

EVALUATION DE L'EXPOSITION AU PLOMB CHEZ DES ENFANTS AGES DE 1 A 15 ANS RESIDANT A PROXIMITE DE LA DECHARGE DE MBEUBEUSS

LEAD EXPOSURE ASSESSMENT IN CHILDREN AGED 1 TO 15 YEARS BORDERING THE MBEUBEUSS LANDFILL

Cabral M¹⁻³, Diop C¹, Toure A¹, Dieme D¹⁻³, Verdin A³, Cazier F⁴, Shirali P³, Tall-Dia A², Diouf A¹ et Fall M¹

1. Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD

2. Institut de Santé et Développement, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD, Dakar.

3. Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, Laboratoire de Recherche en Toxicologie Industrielle et Environnementale, Université du littoral Côte d'Opale, Dunkerque (France).

4. Centre Commun de Mesures, Maison de la Recherche en Environnement Industriel, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque (France).

Résumé

Introduction. L'urbanisation rapide et le développement des villes posent de graves problèmes de salubrité qui ont des répercussions néfastes sur les conditions de santé des populations urbaines. Dakar, la capitale du Sénégal, vit actuellement cette évolution générant une prolifération de décharges notamment celle de Mbeubeuss. L'objectif de ce travail consistait à évaluer l'exposition au plomb d'enfants résidant à proximité de cette décharge.

Méthodes. L'étude a été réalisée sur une population de 53 enfants : 23 dans la zone exposée et 30 dans la zone témoin. La détermination de la teneur en plomb dans les échantillons de sol et dans les matrices biologiques a été faite par spectrométrie de masse inorganique couplée à un plasma induit par haute fréquence. Les taux de protoporphyrine zinc érythrocytaire et d'acide à amino levulinique urinaire ont été respectivement déterminés par fluorimétrie et par spectrophotométrie.

Résultats. Les résultats de la métrologie du plomb sur le site de la décharge ont confirmé l'importance de la pollution avec un taux anormalement élevé de 1 129 mg/kg. La plombémie moyenne des enfants exposés (150 µg/L) supérieure à celle des enfants témoins (96 µg/L), de même que les taux des marqueurs d'effet (PPZ, Ala U) obtenus ont mis en exergue le degré d'imprégnation au plomb des enfants vivant à proximité de Mbeubeuss.

Conclusion. L'ensemble des résultats suggère qu'il convient de remédier aux conséquences néfastes de tels risques pour la santé humaine. Ceci serait assuré par la mise en place de politiques efficaces et pérennes de gestion des déchets.

Mots clefs : Décharge, pollution, plombémie, PPZ, Ala U.

Summary

Introduction. Rapid urbanisation in developing countries results in serious threats to sanitation in cities, and the health of urban populations. Waste produced in Dakar, the capital and largest city of Senegal, is dumped in Mbeubeuss, an open air landfill situated in the periurban zone. This epidemiological study aims to assess the possible lead impregnation of the child population living near Mbeubeuss landfill.

Methods. After recruitment of individuals constituting exposed (23) and control groups (30), Pb levels in soil samples, urine and blood lead levels were determined by using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), zinc protoporphyrin concentration by fluorimetry and urinary delta-aminolevulinic acid by spectrophotometry respectively.

Results. The study of the metals present in the soil samples collected in the Mbeubeuss landfill revealed the very high concentrations of Pb in the exposed site (1129 mg/kg). Exposed children had higher impregnation levels of Pb (150 µg/L) than control children (96 µg/L). The results obtained for the markers of effect (ZPP and U Ala) seemed to indicate that the intoxication by this metal is still continuing among the children living near the landfill.

Conclusion. Overall, the results show that this open landfill constitutes a real source of health risk. There is a need to implement appropriate management policies and strategies.

Keywords : Landfill, pollution, blood lead level, ZPP, U-Ala.

