

ROYAUME DU MAROC
Ministère de l'Aménagement du Territoire,
de l'Eau et de l'Environnement

Secrétariat Général
Direction de la Surveillance
et de la Prévention des Risques
7130



المملكة المغربية
وزارة إعداد التراب الوطني و
البيئة

الكتابة العامة
مديرية الرصد و الوقاية من المخاطر

Rapport relatif au Plomb et Cadmium

**Rapport établi avec la contribution
du Centre Anti Poison et l'Institut National d'Hygiène
(Ministère de la Santé)**

- Octobre 2005 -

Sommaire

I-	Introduction.....	3
II-	Caractéristiques physico-chimiques du Plomb et Cadmium.....	3
III-	Sources de production.....	4
IV-	Modes d'utilisation.....	6
V-	Sources de rejets du Plomb et Cadmium dans l'environnement.....	6
VI-	Propagation et devenir du Plomb et Cadmium dans l'environnement.....	7
VII-	Sources d'exposition au Plomb et Cadmium.....	8
VIII-	Evaluation des risques toxicologiques.....	9
IX-	Données nationales.....	10
	1 – Teneurs du Plomb et du Cadmium dans l'environnement / Programme MEDPOL – Maroc.....	10
	2 - Evaluation du Plomb atmosphérique au niveau de la ville de Rabat- Salé.....	17
	3 - Evaluation des teneurs en Plomb dans les eaux potables.....	17
	4 - Evaluation des teneurs en Plomb dans les tagines.....	18
	5 - Saturnisme chez la population marocaine.....	19
	6 - Exposition des habitants de Rabat au Cadmium.....	20
X-	Mesures mises en œuvres au niveau national.....	20
XI –	Conclusion.....	21
	Références bibliographiques.....	23

I / Introduction

Il est aujourd'hui clair que la pollution par les métaux lourds, dans les pays développés et en voie de développement, est un problème majeur pour le XXIème siècle.

Ces métaux, utilisés encore dans de nombreuses applications, ont des impacts souvent très néfastes sur l'environnement et la santé des populations.

Après l'évaluation mondiale du mercure, le Programme des Nations Unies pour l'environnement a lancé suite à la décision 23/9 du Conseil d'Administration des Nations Unies, une étude scientifique du plomb et du cadmium afin de déterminer s'il y a lieu de mener une action à l'échelle mondiale concernant ces deux substances.

Le présent rapport constitue une modeste contribution à cette étude et les données qui sont présentées sont celles d'études réalisées par des institutions nationales à savoir la Direction de la Surveillance et de la prévention des Risques qui relève du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, du Centre Anti Poison et de l'Institut National d'Hygiène relevant tous les deux du Ministère de la Santé.

II - Caractéristiques physico-chimiques

1 - Plomb : Le plomb est connu depuis la haute antiquité. Il vient du latin plumbum signifiant liquide argenté. C'est un métal bleuté brillant, très mou, très malléable et ductile. Il ternit au contact de l'air humide, ne réagit ni avec l'oxygène, ni avec l'eau et il est attaqué par l'acide nitrique. Ses composés sont toxiques par inhalation ou ingestion. Les effets sont cumulatifs. On le trouve principalement dans des minerais comme la galène et le sulfure de plomb (PbS).

2 – Cadmium : Le cadmium est un métal bleuté, mou et malléable de couleur argentée avec des teintes de bleu, lustré. Il ternit au contact de l'air et réagit avec les acides et les bases. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunes qui sont toxiques et dangereuses pour la santé. Le cadmium appartient au sous-groupe IIb (qui comprend également le zinc et le mercure) dans la série de transition du tableau périodique des éléments.

L'état le plus stable dans la nature est le Cd(+2) qui permet une grande solubilité des lipides, une importante bio accumulation et par conséquent un fort degré de toxicité qui résulte essentiellement de la ressemblance du métabolisme du Cd avec celui du Zn : le Cd remplace le Zn dans de nombreuses réactions enzymatiques.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques du Pb et du Cd

	Plomb	cadmium
Masse atomique	270	112
Masse volumique	11,35 g/cm³	8,6 g/cm³
Température de fusion	327°	320,9°
Température d'ébullition	1.740°	765°
Symbole chimique	Pb	Cd
Minerai d'origine	Galène	Scories du zinc

III - Sources de production :

1 - Les sources naturelles :

- **Cadmium** : Le cadmium est un élément naturel présent dans la croûte terrestre à concentration moyenne de 0.2 partie par million. Il se trouve associé généralement avec le Zn dans les minerais des carbonates et des sulfures. Il peut se constituer suite à une altération et une érosion des roches cadmifères et constituer également un produit de raffinage des autres métaux : Cu, Pb, Zn .

