

## Article original / Original article

# Impact du recyclage des batteries de véhicules sur la santé humaine et l'environnement : étude pilote effectuée sur des femmes de Colobane et des mécaniciens de Médina

## *Impact of car batteries recycling on human health and the environment: a pilot study carried out on women of Colobane and mechanics of Medina*

Mathilde Cabral<sup>1,\*</sup>, Denis Dieme<sup>1</sup>, Aminata Touré<sup>1</sup>, Cheikh Diop<sup>1</sup>, Fatmé Jichi<sup>1</sup>, Fabrice Cazier<sup>2</sup>, Mamadou Fall<sup>1</sup>, Amadou Diouf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> Centre Commun de Mesures, Maison de la Recherche en Environnement Industriel, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, France

**Résumé – Objectif :** Cette étude avait pour objectif d'étudier l'impact du recyclage des batteries sur la santé des femmes de Colobane et des mécaniciens de Médina (Dakar, Sénégal). **Méthodes :** Différents indicateurs biologiques d'imprégnation au plomb ont été déterminés aussi bien chez des sujets exposés que chez des sujets témoins. Ainsi, la plombémie a été évaluée par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA), les taux de protoporphyrine zinc érythrocytaire (PPZ) et d'acide  $\delta$  aminolévulinique urinaire (AlaU) ont respectivement été déterminés par fluorimétrie et par spectrophotométrie. Le fer sérique et l'hémoglobine ont également été mesurés par spectrophotométrie. Des échantillons d'air et de sol ont été prélevés pour un dosage de plomb par ICP/MS. **Résultats :** Les teneurs atmosphériques de plomb à Colobane, site plus contaminé que le site de Médina, sont de  $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et celles du sol de  $115\,792 \text{ mg}/\text{kg}$  de sol. Les résultats biologiques obtenus ont révélé une plombémie moyenne de  $131,08 \pm 32,87 \mu\text{g}/\text{L}$  chez les non exposés et de  $546,55 \pm 185,24 \mu\text{g}/\text{L}$  chez les exposés, sujets pour lesquels la valeur dépasse nettement la norme de  $300 \mu\text{g}/\text{L}$  fixée pour les professionnels. Les taux de PPZ ( $12,28 \pm 7,09 \mu\text{g}/\text{g Hb}$ ) et d'Ala urinaire ( $9,12 \pm 7,52 \text{ mg}/\text{g}$  de créatinine) ont mis en évidence le degré d'imprégnation des mécaniciens et des femmes récupératrices de plomb. **Conclusion :** Dans le cadre de la lutte contre le saturnisme, qui touche souvent une population socialement défavorisée, une politique d'éradication ou de gestion du risque saturnin devrait être mise en œuvre, en conformité avec les textes en vigueur au niveau international.

**Mots clés :** Batterie, plomb, protoporphyrine zinc, acide  $\delta$  aminolévulinique

**Abstract – Objective:** This study aimed to investigate the impact of batteries recycling on the health of women of Colobane and mechanics of Medina (Dakar, Senegal). **Methods:** Various biological indicators of lead impregnation were determined among exposed and non-exposed subjects. Thus, blood lead level was assessed by SSA, and the rate of erythrocyte zinc protoporphyrin (ZPP) and  $\delta$ -aminolevulinic acid in urine (UAla) were, respectively, determined by fluorimetry and spectrophotometry. The levels of serum iron and hemoglobin were also measured by spectrophotometry. Air and soil were sampled for lead level determination by ICP/MS. **Results:** Atmospheric and soil concentrations of lead on the site of Colobane, which is more contaminated than the site of Medina, were  $10.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $115\,792 \text{ mg}/\text{kg}$ , respectively. The biological data obtained revealed average blood lead levels of  $131.08 \pm 32.87 \mu\text{g}/\text{L}$  in unexposed subjects and  $546.55 \pm 185.24 \mu\text{g}/\text{L}$  in exposed ones, where the value is clearly above the standard of  $300 \mu\text{g}/\text{L}$  fixed for professionals. The rates obtained for ZPP ( $12.28 \pm 7.09 \mu\text{g}/\text{g Hb}$ ) and urinary Ala ( $9.12 \pm 7.52 \text{ mg}/\text{g creatinine}$ ) showed the degree of impregnation of mechanics and lead-collecting women. **Conclusion:** As part of the fight against lead poisoning, which often touches a socially disadvantaged population, a policy of eradication or lead poisoning risk management should be implemented in accordance with the laws in force at an international level.