INTRODUCTION

La dualité santé/environnement, posée par l'urbanisation rapide et l'expansion des villes dans les pays en voie de développement, est considérée par tous les observateurs comme l'un des défis majeurs du siècle présent. Cette situation risque de poser de graves problèmes d'hygiène et de salubrité qui ont des répercussions néfastes sur les conditions de santé des populations urbaines [1]. En effet, avec une consommation toujours plus grande et toujours plus diversifiée, la production de déchets ne cesse d'augmenter. Il en résulte la présence de dépôts sauvages disséminés dans les villes ou hors des villes [2, 3].

A Dakar, capitale du Sénégal, les déchets sont déversés à Mbeubeuss qui est un dépotoir situé en zone périurbaine et recevant la totalité des ordures ménagères et des déchets industriels solides produits dans la capitale, soit 475000 tonnes par an [4].

Une alternative a été trouvée pour réduire les déchets : l'incinération qui aujourd'hui est soumise à controverse pour plusieurs raisons. En effet il s'agit d'un mode d'élimination de déchets à taux de valorisation limité qui détruit les ressources naturelles contenues dans les déchets. De plus, le phénomène de pollution occasionné par l'incinération de ces déchets au niveau des décharges représente un risque environnemental majeur lié au rejet et à la libération dans l'atmosphère de poussières contenant des métaux lourds tels que le plomb, composé connu pour être toxique même à faibles concentrations.

L'enjeu sanitaire et environnemental de cet élément toxique, est particulièrement important lorsque l'on tient compte de sa période de demi-vie qui peut aller de quelques jours à plusieurs milliers d'année [5].

L'objectif de cette étude était d'évaluer le niveau d'exposition au plomb d'enfants résidant aux environs de la décharge à ciel ouvert de Mbeubeuss.

SUJETS ET METHODES

Cadre d'étude

La décharge de « Mbeubeuss » est située en périphérie de la ville de Dakar et distant d'environ 30 km du centre-ville. Cette décharge est localisée à Malika sur un ancien lac asséché et sur les flancs de la dépression humide des Niayes, principale zone maraichère au Sénégal [4]. La seule forme d'exploitation connue par ce dépotoir depuis son ouverture, demeure le simple terrassement des déchets [6]. Sur le site, les ordures ne sont pas recouvertes de matériau inerte, et les lieux ne sont pas clôturés, ce qui facilite l'accès du site aux enfants.

Population d'étude

Cette étude à visée analytique concerne une population totale de 54 enfants âgés de 1 à 15 ans résidant dans les zones d'étude depuis leur naissance (tableau I).

Il s'agit de comparer des enfants vivant à proximité de la décharge de Mbeubeuss mais ne la fréquentant pas (ou peu) à des sujets témoins recrutés à Darou Salam 6 Nder (zone témoin).

Tableau I : Caractéristiques de la population d'étude

Sexe	Zone exposée		Zone non exposée	
	Garçons	Filles	Garçons	Filles
Effectif (n =54)	17	6	24	7
Age (années) (moyenne ± ET)	8,06 ± 3,52	9 ± 3,82	8,04 ± 3,91	7,83 ± 4,49

Cette zone témoin, situé à 4 km de la décharge de Mbeubeuss, a été sélectionnée pour être suffisamment éloignée de la décharge dans le but de s'affranchir de l'influence des émanations toxiques de la décharge et de conserver néanmoins les mêmes caractéristiques socio-démographiques.

Prélèvement et traitement des échantillons de sol

Les prélèvements de sols ont été réalisés dans des pots en plastique à l'aide de spatule. Durant ces prélèvements, les conditions météorologiques correspondaient à un temps sec et ensoleillé, favorables à une ré-suspension des poussières. Les échantillons préalablement pesés ont été introduits dans un flacon en téflon où ils ont été mis en contact avec un mélange d'acide nitrique (HNO₃ 65%) et d'acide perchlorique (HClO₄ 70%). L'ajout d'acide fluorhydrique s'est avéré nécessaire pour une bonne dissolution des échantillons difficiles à digérer.

