.

Maag, Jakob et al., Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark., 2007. (TemaNord 2007:541)

Minerals Council of Australia, [www.minerals.org.au](http://www.minerals.org.au), accessed on May 21, 2008.

Mintek, [www.mintek.co.za](http://www.mintek.co.za), June 2008.

Oppenheimer, Greg, IE-TEC Marketing Limited, email correspondence, May 21, 2008.

UNIDO, Global Mercury Project, Report to the UNEP Governing Council Meeting, Nairobi, February 2007, Global Impacts of Mercury Supply and Demand in Small-Scale Gold Mining, October 2006.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.

Veiga, Marcello, Global Mercury Project, Equipment Specification for the Demonstration Units in Zimbabwe, March 2004.

Veiga, Marcello M., et al, Origin of Mercury in Artisanal and Small-scale Gold Mining, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 436-447.

Vieira, Rickford, Mercury-free Gold Mining Technologies: Possibilities for Adoption in the Guianas, *J. Cleaner Prod.* 2006, 14, 448-454.

### **Production de chlorure de vinyle**

ACAP, Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Russian Federal Service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and Danish Environment Protection Agency for Arctic Council. December 2004.

Chemsystems.com, PERP Program – Acetylene-Based VCM, <http://www.chemsystems.com/about/cs/news/items/PERP%200506S4%20Acetylene%20Based%20VCM.cfm>, accessed on June 3, 2008.

Cheresources.com, VCM from Ethane Becomes Profitable, <http://www.cheresources.com/vcm.shtml>, accessed on April 4, 2008.

Doa, Maria, Commodity-Grade Mercury Global Supply, Demand, and Movement, Commodity-Grade Mercury Stakeholder Meeting, May 8, 2007, <http://www.epa.gov/mercury/stocks/20070508.htm>, accessed on June 3, 2008.

The Dow Chemical Company, Product Safety Assessment Vinyl Chloride Monomer, January 2007.

European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry, February 2003.

ICIS, Impact of Costs Shrugged Off, December 15, 2003, <http://www.icis.com/Articles/2003/12/16/542742/impact-of-costs-shrugged-off.html>, accessed on June 2, 2008.

ICIS, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Prices and Pricing Information, accessed at <http://www.icis.com/v2/chemicals/9076567/vinyl-chloride/pricing.html>, on April 4, 2008.

ICIS, Vinyl Chloride Monomer (VCM) Uses and Market Data, accessed at <http://www.icis.com/v2/chemicals/9076568/vinyl-chloride/uses.html>, on April 4, 2008.

KGI, [http://research.kgiworld.co.th/recom.nsf/0/56FB5A0B162894F74725741100068AD9/\\$file/Short+Report+TPC+2008+03+19+e+th.pdf](http://research.kgiworld.co.th/recom.nsf/0/56FB5A0B162894F74725741100068AD9/$file/Short+Report+TPC+2008+03+19+e+th.pdf), accessed June 2, 2008.

Linak, Eric et. al., “Vinyl Chloride Monomer (VCM),” Chemical Economics Handbook Product Review, SRI International, October, 2003.

Littlewood, Andrew, INEOS ChlorVinyls, email correspondence, June 3, 2008.

National Resources Defense Council (NRDC), NRDC Submission to UNEP In Response to March 2006 Request for Information On Mercury Supply, Demand, and Trade, [www.chem.unep.ch](http://www.chem.unep.ch).

SEPA, China Chemicals Registration Center, State Environmental Protection Administration, “China Mercury-related Information Analysis Report”, April 2005.

United Nations Environment Programme, Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, Pilot Draft, November 2005.