**Key words:** Battery, lead, zinc protoporphyrin,  $\delta$ -aminolevulinic acid

Reçu le 18 décembre 2011, accepté après modifications le 16 mars 2012

Publication en ligne le 30 mai 2012

\* Correspondance : Mathilde Cabral, mathilde.cabral@ucad.edu.sn

## 1 Introduction

Le recyclage des batteries dans le but de récupérer le plomb est devenu une activité rentable en raison de la hausse du prix de ce métal sur le marché mondial. Du fait de la très forte demande de l'industrie automobile, les cours ont presque doublé entre 2000 et 2008 et atteignent presque 1000 dollars la tonne. En effet, la plus grosse consommation de plomb (75 % de la production mondiale) est celle de l'industrie de fabrication de batteries, dont la croissance s'est faite parallèlement à l'essor de l'automobile dans laquelle les batteries ont trouvé des applications pour le démarrage, l'éclairage et l'allumage [1].

Les usines de recyclage du plomb des batteries, très polluantes, ont souvent quitté les pays riches pour délocaliser leurs activités dans des pays où la main d'œuvre est moins chère, et où les réglementations environnementales sont moins contraignantes. Ainsi, après la fermeture de nombreuses usines dans les pays développés (*Métaleurop-Nord* en France, la mine *Magellan* en Australie, l'explosion de la raffinerie *Doe Run* du Missouri), une grande partie des batteries sont démantelées dans les pays en développement [2].

La récupération « informelle » de plomb à partir des batteries libère une quantité importante de poussière de plomb dans l'atmosphère. Les déchets issus de cette récupération peuvent en effet constituer une source d'exposition importante à ce métal, non seulement pour les hommes et femmes exerçant cette profession, mais également pour les populations environnantes. En outre, l'absence de système de recyclage raisonnable augmenterait les risques d'exposition puisque ces déchets suivraient nécessairement des destinations écologiques peu sûres.

Au Sénégal, suite à une série de décès inexplicables survenus chez des enfants du quartier NGagne Diaw de Thiaroye-sur-Mer (banlieue de Dakar), une enquête effectuée par les autorités sanitaires et environnementales a révélé que cette zone était contaminée par du plomb provenant de ce mode de recyclage artisanal de batteries au plomb [3].

En raison de sa facilité d'extraction, de sa grande malléabilité et de son bas point de fusion, le plomb est facilement raffiné à partir des déchets, ce qui permet une forte capacité de production et assure aux acteurs un certain revenu. Ces raisons ont conduit au développement d'activités de récupération du plomb dans plusieurs quartiers de la ville de Dakar.

Cette étude, réalisée dans 2 sites de la ville de Dakar (Médina et Colobane) dans lesquelles les batteries sont recyclées de manière artisanale, a pour objectifs d'évaluer le niveau de contamination de l'environnement (air, sol), mais également celui d'exposition de la population d'étude au polluant concerné.

## 2 Matériels et méthodes

### 2.1 Considérations éthiques

Le comité éthique, organe consultatif rattaché au ministère de la Santé a donné son accord en mettant l'accent sur les items

suivants : respect de l'anonymat (les fiches de recueil de données ont été codées), respect de la confidentialité (les informations personnelles recueillies ne seront aucunement diffusées), obtention du consentement éclairé du participant (les fiches d'information et de consentement ont été explicitées et signées).

### 2.2 Population d'étude

Il s'agit d'une étude pilote basée sur la comparaison de sujets potentiellement exposés au plomb par leurs activités, et de témoins du même sexe. La population exposée était constituée de 4 garagistes du quartier « Médina » réparant et recyclant les batteries acide-plomb, et de 5 femmes pratiquant la fonte du plomb à l'air ambiant au quartier « Colobane ». Les témoins masculins, au nombre de 6, évoluaient dans la même zone que les garagistes, et les 5 femmes témoins dans la même zone que les récupératrices de plomb.

### 2.3 Fiche de renseignements

Un questionnaire accompagné de la fiche de consentement éclairé a été élaboré et rempli pour chaque individu afin d'obtenir des renseignements sur leurs conditions de vie et leur état de santé.

### 2.4 Prélèvements de sols et de particules atmosphériques

Les prélèvements de sols ont été réalisés dans des pots en plastique. Durant les prélèvements les conditions météorologiques correspondaient à un temps sec et ensoleillé.

La méthode utilisée pour les prélèvements des particules atmosphériques est celle de la filtration globale à l'aide d'une pompe haut débit HVS de type Staplex de modèle TFIA réglée sur un débit de 80 m<sup>3</sup>/h, permettant de capter les particules sur un filtre en cellulose Whatman 41 de diamètre 110 mm et de porosité 0,4 µm.