Prélèvement des échantillons sanguins et urinaires

Les sujets volontaires ont fourni des échantillons d'urine et de sang. Les prélèvements sanguins ont été réalisés par une équipe constituée d'une

pharmacienne et de 3 infirmiers. Le sang a été recueilli au niveau de la veine du pli du coude dans deux tubes contenant de l'EDTA. Le recueil des premières urines du matin a été effectué dans un flacon de 50 ml.

Analyses

Dans les intoxications à long terme, les signes cliniques étant inconstants et peu évocateurs, le diagnostic repose aujourd'hui sur une approche analytique [7]. Après avoir déterminé les teneurs en éléments chimiques présents dans les sols au voisinage immédiat de la décharge et dans la zone témoin (Darou Salam 6 Nder), il s'agira d'évaluer les marqueurs d'imprégnation, plombémie et plomburie ; ainsi que les marqueurs d'effet que sont l'Ala U et la PPZ.

- Le dosage du plomb a été réalisé à l'aide de l'ICP/MS (torche à plasma couplée au spectromètre de masse), un appareil de type Varian de modèle 820-MS (Varian, Munich, Allemagne). Cette technique est sensible, spécifique, rapide, et ses performances en termes de limite de détection sont de l'ordre de 0,001 µg/L [8, 9, 10].

- La protoporphyrine zinc érythrocytaire a été réalisée par une méthode fluorimétrique à l'aide

d'un hématofluorimètre (AVIV ZFPmeter, New Jersey, USA) avec une longueur d'onde d'excitation de 420 nm et une longueur d'onde d'émission à 594 nm [11].

- Le dosage de l'Ala U a reposé sur sa transformation en porphobilinogène par condensation avec de l'acétylacétone. En présence de paradiaminobenzaldéhyde et en milieu acide, ce porphobilinogène donne un composé coloré dont l'intensité peut être mesurée en spectrométrie UV/Visible à 546 nm [12].

- Le dosage de l'hémoglobine s'est fait sur un spectrophotomètre. L'hémoglobine est oxydée par le ferricyanure de potassium en méthémoglobine qui est convertie en cyan-hémoglobine par le cyanure de potassium. L'absorbance de la cyan-hémoglobine est mesurée à 540 nm [13].

- Le dosage de la créatinine urinaire par la méthode de Jaffé a été basée sur la mesure en méthode cinétique de la réaction de coloration de la créatinine avec une solution de picrate alcalin [11].

Analyse statistique

La comparaison des variables entre groupes témoins et exposés a été réalisée à l'aide du test d'U Man et Whitney. Le risque d'erreur de première espèce consentie (α) est de 0,05. Le traitement des données a été réalisé avec le logiciel d'analyses statistiques SPSS 12.0 for Windows, version 12.0.1 Nov 2003 (SPSS France, Paris, France).

Considérations éthiques

Le comité éthique, organe consultatif rattaché au Ministère de la Santé, avait 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 devront pas être diffusées), obtention du consentement éclairé du participant (les fiches d'information et de consentement ont été signées).

RESULTATS

Caractéristiques démographiques

L'effectif de la population d'étude était de 54 enfants, répartis comme suit : 24 en zone exposée (ZE), 30 en zone non exposée (ZNE) tout sexe confondu.

Les caractéristiques de cette population sont représentées dans le tableau I. Ces caractéristiques montrent une bonne homogénéité tant au niveau du sexe que de l'âge entre les enfants des 2 sites étudiés.

Teneurs en éléments chimiques dans les échantillons de sol

La teneur en plomb dans les échantillons de sol de Mbeubeuss était de 1129 mg/kg contrairement au site de Darou Salam où il était moins présent (14,3 mg/kg) (tableau II).