- **Plomb** : Le plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. Dans l'air, les émissions de plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'une importance mineure. D'autres processus naturels, comme la dégradation et l'érosion du sol et les feux de forêt, contribuent de façon significative à la libération de plomb. Mais généralement, ces processus naturels ne conduisent que rarement à des concentrations élevées de plomb dans l'environnement.

Le Maroc est classé **9^{ème} producteur** du plomb au niveau mondial, derrière l'Afrique du Sud et devant Kazakhstan. Le Maroc livre en moyenne **100 kilotonnes de concentrés et 70 kilotonnes de métal primaire par an**. Les réserves ne présentent cependant que 0,5 million de tonnes, soit **0,77% des réserves mondiales**.

Les gisements miniers de plomb se trouvent dans leur majorité sous forme d'une association type minéral / sulfures au niveau du Haut Atlas Oriental, du Moyen Atlas, du Tafilalt et de l'Atlas Occidental (Evaluation des impacts des exploitations minières sur l'environnement et la santé/Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement Marocain).

La valorisation des concentrés de plomb au Maroc a commencé vers 1945, avec la construction de la Société des Fonderies de plomb de Zellidja au niveau de l'Oriental. Actuellement cette société produit environ 66 000t/an de Plomb doux à 99,99% Pb

Tableau 2 : Production minière et flux d'exportation du Plomb (2002)

	Production minière		Exportation	
	Kilotonnes (*)	Millions de Dirhams marocains (**)	Kilotonnes (*)	Millions de Dirhams marocains (**)
Plomb	87,4	286,6	32,6	88,5

Sources : Ministère de l'Energie et des Mines marocain

(*) : 1000 tonnes.

(**) : 10⁶ Millions de Dirhams marocains.

2 - Les sources anthropiques

- **Cadmium** : Le cadmium est très utilisé en électronique : sa forte résistance contre la corrosion et son apparence brillante lui confèrent une large utilisation dans l'industrie des automobiles, des avions, des navires, dans le domaine des constructions et des moyens de communications...etc. Les sulfures de Cd sont utilisés comme colorants dans les diverses industries : plastiques, céramique, peintures et textiles. Le Cd est aussi un produit de base dans l'industrie des batteries grâce à sa parfaite réversibilité lors des réactions électrochimiques sur un large intervalle de température, sa faible vitesse d'auto-décharge et sa récupération facile à partir des batteries usées. (voir p :50, thèse Samira).

- **Plomb** : les émissions du Pb sont généralement anthropiques. ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, des rejets des véhicules à moteur. Les rejets aquatiques les plus importants proviennent de la sidérurgie. Dans les sols, la présence de plomb est naturelle ou résulte des retombées atmosphériques et localement des déchets industriels solides provenant de l'extraction de minerai de plomb, du recyclage des batteries électriques ou de l'affinage de plomb. Dans les sols, la détérioration de la

peinture à base de plomb recouvrant des surfaces peintes constitue également une source de pollution par le plomb.

IV - Modes d'utilisation

- **Plomb** : Pour ses caractéristiques particulières : masse spécifique élevée, bas point de fusion, pouvoir d'arrêter les rayonnements, résistance à la corrosion, capacité de former des alliages et des composés chimiques, facilité de recyclage, le plomb est utilisé dans une vaste gamme d'application, notamment dans la fabrication des batteries électriques, des radiateurs d'automobiles, des alliages, enrobage de câbles, dans la soudure, dans la céramique, tuyaux, réservoirs...

De même, il est utilisé dans le développement des technologies modernes telles que la protection contre l'exposition aux rayonnements dans le domaine de l'imagerie médicale, les techniques de radiothérapie, la technologie nucléaire utilisée à des fins médicales et militaires, ...etc.

- **Cadmium** : Le cadmium entre dans la fabrication des accumulateurs au nickel-cadmium, dans le revêtement appliqué par électrodéposition sur d'autres métaux, comme des produits en fer et en acier pour en améliorer l'apparence et les protéger contre la corrosion ainsi que dans la production des pigments jaunes et rouges.

V - Sources de rejets dans l'environnement

1 – Plomb :

Le plomb pénètre dans l'environnement à partir des sources naturelles des rejets ou des sources anthropiques.

* Les sources naturelles peuvent être :

- le processus de désagrégation des roches sédimentaires à base de Pb ;
- les poussières de Silicates, les aérosols chlorés volcaniques, les aérosols de sels marins, les fumées météoriques et le plomb provenant de la désintégration du radon sont à l'origine de la formation de la particule de Pb aéroportée.