### 2.5 Prélèvements sanguins

Les prélèvements sanguins ont été effectués au niveau de la veine du pli du coude.

Pour chaque sujet, le sang a été recueilli dans 3 tubes sous vide :

- un tube contenant de l'EDTA pour la détermination du plomb (Pb) et de la Protoporphyrine Zinc (PPZ) ;
- un second tube EDTA pour effectuer la Numération Formule Sanguine ;
- un tube sec pour doser le fer sérique.

### 2.6 Prélèvements d'urines

Les premières urines de la journée ont été collectées dans des pots stériles en plastique pour le dosage de l'Acide delta Amino Lévilinique Urinaire (AlaU).

**Tableau I.** Caractéristiques de la population d'étude.

	Femmes de Colobane		Hommes de Médina	
	Cas	Témoins	Cas	Témoins
Effectif ( $n = 21$ )	5	6	4	6
Âge (années) (moyenne $\pm$ écart type)	44,80 $\pm$ 9,68	44,42 $\pm$ 6,45	26,5 $\pm$ 3,69	26,8 $\pm$ 3,96
Ancienneté dans l'activité (années)	9,8 $\pm$ 3,19	7,85 $\pm$ 4,84	10 $\pm$ 3,83	8 $\pm$ 5,87

## 2.7 Analyses

- Les paramètres d'ambiance ont été analysés par la méthode de la torche à plasma couplée au spectromètre de masse ICP/MS (Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry), appareil VARIAN (modèle 820-MS). Au contact avec l'Argon (gaz vecteur), l'échantillon (filtre, sol), après mise en solution, est alors nébulisé puis transporté jusqu'au centre du plasma où les températures varient entre 6000 et 8000 °C. L'échantillon est préalablement traité avec un mélange d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub> 65 %) et d'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub> 70 %) (4/2, V/V) [4].
- La plombémie a été dosée à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA) de marque Perkin Elmer 5100Z AS-60 avec four graphite et correction du bruit de fond par effet Zeeman. Le plomb a été dosé à 283 nm avec une lampe de Pb comme source lumineuse. Le sang a été préalablement dilué au 1/4 dans une solution de Triton-X-100, déprotéinisé avec de l'acide nitrique puis analysé par SAA [5].
- La protoporphyrine zinc érythrocytaire a été évaluée par une méthode fluorimétrique à l'aide d'un hématofluorimètre (AVIV ZSPmeter) avec une longueur d'onde d'excitation de 420 nm et une longueur d'onde d'émission à 594 nm. Le principe requiert que l'hémoglobine soit complètement oxygénée par addition de réactif protofluor au sang total. L'hémoglobine est ainsi transformée en une substance ayant les caractéristiques spectrales de l'oxyhémoglobine [5].
- L'Ala urinaire a été déterminée par une technique spectrophotométrique avec une longueur d'onde de 546 nm. Elle est fondée sur la transformation de l'Ala en porphobilinogène par condensation avec de l'acétylacétone. En présence de paradiaminobenzaldéhyde et en milieu acide, ce porphobilinogène donne un complexe coloré dont l'intensité est mesurée en spectrophotométrie UV/visible [5].
- L'hémoglobémie a été déterminée par un dosage spectrophotométrique standardisé consistant à transformer l'hémoglobine en cyanmethémoglobine ayant un maximum d'absorbance à 540 nm [6].
- Le fer sérique est dosé par la méthode Guanidine/Ferrozine. Le Fe(III) est séparé de la transferrine par le chlorhydrate de guanidine et réduit en Fe(II) par l'ascorbate et l'hydroxylamine. Les ions du fer bivalent forment avec la Ferrozine un complexe chélaté rouge dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en fer. Elle est mesurée par l'augmentation de l'absorbance à 552 nm.

## 2.8 Exploitation des données

Le logiciel EpiInfo, version 6 (The division of surveillance and Epidemiology – Epidemiology Program – Office Centers for Disease Control and Prevention) a été utilisé pour les analyses statistiques. Les moyennes et déviations standard ont été calculées pour chaque variable et les variations entre les différents groupes sont considérées comme significatives lorsque  $p < 0,05$  (test d'U Man et Whitney).

## 3 Résultats

### 3.1 Caractéristiques démographiques

L'effectif de la population d'étude était de 21 sujets (tableau I) répartis comme suit : 10 hommes à Médina et 11 femmes à Colobane. Pour chaque genre, les caractéristiques démographiques (répartition par site, âge, ancienneté) dans les deux groupes (cas et témoins) sont relativement homogènes.