Résultats des analyses biologiques

Plombémie

La plombémie moyenne de 150 $\mu\text{g/L}$ des sujets exposés à la décharge était supérieure à celle des

Tableau II : Teneurs en métaux dans les échantillons de sol

Métaux	Prélèvement de sol à la surface (mg/kg)	
	Zone exposée (décharge)	Zone non exposée (Darou Salam 6)
Cd	non détecté	non détecté
Cr	287,7	non détecté
F	197 690	3 521
Mn	826,6	51,2
Ni	non détecté	non détecté
Pb	1 129	14,3
Sb	non détecté	non détecté
Sr	163,6	77,9
Zn	593	71

enfants de la zone témoin (96 µg/L). La figure 1b montre que quelle que soit la zone, la plombémie était plus élevée chez les garçons (101 µg/L et 161 µg/L) que chez les filles (78 µg/L et 130 µg/L). La figure (1c) met en évidence une teneur en plomb sanguin plus élevée chez les moins de 5 ans.

La comparaison des concentrations urinaires en plomb (figure 2) entre les sujets des deux sites a montré des teneurs plus élevées chez les enfants exposés (4,49 µg/g créatinine).

PPZ et Ala U

La moyenne de protoporphyrine zinc était plus élevée dans la population de la zone non exposée (6,18 µg/g Hb) plus particulièrement dans le groupe des 11-15 ans (figure 3c). La figure 3b permet de noter que les concentrations en PPZ étaient plus importantes chez les sujets de sexe masculin.

La moyenne de l'Ala U était plus élevée dans la population de la zone exposée avec 7,16 mg/g

créatinine (figure 4a). Cette tendance s'est confirmée surtout pour la tranche d'âge de 11-15 ans avec 6,64 mg/g créatinine dans la zone exposée et 4,17 mg/g créatinine dans la zone non exposée ; ainsi que pour le groupe des 0-5 ans avec 7,7 mg/g créatinine dans la zone exposée et 6,68 mg/g créatinine dans la zone non exposée (figure 4b).

Hémoglobinémie

La figure 5a montre une hémoglobinémie sensiblement égale dans tous les groupes étudiés.

DISCUSSION

La participation des sujets était volontaire et basée sur une démarche individuelle des parents des enfants inclus dans l'étude. Ce mode de recrutement a cependant pu entraîner un biais de sélection, lié à la non-participation de certaines personnes pour des facteurs divers pouvant ainsi influencer les résultats de l'étude. Ainsi, de possibles biais de sélection pourraient entraîner une surestimation ou une sous-estimation de

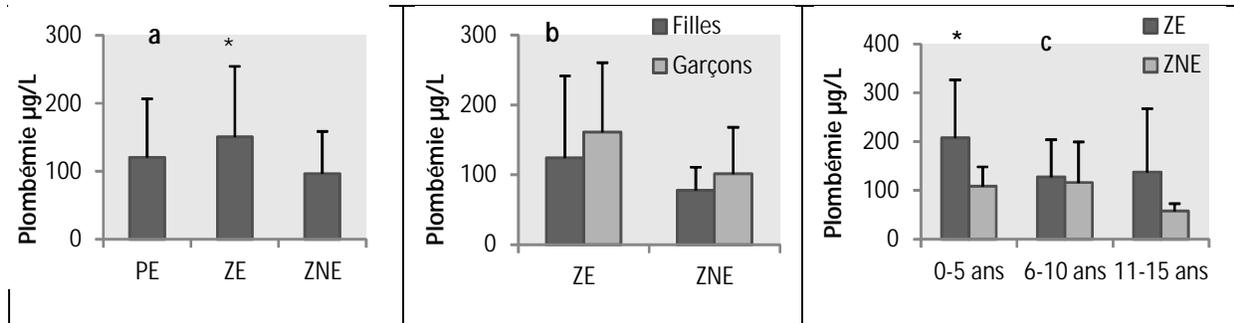


Figure 1: Moyenne de la plombémie dans la population d'étude (a), en fonction de la zone d'exposition par sexe (b) et par classe d'âge selon la zone (c).