* Les sources anthropiques sont liées aux émissions du Pb inorganique dans l'atmosphère suite à la combustion du Plomb tétraéthyle utilisé comme additif dans les carburants et aux émissions provenant des industries chimiques, des activités minières, des huiles de vidange, d'imprimeries, etc.

2 - Cadmium

Le cadmium est introduit dans l'environnement à partir des :

* Les sources naturelles : par libération d'une grande partie du cadmium dans les rivières lors de l'usure de la roche ou par sa libération lors des feux de forêts.

* Les sources anthropiques peuvent être :

- les rejets des industries métallurgiques, industries chimiques, centrales thermiques, etc.
- l'élimination des déchets solides
- le transport

VI / Propagation et devenir du Pb et du Cd dans l'environnement

* **Plomb** : Etant donné que le plomb est en grande partie insoluble dans l'eau, c'est généralement un constituant mineur de l'eau de surface et de l'eau souterraine. Il tend à être absorbé par les particules de sol et par les substances organiques, principalement près des sources de plomb. En outre, la faible solubilité du plomb dans l'eau, rend son "absorption" par les plantes généralement restreinte. En raison de ces propriétés, l'élimination des principales sources ponctuelles de contamination par le plomb pourrait permettre de réduire immédiatement les concentrations de plomb dans l'eau et chez les organismes proches de ces sources.

Le plomb libéré dans l'atmosphère est une source majeure de contamination environnementale. Une fois déposé sur le sol et les plantes ainsi que dans les eaux de surface, il peut s'introduire dans la chaîne alimentaire. Les particules de plomb peuvent être transportées sur des distances considérables dans l'atmosphère, parfois jusqu'à des milliers de kilomètres de leur source, avant d'être déposées via les précipitations.

*** Cadmium :**

Le cadmium ne se dégrade pas dans l'environnement, mais des processus physiques et chimiques peuvent modifier sa mobilité, sa biodisponibilité et son temps de séjour dans différents milieux. Dans l'atmosphère, les composés du cadmium (p. ex., l'oxyde de cadmium) sont surtout présents sous forme; ils ont un temps de séjour relativement bref dans la troposphère et ils sont extraits de l'air sous forme de dépôts humides et secs. Dans les milieux aquatiques, la mobilité et la biodisponibilité du cadmium s'accroissent lorsque le pH, la dureté, la concentration de matières en suspension et la salinité sont faibles et lorsque le potentiel d'oxydoréduction est élevé. Dans les sols, le déplacement du cadmium et son accumulation potentielle par les organismes vivants augmentent lorsque le pH et la teneur en matières organiques sont faibles, lorsque les particules sont de grande taille et lorsque la teneur en humidité est élevée.

Les composés inorganiques du cadmium présents dans l'atmosphère (l'oxyde, le chlorure, le sulfure et le sulfate de cadmium) ont un temps de séjour relativement bref dans la troposphère, et ils n'absorbent aucune quantité appréciable de rayonnement infrarouge. On ne s'attend donc pas à ce qu'ils contribuent aux changements climatiques planétaires. De plus, ces composés ne devraient pas réagir avec l'ozone; on ne s'attend donc pas à ce qu'ils contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique.

VII / Sources d'exposition au Pb et au Cd

L'exposition au Pb et au Cd constitue un risque pour la santé. Les sources d'exposition à ces substances peuvent être professionnelles ou extra professionnelles.

*** Expositions professionnelles au Pb :**

- Activités métallurgiques : situées dans le littoral atlantique, le grand Atlas et le petit Atlas. Les mines de plomb et de zinc sont concentrées dans le Maroc Oriental.
- Industrie chimique et parachimique
- Industrie de ciment,
- Fabrication d'accumulateurs électriques (batteries),
- Fabrication du papier,
- Activités artisanales comme le tannage dans la ville de Fès et de Marrakech, et la poterie dans la ville de Rabat-Salé.
- Assemblage et réparation automobile

*** Expositions extra professionnelles au Pb :**

- Inhalation de poussières fines dues au trafic routier (les échappements de véhicules à essence sans pot catalytique et qui utilisent encore de l'essence au plomb).
- Habitat à proximité de sites artisanaux ou industriels émettant du plomb dans l'atmosphère (fonderies primaires et de recyclage, métallurgie, combustion du charbon, incinération des déchets...).
- Alimentation contaminée (plantes, viandes, foie, eau de boisson..)
- Tabagisme

*** Expositions professionnelles au Cd :**

- Industrie du zinc (minerais de Cd étroitement liés à ceux du Zn),
- Extraction du Cd à partir de ses résidus
- Cadmiage des métaux
- Production de batteries Ni-Cd
- Pigments pour peintures, plastiques, verres, céramique
- Stabilisant dans l'industrie des matières plastiques
- Production d'alliages, soudage, découpage
- Fabrication de bâtons de soudure, de cellules solaires
- Industrie atomique (capte l'excès de neutrons)