### 3.2 Paramètres environnementaux

Les résultats de l'analyse des particules atmosphériques sont présentés dans le tableau II. Ces résultats montrent que le site de Colobane, avec une teneur en plomb de 10,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , était plus pollué que celui de Médina (0,045  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Il en a été de même pour le taux de plomb retrouvé dans le sol, avec 115 792 mg/kg à Colobane et 252,6 mg/kg à Médina.

### 3.3 Paramètres biologiques

#### 3.3.1 Plombémie

La plombémie moyenne (figure 1a) de la population générale était de 309,14  $\pm$  242,29  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Le taux de plomb sanguin obtenu chez les femmes de Colobane pratiquant la fonte des batteries plomb-acide (528,4  $\pm$  237,56  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) est statistiquement supérieur ( $p < 0,05$ ) à celle des femmes non-exposées (130,28  $\pm$  20,91  $\mu\text{g}/\text{L}$ ). Il en est de même pour les garagistes (569,25  $\pm$  122,56  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) comparés aux tourneurs considérés comme témoins (132,2  $\pm$  48,09  $\mu\text{g}/\text{L}$ ).

**Tableau I.** Teneurs en métaux dans les échantillons de poussières et de sol à Médina et à Colobane.

Métaux détectés	Poussières en suspension ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Prélèvement de sol ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	
	Médina	Colobane	Médina	Colobane
Aluminium (Al)	7,55	5,62	524	1083
Arsenic (As)	0,007	0,104	6,24	128
Cadmium (Cd)	<0,001	0,004	0,221	1,90
Chrome (Cr)	0,011	<0,001	26,7	30,4
Cuivre (Cu)	0,029	0,221	44,26	289
Fer (Fe)	10,93	13,5	8133	5948
Nickel (Ni)	0,037	0,012	14,6	13,71
Plomb (Pb)	0,045	10,3	252,6	115 792
Zinc (Zn)	0,074	0,348	130	586

### 3.3.2 PPZ et AlaU

Les résultats représentés dans la figure 1b ont montré une valeur moyenne de la PPZ de  $18,57 \pm 10,27 \mu\text{g}/\text{g Hb}$  chez les femmes exposées, valeur nettement supérieure ( $p < 0,05$ ) à celle des femmes non-exposées ( $2,12 \pm 0,38 \mu\text{g}/\text{g Hb}$ ). Chez les garagistes, la PPZ ( $5,99 \pm 3,91 \mu\text{g}/\text{g Hb}$ ) était également supérieure à celle observée chez les tourneurs ( $1,87 \pm 0,02 \mu\text{g}/\text{g Hb}$ ).

Les teneurs moyennes en AlaU ont mis en évidence une différence plus marquée entre les femmes et les hommes exposés. En effet, chez les récupératrices de batteries usagées, la moyenne était de  $15,11 \pm 13,72 \text{ mg}/\text{g}$  de créatinine, soit près de 5 fois celle des garagistes ( $3,14 \pm 1,34 \text{ mg}/\text{g}$  de créatinine) (figure 1c).

### 3.3.3 Hémoglobine et fer sérique

Le taux d'Hémoglobine des femmes exerçant la fonte des batteries était de  $11,48 \pm 1,27 \text{ g}/\text{dL}$  (figure 1d). Il a été noté chez les hommes exposés une hémoglobinémie presque 4 fois supérieure à celle observée chez les témoins (les tourneurs) soit  $14,72 \pm 0,74 \text{ g}/\text{dL}$  versus  $4,88 \pm 0,93 \text{ g}/\text{dL}$ . En revanche, les taux moyens de fer sérique sont restés dans la fourchette des teneurs normales, aussi bien chez les sujets de Colobane que ceux de Médina, variant ainsi de 58,2 à  $93,7 \mu\text{g}/\text{L}$ . Il faut cependant noter une différence significative entre les femmes exposées et les femmes témoins (figure 1e).