* ($p < 0,05$) : Différence statistiquement significative entre les enfants de la zone non exposée et ceux de la zone exposée (figure a), entre les enfants âgés de 0 à 5 ans de la zone non exposée et ceux de la zone exposée (figure c).

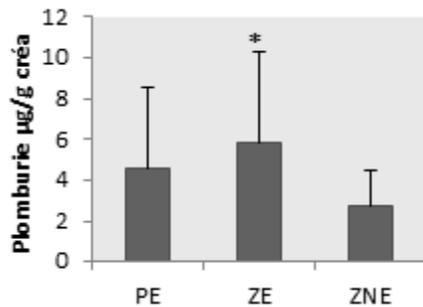


Figure 2 : Moyenne de la plomburie dans la population d'étude.

* ($p < 0,05$) : Différence statistiquement significative entre les enfants de la zone non exposée et ceux de la zone exposée.

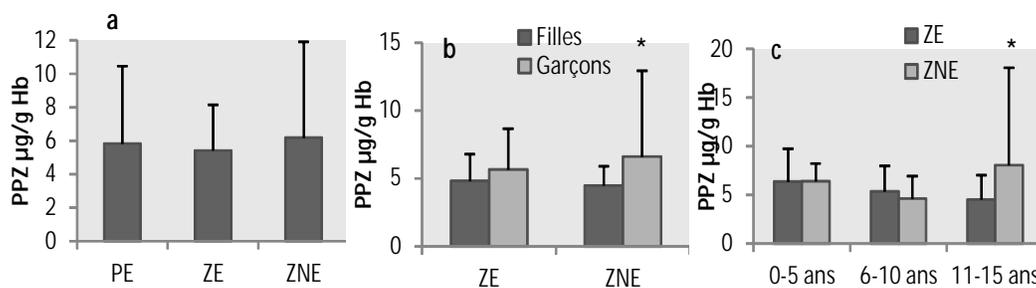


Figure 3: Moyenne de la PPZ dans la population d'étude (a); en fonction du sexe par zone d'exposition (b) et par classe d'âge selon la zone (c).

* ($p < 0,05$) : Différence statistiquement significative entre les garçons et les filles de la zone non exposée (figure b), entre les enfants âgés de 11 à 15 ans de la zone non exposée et ceux de la zone exposée (figure c).

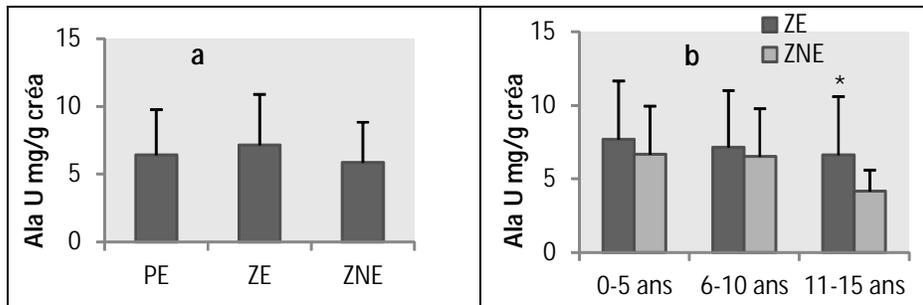


Figure 4 : Moyenne de l'Ala U dans la population d'étude (a) et par classe d'âge selon la zone (b).
* ($p < 0,05$) : Différence statistiquement significative entre les enfants âgés de 11 à 15 ans de la zone non exposée et ceux de la zone exposée (figure b).