*** Expositions extra-professionnelles au Cd :**

- Contamination par les engrais phosphatés
- Pollution environnementale
- Tabagisme

VIII/ Evaluation des risques toxicologiques

- **Toxicité aiguë due au Pb** : elle se produit par inhalation ou par absorption du Pb dans des situations accidentelles et provoque : troubles digestifs, lésions tubulaires, atteintes hépatiques, atteintes cardio-vasculaires et lésions au niveau du système nerveux central se manifestant cliniquement par une encéphalopathie convulsive et un coma pouvant conduire à la mort.

- **Toxicité chronique au Pb** engendre une diminution de la fertilité, la mortalité chez les fœtus et avortements spontanés, des atteintes neurologiques, des atteintes cardiovasculaires et peut présenter des pouvoirs mutagènes et cancérogènes.

- **Toxicité aiguë due au Cd** : Une exposition de courte durée à de fortes concentrations de poussières ou de fumées, de composés de cadmium est responsable de troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements, diarrhée). Ces troubles peuvent, dans les cas sévères, se compliquer d'une déshydratation grave de l'organisme. De même qu'elle peut provoquer des troubles pulmonaires graves.

- **Toxicité chronique due au Cd** : Des expositions prolongées et à de faibles doses survenant suite à une ingestion du cadmium dans l'alimentation, le tabagisme ou l'exposition professionnelle engendrent l'accumulation du cadmium dans les reins et l'augmentation du risque de **cancérogénicité** des sels de cadmium .

IX – Données nationales :

1 – Teneurs du plomb et du cadmium dans l'environnement/Programme MEDPOL/MAROC :

Dans le cadre du Programme MEDPOL qui concerne l'évaluation et le suivi des sources de pollution au niveau de la côte méditerranéenne, des actions de surveillance et d'évaluation des sources de pollution ont été réalisées au niveau de la Côte méditerranéenne marocaine, de Tanger à Nador.

Le programme comporte l'analyse des substances chimiques classées dangereuses pour la vie marine et la santé humaine (**Métaux lourds** et hydrocarbures halogènes), des organismes (Poissons, Mollusques, Céphalopodes, Crustacés, Algues et micro-organismes) et des effluents et sédiments considérés comme sources et cibles des impacts des polluants.

Les analyses ont porté sur les métaux lourds dans l'eau, des sédiments et des biotes et ont été réalisées par différentes institutions, coordonnées par la Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques relevant du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement.

Tableau 3 : Institutions participant au programme de surveillance et les paramètres indicateurs de pollution surveillés

Nom de l'institution	Principale activité de surveillance
Institut National de Recherche Halieutique (INRH)	Surveillance des tendances (métaux lourds) dans les biotes
Office National de l'Eau Potable (ONEP)	Physico-chimie et métaux lourds dans les effluents
Institut National d'Hygiène (INH)	Surveillance des tendances (métaux lourds et pesticides) dans les biotes
Laboratoire National (LNE)/ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE)	Physico-chimie et métaux lourds dans les effluents Surveillance des tendances dans les sédiments
Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN), Rabat	Radio-éléments dans les eaux et sédiments

*** Surveillance des eaux au titre de l'année 2003-2004**

Les résultats relatives aux analyses de Pb et Cd au niveau de certaines sites de la Côte méditerranéenne marocaine sont les suivants :

Tableau 4 : Valeurs moyennes du Cd et Pb au niveau des eaux (2003-2004)

Stations	Cd µg/l	Pb µg/l
<i>Oued Lihoud</i>	<LD	44.6
S. Bouknadel	0.6	88.3
Oued Souani	<LD	2.1
Oued Mghogha	<LD	7.3
Ksar Sghir	****	****
R. Fnideq	0.3	33.7
Av. O. Martil	<LD	<LD

Sortie de STEP Al Hoceima	0.4	35.6
O.Cabaillo (ElHar)	<LD	0.5
O. Selouane	<LD	7.3
VLR (µg/l)	200	500

VLR: Valeurs limites de rejets

D'après l'analyse des résultats regroupés dans le tableau ci-dessus, on déduit que les valeurs mesurées du cadmium et du plomb sont inférieures aux moyennes des teneurs naturelles des sédiments pour tous les sites.

*** Surveillance des sédiments**

On parle de contamination des sédiments des cours d'eau ou des lacs, si les concentrations en métaux lourds dépassent la moyenne des teneurs naturelles des sédiments présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 5 : Teneurs naturelles en Cd et Pb au niveau des sédiments (µg/g).