## 4 Discussion

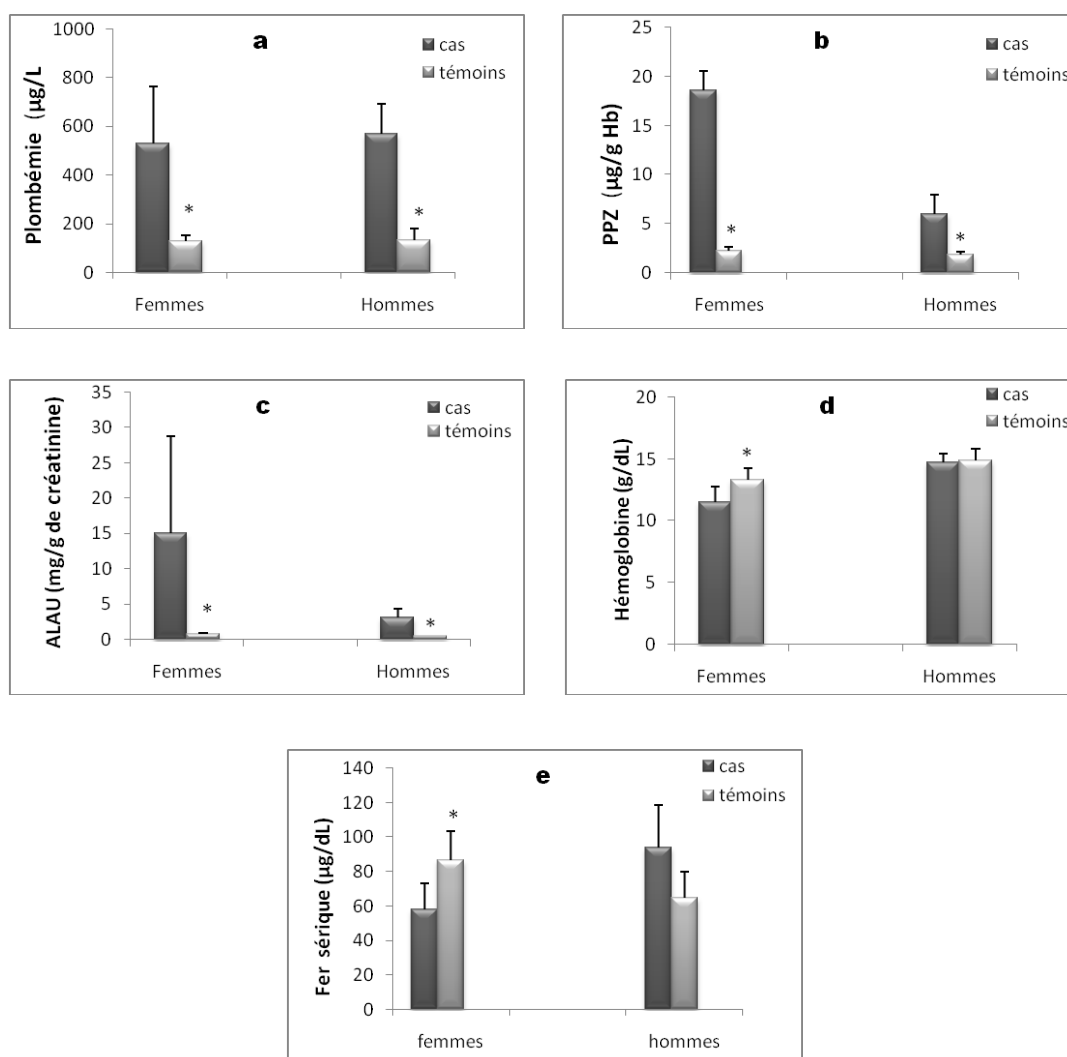
Cette étude pilote réalisée dans 2 zones d'habitation de Dakar (Médina et Colobane) met en évidence les dangers liés au recyclage artisanal des batteries. Alors que les garagistes se contentent de « remettre à neuf » les vieilles batteries comme indiqué dans les figures 2–4, certaines femmes, touchées

par la crise économique, se sont orientées vers la récupération des débris de plomb contenus dans ces accumulateurs (figures 5–7). Ces activités assez rentables sont devenues alors la principale source de revenus de ces hommes et femmes qui y consacrent toutes leurs journées sans aucune mesure de protection et à l'air libre.

La récupération du plomb dans les batteries, de même que leur réparation par des pratiques « informelles », libèrent une quantité importante de poussière de plomb dans l'atmosphère.

Ces activités ont ainsi contribué à polluer l'environnement des quartiers de Colobane et Médina, ce qui explique les taux élevés de plomb observés. En effet, la concentration de plomb dans l'air à Colobane est 5 fois supérieure à la valeur seuil appliquée en France, et largement supérieure à la valeur limite adoptée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS :  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [7]. Les particules de plomb en suspension se déposent sur le sol, tout comme les déchets des batteries. À Colobane, où s'amoncellent des rebuts de batteries et des déchets industriels de toutes sortes, la concentration du plomb dans le sol est très élevée (de l'ordre de  $115 792 \text{ mg}$  de plomb/kg de sol). Cette teneur en plomb est en effet excessive car des taux supérieurs à  $110 \text{ mg}/\text{kg}$  dans des sols naturels sont considérés comme anormaux [8]. La plus faible concentration en plomb dans le sol de Médina ( $252,6 \text{ mg}/\text{kg}$ ) s'expliquerait par le fait que les mécaniciens recyclent au maximum les batteries et revendent les déchets aux femmes de Colobane. L'utilisation de l'essence sans plomb étant effective depuis 2006, la contamination de l'air et des sols dans ces deux quartiers par des particules plombifères découlerait donc principalement de ces activités de récupération. Cette pollution de l'air et des sols par le plomb peut être une source d'exposition importante à ce métal nocif, aussi bien pour les femmes que les hommes exerçant « cette profession » de recyclage, ainsi que pour les populations environnantes du fait de la proximité urbaine de ces sites.