l'imprégnation de la population exposée, mais il est impossible d'en évaluer l'ampleur ou le sens. Indépendamment des biais de sélection possibles, un biais de classement aurait également été possible : en effet, quelques sujets résidant à Darou Salam (zone témoin) et donc considérés comme non exposés auraient en réalité pu être exposés, pour des raisons inconnues, au polluant incriminé dans notre étude. Certaines précautions ont cependant été prises au niveau de l'inclusion des participants afin de limiter voire de supprimer ce biais puisque les enfants dont les parents sont professionnellement exposés au plomb ont été exclus. Afin que nos résultats ne soient pas influencés par l'existence de certaines pathologies, n'ont été sélectionnés que les enfants n'ayant souffert d'aucune affection particulière durant les 15 jours précédant l'enquête, et ayant été déclaré apte par le médecin à participer à l'étude à l'issue de l'examen clinique. En dépit des mesures prises, l'interprétation de nos différents résultats ont fait face aux difficultés relatives à

certains facteurs confondants tels que l'alimentation (eau et aliments) dont la part d'exposition est en effet difficile à déterminer. Parmi les contaminants majeurs de l'environnement, les métaux lourds posent de sérieux problèmes écologiques, tant par le caractère ubiquitaire de leur présence au sein de la biosphère que par leur forte rémanence et leur toxicité élevée.

Le plomb présente un intérêt particulier ; il est en effet l'un des métaux les plus utilisés dans le monde industriel pour la fabrication de piles, batteries etc. On le retrouve donc très fréquemment parmi les déchets qui sont déversés au niveau de la décharge.

La caractérisation physico-chimique des échantillons de sol de Mbeubeuss a mis en évidence une très forte concentration en plomb dans la zone exposée avec une teneur presque 80 fois supérieure à celle de la zone témoin et 3 fois la valeur de constat d'impact (VCI) 400mg/kg fixée par l'OMS [14].

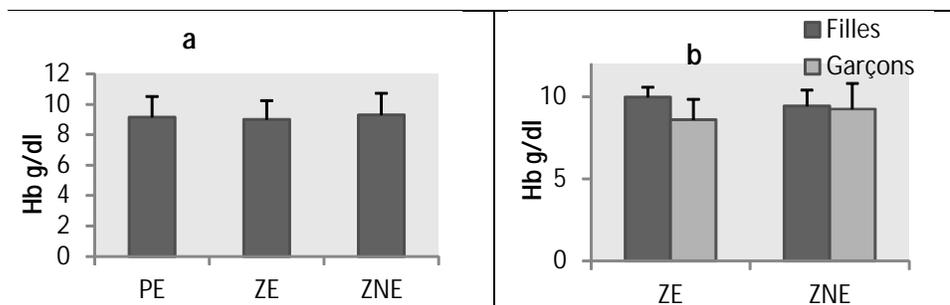


Figure 5 : Moyenne de l'hémoglobininémie dans la population d'étude (a); et en fonction du sexe par zone d'exposition (b).

Du fait de ses propriétés physico-chimiques, le plomb est très peu mobile et demeure dans les couches superficielles du sol où il reste accessible au contact de l'homme, particulièrement des enfants, qui sont plus vulnérables et représente une source rémanente d'envol de poussières [5]. La voie de pénétration de ce métal est essentiellement respiratoire.

La plombémie mesurée à partir du sang veineux est l'indicateur retenu pour évaluer l'imprégnation. Toutefois elle ne reflète pas bien la quantité de plomb réellement présente dans l'organisme mais un état d'équilibre entre une éventuelle intoxication en cours, un processus de stockage ou de déstockage du plomb osseux et son élimination. Les taux de plomb sanguin montrent que l'imprégnation en plomb est plus importante dans la zone exposée (150 $\mu\text{g/L}$). Dans une étude menée dans la ville de Dakar en 2006 et portant sur 168 enfants de 8 à 12 ans, Diouf et al. [15] ont trouvé une plombémie moyenne de 99,7 +/- 39,3 $\mu\text{g/L}$ sensiblement égale à celle des sujets non exposés de notre étude. Les enfants de sexe masculin semblent toutefois être plus atteints que