	Cd	Pb
Sédiments carbonatés	0,03	9
Sédiments vaseux	0,30	20
Sédiments sableux	0,02	7
Sédiments de Rhin	0,3	30
Sédiments de Rhin lac constance	0,2	-
Moyenne de plusieurs sédiments	0,60	22

**Tableau 6 : Valeurs moyennes des paramètres de pollution
"Métaux Lourds" pour les campagnes 2003/2004.**

Stations	Cd($\mu\text{g/g}$)	Pb($\mu\text{g/g}$)
Oued Lihoud	<LD	<LD
Oued Souani	<LD	0,0116
rejet de Tanger port	<LD	0,1563
Oued Aliane	*****	*****
Oued Ksar Seghir	*****	*****
Rejet Fnideq	<LD	0,0405
Amont Oued Martil	<LD	0,036
Aval Oued Martil	<LD	0,0183
Oued Laou	<LD	0,0238
Kariat Arkmane	<LD	0,0924
Bni Nssar	<LD	0,0053
Oued Selouane	<LD	0,0256
Oued p. STEP-Nador	<LD	0,0081
Moyenne des teneurs naturelles des sédiments	0.60	22

*** Surveillance des biotes**

Les résultats des analyses des concentrations des métaux lourds dans les mollusques prélevés sur la côte méditerranéenne marocaine ouest sont regroupées dans les deux tableaux suivants.

Tableau 7 : Cd et Pb dans les mollusques en mg/kg P.S (2000)

Sites/ Espèce	Tétouan			Nador		
	Kabila	Martil	Oued Laou	Atalayoun	Ras Al Ma	Moulouya
	Moule	Coque	Vernis	Huître	Praire	Praire
Plomb	0.657	0.170	0.370	0.677	0.552	0.580
Cadmium	0.126	0.128	0.153	0.388	0.362	0.225

Tableau 8 : Cd et Pb dans les biotes en mg/kg P.S.

Echantillon	Pb	Hg
Martil Coque 01/03/2001	0.71	0.17
Mdiq Coque 01/03/2001	0.05	0.19
Laou Embouchure Coque	0.56	0.2
Laou Coque 22/02/2000	0.55	0.15
Laou Coque 14/03/2001	1.01	0.32
Kabila Moule 16/02/2000	0.01	0.77
Kabila port 26/02/2001	1.27	0.31
Mdiq Coque 15/02/2000	0.25	0.18
Martil Coque 15/02/2000	0.52	0.61
Kabila port 26/02/2001	0.56	0.1

Pour la période 2003-2004, les résultats des analyses des métaux lourds dans les organismes marins se présentent comme suit :

Tableau 9 : Concentrations des métaux lourds dans les organismes marins (mg/kg,pf)

Station	Coord.géogr.	Espèce	Cd	Pb
M'diq	35°42'85N- 5°19'75W	Coque	0,025	0,065
Kabila	35°37'60N- 5°16'50W	Coque	0,03	0,33
Martil	35°37'60N- 5°16'50W	Coque	0,02	0,255
Oued Laou	35°25'38N- 5°05'00W	Coque	0,04	0,79
Atalayoune Nador	35°12'60N- 2°54'73W	Huître	0,05	0,43

**Tableau 10 : Valeurs moyennes (mg/kg P.H)
et valeurs des différentes concentrations limites autorisées dans différents pays
pour la consommation des produits de mer (Melzian 1989)**

Crustacés et coquillages			Norme CEE 1990 pou les moules	
Elément	Valeur moyenne (mg/kg P.H)	fourchette	Elément	Norme (mg/kgP.S)
Pb	2.00	0.5-10	Pb	1.00
Cd	1.00	0.05-2.0	Cd	1.00

La comparaison des teneurs en Cd et Pb dans les mollusques avec les valeurs moyennes et les concentrations limites (voir tableaux ci-dessus), montre qu'aucun dépassement de la fourchette n'a été détecté dans le cas du plomb et du cadmium.

*** Evaluation des teneurs en Pb et Cd au niveau de 4 zones sensibles de la côte méditerranéenne marocaine :**

Quatre sites classés point chauds de la côte méditerranéenne marocaine ont été identifiés :

- L'émissaire urbain côtier de la ville de Tanger [Emissaire au niveau du port]
- La ville d'Al Hoceima [Effluent Nord-Ouest de la ville],
- La ville de Nador [Effluent Nord-Est de la ville] et,
- La station Tétouan/Martil à proximité de l'embouchure de l'Oued Martil considérée comme l'unique réceptacle de tous les rejets liquides urbains et domestiques de la ville de Tétouan.