La présence d'autres métaux toxiques (arsenic, bismuth, cadmium, chrome...) a également été observée dans les deux



**Fig. 1.** Moyenne de la plombémie (a), de la protoporphyrine zinc (b), de l'acide delta aminolevulinique (c), de l'hémoglobine (d) et du fer sérique (e) chez les femmes de Colobane et les hommes de Médina. \* ( $p < 0,05$ ) : différence statistiquement significative entre les cas et les témoins.

zones aussi bien dans les prélèvements de particules atmosphériques que dans les échantillons de sols (tableau II).

L'imprégnation de la population générale d'étude est très importante avec une plombémie moyenne de  $309,14 \pm 242,29 \mu\text{g/L}$ . Cette moyenne est 3 fois supérieure à la limite acceptable en France ( $100 \mu\text{g/L}$ ). Elle reste cependant inférieure à celle observée à Dhaka (Bangladesh), où la plombémie moyenne est égale à  $503 \mu\text{g/L}$  [9].

La plombémie moyenne obtenue chez les femmes de Colobane pratiquant la fonte des batteries plomb-acide ( $528,4 \pm 237,56 \mu\text{g/L}$ ) a été statistiquement supérieure ( $p < 0,05$ ) à celle des femmes non-exposées ( $130,28 \pm 20,91 \mu\text{g/L}$ ). Il en est de même pour les mécaniciens ( $569,25 \pm 122,56 \mu\text{g/L}$ ) et les tourneurs considérés comme témoins ( $132,2 \pm 48,09 \mu\text{g/L}$ ).

Une étude similaire effectuée sur des travailleurs exposés au plomb comparés à des témoins trouve respectivement des plombémies de  $744 \mu\text{g/L}$  et de  $99 \mu\text{g/L}$  [10]. De plus, une étude rétrospective entreprise en Thaïlande montre l'impact du plomb

chez les professionnels exerçant dans ce domaine. En effet, 75 % des personnes se plaignant de troubles occasionnés par le plomb ont travaillé au moins 10 ans dans une manufacture de batteries plomb-acide [11,12]. La détermination de la plombémie chez des officiers français en mission à Mitrovica (Kosovo) a permis de montrer des valeurs importantes de plomb sanguin avec parallèlement un taux du plomb atmosphérique supérieure à la valeur maximale d'exposition, raison pour laquelle l'usine de transformation de minerai de plomb a été fermée en août 2000 [13].

Une étude effectuée au Maroc sur des potiers montre une plombémie similaire à celle des cas étudiés dans notre travail. Dans cette même étude, la concentration en plomb atmosphérique est 9 fois supérieure à la valeur maximale admissible fixée en France, dans un lieu de travail durant 24 heures [14]. Ces études mettent en évidence la corrélation entre les professions en contact avec le plomb et une plombémie qui augmente considérablement.

Réparation artisanale des batteries par les hommes de Médina.



**Fig. 2.** (Couleur dans la version en ligne) Vidange de la batterie défectueuse.



**Fig. 3.** (Couleur dans la version en ligne) Retrait d'élément défectueux.



**Fig. 4.** (Couleur dans la version en ligne) Remplacement de l'élément défectueux et garnissage à l'aide de plastique fondu au fourneau.

Recyclage informelle des batteries par les femmes de Colobane.



**Fig. 5.** (Couleur dans la version en ligne) Séparation des grilles de plomb.



**Fig. 6.** (Couleur dans la version en ligne) Déversement de l'acide de la batterie sur le sol.



**Fig. 7.** (Couleur dans la version en ligne) Fusion du plomb à l'aide de matière plastique comme combustible.

La plombémie chez les femmes de Colobane est voisine de celle observée chez les potiers, et de plus, il a été démontré une relation entre la plombémie et la concentration de plomb atmosphérique [11,14]. À Médina, la faible teneur en plomb dans l'air ( $0,045 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) n'illustre pas la plombémie des mécaniciens de la localité, car d'après la corrélation de Kehoe, le plomb atmosphérique devrait avoisiner  $7 \mu\text{g}/\text{L}$  [11]. Une étude effectuée à Rabat, selon laquelle le plomb atmosphérique diminue à mesure que l'on s'éloigne de la source, permettrait de valider cette teneur atmosphérique en plomb à Médina, le prélèvement ayant été effectué à 100 m de l'atelier des mécaniciens [14].