La pollution au niveau de ces points chauds a quatre principales causes : les eaux usées municipales et industrielles, les eaux de ruissellement agricole et lessivage, les hydrocarbures et les déchets chimiques déversés par les navires.

Parmi les analyses réalisées pour l'identification des sources de pollution de ces sites, celle relative à la pollution par les métaux lourds (dont le Cd et le Pb). Ci dessous les résultats obtenus :

A - Estimation de la charge polluante en Pb et Cd rejetée par les principaux émissaires dans les quatre points chauds

L'analyse des résultats obtenus a démontré qu'au Maroc, les charges polluantes en Cd et Pb d'origines terrestres, sont faibles, comparées aux données rapportées dans d'autres régions méditerranéennes (UNEP/WHO, 1995).

Tableau 11 : Estimation de la charge polluante annuelle (Kg/an) rejetée par les principaux émissaires dans les quatre points chauds : Tanger, Tétouan, Al Hoceima et Nador

Sites	Cd	Pb
Tanger	872	872
Tétouan/Martil	504	1656
Al Hoceima	<1,5	25
Nador	40	360

Charge polluante (concentration x débit moyen x temps converti en années)

B - Résultats du contrôle des rejets liquides de Tanger et Al Hoceima (1997)

L'analyse des rejets de Tanger et Al Hoceima (tableau ci-dessous) montre que les teneurs des eaux usées étudiées varient entre des valeurs inférieures à 1 et 82µg/l pour le plomb. Pour le cadmium, les concentrations varient entre des valeurs inférieures à 1 et 28µg/l. Les dépassements de la norme tunisienne relative au rejet dans le domaine public maritime ont été enregistrés pour le cadmium uniquement dans le rejet d'Al Hoceima.

Tableau 12 : Echelles des variations du Pb et Cd dans les rejets de la ville de Tanger et dans les eaux épurées d'Al Hoceima.

Rejet paramètres	Tanger	Al Hoceima	Norme tunisienne (µg/l)
Pb (µg/l)	<1-28	< 1-2	500
Cd (µg/l)	<1-3	< 1-28	5

2 - Evaluation du plomb atmosphérique au niveau de la ville de Rabat- Salé

En 1996, l'Institut National d'Hygiène qui est un organe national de référence en matière de toxicologie (toxicologie professionnelle, environnementale, alimentaire et expertises médico-légales..) a réalisé une évaluation de la pollution atmosphérique due au Plomb au niveau de la ville Rabat-Salé. Cette ville est soumise à deux sources de pollution au plomb, la première est le transport à cause de l'utilisation de l'essence au plomb et la seconde source, est liée à l'activité artisanale des poteries qui utilisent des poudres contenant de fortes concentrations en plomb (La galène à 55% en plomb).

Les résultats de cette étude (EL ABIDI et al, Annali di Chimica 90/2000) montrent que :

- la teneur moyenne annuelle du plomb atmosphérique de la ville (**1.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) dépasse légèrement la norme de l'OMS ;
- la teneur moyenne la plus élevée (**1,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$**) a été enregistrée au mois de décembre 1996 à la station de l'Oulja, station où sont localisées les activités artisanales de poterie à base de plomb ;
- au niveau de la zone urbaine, les concentrations les plus élevées ont été mesurées pendant les heures de pointes (heures où le trafic automobile est le plus dense).

L'impact de cette pollution sur l'oued Bouregreg est très inquiétant puisqu'il a été noté des contaminations en plomb au niveau du sédiment avec un facteur de concentration de 40 000 par rapport aux sédiments de Oudaia (Zone loin de la pollution causée par les potiers), ainsi qu'au niveau des organismes marins, dont les teneurs en plomb sont beaucoup plus élevées par rapport aux données de la littérature.

3 - Evaluation des teneurs en plomb dans les eaux potables

Réalisée également par l'Institut National d'Hygiène, cette étude a abouti aux résultats suivants :

*** Eaux de réseaux de distribution :** l'étude a porté sur **3000 prélèvements** pour évaluer la contamination des eaux de réseau par le plomb, et a concerné plusieurs villes du Royaume (Casablanca, Tanger, Oujda, Nador, Taza, Agadir).

Les taux décelés diffèrent largement en fonction des villes et de l'ancienneté et la vétusté des locaux. C'est ainsi pour des villes telles que Nador, Oujda et Taza, les concentrations en plomb sont faibles avec une **moyenne de 6,5 µg/l**, un **maximum de 30 µg/l**, enregistré à la ville de Nador mais plus de 80 % des concentrations de ces villes ne dépassent pas les 10 µg/l . Pour d'autres villes telles que Casablanca, Agadir, Tanger, les concentrations en plomb sont assez élevées avec une **moyenne de 28 µg/l** et un **maximum de 123 µg/l**.

* **Nappes phréatiques** : les concentrations en plomb et cadmium dans les nappes phréatiques étudiées et qui concernent la majorité des provinces du Royaume, sont nettement inférieures aux normes marocaines des eaux potables et les valeurs ne dépassent pas généralement les **6 µg/l pour le plomb et 0.5 pour le cadmium**. Cependant, quelques nappes aux voisinages des industries (exemple nappe de Mohammadia) présentent des concentrations au voisinage de 25 µg/l pour le plomb et 2 µg/l pour le cadmium.

4 - Evaluation des teneurs en plomb dans les tagines

Au Maroc, le plomb entre dans la composition à des proportions importantes de certaines poudres, utilisées pour l'émaillage des tagines qui sont des marmite en terre cuite pour la cuisson. Ces poudres (galène PbS) contiennent des teneurs extrêmement élevées de plomb.

L'analyse réalisée par l'Institut National d'Hygiène de ces poudres, a révélé des **teneurs dépassant les 53% en plomb**.

En 1994, l'INH a fait une étude sur l'évaluation des teneurs en plomb des tagines et sa migration éventuelle dans les aliments ainsi que la recherche éventuelle d'un moyen pour limiter ou réduire la migration du plomb. Les résultats de cette étude montrent que la migration du plomb au niveau des tagines de fabrication artisanale est très élevée, avec un taux moyen de 176 mg/l et un maximum de 640 mg/l (Méthode Européenne pour le contrôle de la migration des métaux lourds dans les emballages et les articles de consommation). Ces taux de plomb dépassent largement les normes internationales relatives aux produits céramiques qui sont de 1.5 mg/l.

5 - Saturnisme chez la population marocaine

A - Le Centre Anti-Poison du Maroc et de Pharmacovigilance a réalisé une étude sur l'imprégnation du saturnisme des habitants de la région de Rabat (Maroc), les résultats de l'étude sont les suivants :

- Chez un échantillon de 385 habitants de Rabat, les plombémies sont de **93,6 +/- 51,7 µg/l**, moyenne supérieure à celle des habitants des autres provinces (**86,9 +/- 42,2 µg/l**). Cela peut s'expliquer par l'existence d'une circulation automobile plus dense, par l'existence des canalisations de distribution d'eau en plomb ou par des activités citadines particulières.

La plombémie des hommes est de **92,9 +/- 51,7 µg/l**, plus élevée que celle des femmes **80,9 +/- 32,6 µg/l**.

De même la plombémie chez les hommes qui ont un emploi est supérieur que chez ceux qui n'en ont pas. Ce constat indique qu'il y a des professions non identifiées par l'enquête, où l'imprégnation saturnine est plus importante.

- La plombémie dans les bidonvilles, les zones rurales et la Médina est plus importante que celle constatée dans les quartiers résidentiels urbains. Ce constat n'est pas particulier au Maroc, la plombémie est d'autant plus élevée que le niveau socio-économique est bas. Cette différence résulte de facteurs mal identifiés et variables selon les cas, on peut cependant penser que l'hygiène joue un rôle prépondérant. (C.E.Khassouani, P. allain , R Soulaymani)

B - L'étude réalisée par l'Institut National d'Hygiène sur l'évaluation de l'imprégnation des métaux lourds notamment le plomb, dans le milieu professionnel a enregistré les résultats suivants:

- Population exposées au plomb (cas des industries de plomb et des mines) : des plombémies alarmantes chez certaines catégories de travailleurs notamment chez les travailleurs des unités de fonderie. C'est ainsi que cette plombémie dépassent largement les normes de l'OMS avec un maximum de 600 µg/l , de même pour certains mines de l'oriental elle a dépassé les 700 µg/l.

- Population non exposées au plomb : des concentrations de plombémie chez les populations qui habitent au voisinage des mines de l'oriental (Jerrada) varient de 250 à 980 µg/l. Plusieurs personnes de cette population sont des retraités des mines de plomb de oued El hemeir (Jerrada).

- Chez les enfants, les deux études que ont été effectués en 1993 et 1998 sur les écoliers de moins de 12 ans ont révélé des plombémies variant de 10 à 210 µg/l avec une moyenne de 90 µg/l.

6 - Exposition des habitants de Rabat au cadmium

Le Centre Anti-Poison a réalisé une autre étude sur les concentrations de Cadmium dans le sang des habitants de la région de Rabat (Maroc), les résultats de l'étude sont les suivants :

- Chez un échantillon de 377 habitants de Rabat sélectionnés au niveau du Centre de Transfusion sanguin Marocain , les concentrations du cadmium dans le sang sont dans l'ordre de **1,1+/- 0,7µg/l**, niveau supérieur à celui détecté chez les habitants de France par une différence de **0,7+/- 0,6µg/l**.