Dans notre étude, la plombémie des hommes ( $326,44 \pm 244,64 \mu\text{g}/\text{L}$ ) est supérieure à celle des femmes ( $296,16 \pm 250,57 \mu\text{g}/\text{L}$ ). Cette différence entre les genres a également été faite dans d'autres études [15] et pourrait s'expliquer par les habitudes alimentaires des hommes qui prennent 2 repas par jour sur leur lieu de travail, contrairement aux femmes qui n'en prennent qu'un. L'absence d'eau courante et de détergents sur ces lieux de travail remet également en cause l'hygiène de base liée à la propreté des mains.

La plombémie moyenne de notre population d'étude est très élevée par rapport à d'autres régions telles que Beyrouth [16]

et les régions du centre de la France, où une plombémie moyenne de l'ordre de  $95 \pm 25 \mu\text{g}/\text{L}$  a été observée [17].

Les conséquences d'une telle imprégnation sont graves pour l'organisme des populations exposées. Le plomb provoque des effets sur différents systèmes qui peuvent être mis en évidence même à de faibles niveaux de contamination. Il interfère avec la synthèse des porphyrines par inhibition d'enzymes comme l'acide delta-aminolévulinique déshydratase (AlaD) et la ferrochélatase [18]. En effet, l'interférence avec cette dernière favorise la fixation du zinc (à la place du fer) avec la protoporphyrine libre, ce qui se traduit par une augmentation de la protoporphyrine zinc (PPZ) sanguine qui est un bon indicateur du *pool* de plomb biologiquement actif. Ceci affecte l'incorporation du fer dans l'hème et diminue la durée de vie des hématies. Le saturnisme est ainsi souvent associé à une anémie. L'inhibition de l'AlaD par le plomb entraîne une excrétion urinaire d'acide delta-aminolévulinique (AlaU) qui est l'indice le plus sensible de l'action biochimique du plomb. C'est la raison pour laquelle leurs dosages sont utilisés à des fins diagnostiques. La teneur moyenne en PPZ chez les femmes pratiquant la fonte des batteries, nettement supérieure à celle des femmes non-exposées, témoigne de la chronicité de l'exposition. Il en est de même chez les mécaniciens de Médina

qui ont une PPZ supérieure à celle observée chez les tourneurs considérés comme témoins. Cette différence entre cas et témoins a également été observée en Égypte [19]. La PPZ, fortement corrélée à la plombémie entre 350 et 800 µg/g Hb ([20]) s'élève dès que la plombémie atteint 200 µg/g Hb. Le taux moyen de plomb sanguin chez les témoins, aussi bien les hommes que les femmes, expliquerait donc la faible valeur des PPZ chez ces derniers. De même, la valeur en PPZ des femmes considérées comme exposées, 3 fois plus élevée que celle des hommes, témoignerait de la chronicité de l'exposition alors que la concentration moyenne en AlaU de  $9,12 \pm 7,524$  mg/g de créatinine de la population exposée serait un bon indicateur d'exposition aiguë. En effet, la concentration en AlaU diminue rapidement à l'arrêt de l'exposition.

Les nombreuses conséquences sanitaires suite à l'exposition au plomb justifieraient donc une intervention urgente de l'État. Une prise en considération de cette population est nécessaire et passe par l'adoption de mesures de protection en conformité avec les textes internationaux en vigueur, ainsi que par l'élaboration de projets permettant leur reconversion professionnelle.

## 5 Conclusion

L'ensemble des résultats montre une imprégnation saturnine de ces acteurs du recyclage des batteries plomb/acide au travers de taux élevés de plombémie, de marqueurs d'effet et des paramètres d'ambiance. La réparation des batteries par les mécaniciens et le recyclage du plomb de manière informelle – sans aucun moyen de protection – par les femmes, traduit l'ignorance des populations.

Afin d'avoir une meilleure vision de l'étendue de ces pratiques et de mesurer les conséquences sur la population dakaroise, il serait judicieux de recruter une population d'étude plus importante et d'étendre ce travail vers les différentes composantes environnementales des zones ciblées. Cela permettrait non seulement de conscientiser tous les acteurs de la santé sur les risques liés à l'utilisation de ces produits toxiques, mais aussi de replacer les problèmes environnementaux qui constituent un nouveau défi pour les pays pauvres au cœur des programmes de développement.