Cela s'explique par le niveau élevé de la pollution atmosphérique et par des expositions professionnelles (industrie de Zinc et de phosphate, fabrication de bijoux..).

- Les concentrations du cadmium chez les hommes **1,1+/-0,8µg/l** sont plus élevées que celle des femmes **0,8+/- 0,4µg/l**. Ce constat est dû au pourcentage élevé des hommes fumeurs. (C.E.Khassouani, P. allain , R Soulaymani, Y. Mauras).

X- Mesures mises en oeuvre au niveau national pour la prévention des effets du plomb et du cadmium

Afin de réduire et d'éliminer les risques liés au plomb et au cadmium, le Maroc a pris plusieurs mesures, notamment :

*** Sur le plan législatif et réglementaire :**

La promulgation des trois textes de lois environnementales :

- La loi cadre pour la protection et la mise en valeur de l'environnement qui édicte les règles de base et les principes généraux de la politique nationale dans le domaine de la protection et de la mise en valeur de l'environnement.
- La loi sur les études d'impacts qui est un instrument qui permet d'évaluer les effets directs ou indirects pouvant atteindre l'environnement à court, moyen et long terme suite à la réalisation des projets économiques et de développement et à la mise en place des infrastructures de base et de déterminer des mesures pour supprimer, atténuer ou compenser les impacts négatifs et d'améliorer les effets positifs du projet sur l'environnement
- La loi sur la relative à la lutte contre la pollution de l'air dont les dispositions visent la lutte et la prévention contre les émissions des polluants atmosphériques susceptibles de porter atteinte à l'environnement et à la santé de l'homme en général.

- L'adoption la norme marocaine NM-03-7001 relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine qui fixe les valeurs maximales admissibles à 0,05 mg/l pour le plomb et 0,005 mg/l pour le cadmium.
- La promulgation d'un décret relatif à la circulation et du roulage qui définit les disposition pour la prévention de la pollution due au transport
- La révision des caractéristiques des grands produits pétroliers à travers la publication en 2002 d'un arrêté ministériel dans lequel la teneur en plomb du supercarburant notamment, a été limitée à 0,15g/l.

*** Sur le plan technique :**

- Mise en place de stations de surveillance de la qualité de l'air au niveau de quelques centres urbains en préparation à la mise en place d'un Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'air.
- Mise en place d'un Fonds de dépollution industrielle qui est un instrument incitatif qui permet la mise en œuvre de technologies propres et des techniques de dépollution au niveau des unités industrielles polluantes.
- Préparation d'un projet de mise en place d'un Centre National d'Élimination des Déchets Spéciaux destiné à traiter et éliminer tous les déchets dangereux produits au niveau du Maroc.

XI – Conclusion :

En absence de donnée exhaustives concernant les flux de plomb et de cadmium émis par les différentes activités, on ne dispose pas actuellement d'un plan détaillé pour la réduction des impacts de ces substances.

Il est nécessaire d'établir un inventaire des émissions et un registre des rejets et des transfert de polluants afin d'élaborer une stratégie et un plan d'action intégrés visant à prévenir et à réduire les rejets de métaux lourds.

Dans ce cadre, un appui financier aux organismes concernés (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, Ministère de la Santé, etc) serait judicieux pour la réalisation des études nécessaires. De même,

le renforcement des capacités techniques des laboratoires relevant des institutions précitées est fortement sollicité, notamment en matière d'analyse des métaux lourds, d'évaluation des risques et de réalisation des études de danger.

Références bibliographiques

- Rapport National MEDPOL, Evaluation de la pollution tellurique véhiculée vers la mer Méditerranée marocaine, Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, avril 2005.
- Evaluation des impacts des exploitations minières sur l'environnement et la santé/ Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement/Direction de la Surveillance et de la Prévention des Risques.
- Mémoire sur l'Impact de la pollution du Plomb sur l'environnement de Rabat-Salé, El Abidi. A, 1997.
- The impact of lead pollution on the environment of Rabat-Salé (Morocco), El Abidi et all, Annali di Chimica, 90, 2000
- Etude de l'imprégnation saturnine des habitants de la région de Rabat (Maroc), C.E Khassouani, R. Soulaymani et P. Allain, 1997.
- Blood cadmium concentration in the population of the Rabat area, Morocco, C.E Khassouani, R. Soulaymani, Y. Mauras et P. Allain, 2000.
- Rapport de l'OMM, OMS/PNUE, 1995.