**Conflits d'intérêts.** Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts.

## Références

1. Programme des Nations unies pour l'environnement. Conférence des parties à la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières des déchets dangereux et de leur élimination. Sixième réunion, Genève, 2002.
2. Revue de presse n° 2 « Banque finance et négoce international ». Document consulté sur le site [http://m2bfni.u-bordeaux4.fr/revuedepresse/Revue\\_de\\_presse\\_dec07.pdf](http://m2bfni.u-bordeaux4.fr/revuedepresse/Revue_de_presse_dec07.pdf), le 13 août 2011.
3. Camara B, Lam A, Faye PM, Ndior Cabral M, Fall M, Toure A, Ndiaye M, Sene Mbaye M, Diouf A. Récupération du plomb de batteries et saturnisme à Dakar, Sénégal. Arch Péd. 2010; 17: 91.
4. Billet S, Garçon G, Dagher Z, Verdin A, Ledoux F, Cazier F, Courcot D, Aboukais A, Shirali P. Ambient particulate matter (PM<sub>2.5</sub>): physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells (A549). Environ Res. 2007; 105: 212–223.
5. Diouf A, Garçon G, Diop Y, Ndiaye B, Thiaw C, Fall M, Kane-Barry O, Ba D, Haguenoer JM, Shirali P. Environmental lead exposure and its relationship to traffic density among Senegalese children: a cross-sectional study. Hum Exp Toxicol. 2006; 25: 637–644.
6. Van Kampen EJ, Zijlstra WG. Standardization of hemoglobinometry II. The hemoglobincyanide method. Clin Chim Acta. 1991; 6: 538–544.
7. Rakotondramanana HT, Randruamanivo LV, Andriambololona R, Rasolofonirina M. Application de la fluorescence X à la réflexion totale à l'étude des matières particulaires et des métaux lourds de la pollution de l'air dans la ville d'Antananarivo, Madagascar. Pollut Atmos. 2003; 45: 273–283.
8. Laperche V, Dictor MC, Clozel-Leloup B, Baranger P. Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites pollués. BRGM/RP -52881-FR, 2004: 137.
9. World Health Organisation. The urban environment and health in a world of increasing globalisation: issues for developing countries. Bull W H Or. 2000; 78(9): 1117–1126.
10. Quintanar-Escorza MA, Gonzalez-Martinez MT, Navarro L, Maldonado M, Arevalo B, Calderon-Salinas JV. Intracellular free calcium concentration and calcium transport in human erythrocytes of lead-exposed workers. Toxicol Appl Pharmacol. 2007; 220: 1–8.
11. Weil E. Éléments de toxicologie industrielle. Paris: Masson et Cie, 1975.
12. Wiwanikit V, Suwansakri J. Lead intoxication: a summary of clinical presentation among Thai patients. Biometals. 2006; 19: 345–348.
13. Cuney T, Boulais J, Delolme H. Évaluation et surveillance de l'exposition au plomb des militaires français à Mitrovica, Kosovo. Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire. 2002; 34: 165–166.
14. Laraqui C, Caubet A, Laraqui O, Rahhali A, Curtes JP, Verger C. Étude des risques professionnels chez les potiers au Maroc. Cahier d'Étude et de Recherches Francophone/Santé. 2000; 10: 249–254.
15. Sato M, Yano E. The association between lead contamination on the hand and blood lead concentration: a workplace application of the sodium sulphide (Na<sub>2</sub>S) Test. Sci Total Environ. 2006; 363: 107–113.
16. Sleiman H. Pollution atmosphérique à Beyrouth. Pollut Atmos. 2000; 24: 283–329.
17. Mauras Y, Le Bouil A, Allain P, Mariotte N, Tichet J, Aytret E. Étude de la plombémie dans une population de 616 sujets des régions Centre et Pays de Loire. Presse méd. 1995; 24: 1639–1641.
18. Bismuth C, Baud F, Conso F, Dally S, Frejaville J, Garnier R. Toxicologie Clinique. Paris: Flammarion Médecine-Sciences 2000: 638–655.
19. El-Gazzard RM, Hamid HA. Changes in some metalloenzymes and trace metals among workers occupationally exposed to lead in battery manufacture. J Egypt Public Health Assoc. 1998; 73: 87–96.
20. Fiche Toxicologique FT59 Plomb. Numéro cas : 7439-92-1. Mai 2005.