les filles, aussi bien dans la zone exposée (161 contre 130 $\mu\text{g/L}$), que dans la zone témoin (101 contre 78 $\mu\text{g/L}$). Ce constat a déjà été rapporté par les travaux Fall et al. [3] mais également par ceux de Wang et al. lors d'une enquête de dépistage du saturnisme infantile en Chine [16]. Les jeunes garçons ont sans doute absorbé plus de particules plombifères que les filles du fait de leur activité extérieure plus intense ou de leur accès à la décharge plus fréquent, les filles étant retenues à la maison pour des raisons sociales. Les enfants de moins de 5 ans résidant à proximité de Mbeubeuss présentent une plombémie moyenne de 208 $\mu\text{g/L}$, ce qui est presque le double des enfants du même âge dans la zone non exposée.

Une enquête menée entre 1992 et 1999 en Ile de France rapportait qu'un enfant sur trois présentait une plombémie supérieure à 100 $\mu\text{g/L}$ et que 1,5 % relevait de l'urgence médicale.

L'auteur avait surtout noté que la proximité d'un site industriel métallique impliqué dans le recyclage où l'utilisation du plomb constituait un facteur de risque [17].

Dans notre étude, il est important de noter que les valeurs de plombémie sembleraient avoir essentiellement pour origine le plomb présent dans la décharge. En effet, il n'existe pas sur ce site d'industries susceptibles de relarguer du plomb dans l'atmosphère, et l'essence ne contribue quasiment plus au rejet du plomb dans l'air depuis les engagements de l'Etat sénégalais pris à l'issue de la conférence de Dakar en Juin 2001 portant sur « l'élimination du plomb dans l'essence en Afrique Sub-saharienne ». Malgré l'absence de données sur la contamination par les peintures, on estime que cette source est réduite compte tenu du type d'habitation.

Il est admis que la plombémie témoignant d'une exposition élevée chez l'enfant est de 100 $\mu\text{g/l}$ [18]. A faibles doses, l'intoxication par le plomb chez les enfants provoque une baisse du quotient intellectuel et de la concentration, des difficultés de lecture et d'apprentissage, de l'hyperactivité et des problèmes de comportement, des retards de croissance et des troubles visuels et moteurs, la surdité [19]. Une étude menée sur 112 enfants a montré que même à de faibles niveaux d'exposition, le plomb présentait une néphrotoxicité [20].

La plomburie spontanée n'est pas le meilleur indicateur d'exposition au plomb [21], cependant son dosage a montré un taux moyen chez les enfants exposés supérieur à celui des enfants témoins de Darou Salam. La plomburie est plus élevée chez les garçons (6,61 $\mu\text{g/g}$ créatinine) que chez les filles (4,748 $\mu\text{g/g}$ créatinine) habitant aux environs de la décharge.

Le plomb inhibe diverses enzymes et principalement la déshydratase de l'acide delta amino-lévulinique (ALAD) et l'hème synthétase, ce qui entraîne une accumulation de l'Ala dans le sang et dans les urines et des protoporphyrines zinc (PPZ) dans les hématies. C'est la raison pour laquelle, leurs dosages sont utilisés à des fins diagnostiques [22]. Ces marqueurs d'effets permettent d'estimer d'une part l'exposition au plomb et d'autre part ses répercussions sur l'organisme. En cas d'exposition chronique, la PPZ est un bon indicateur car elle reflète une exposition de plusieurs semaines voire de plusieurs mois. Elle s'élève tardivement 2 à 3 semaines après le début de l'exposition et reste stable.

Les sujets des deux zones montrent un taux de PPZ sensiblement égal avec une moyenne de 6,2 $\mu\text{g/g}$ Hb dans la zone non exposée et de 5,4 $\mu\text{g/g}$ Hb dans la zone exposée, les valeurs des sujets masculins étant toujours supérieures à celles des sujets féminins.

Ces valeurs supérieures à la valeur biologique de 3 $\mu\text{g/g}$ Hb indiquent une exposition excessive au plomb remontant au moins à plusieurs mois. Ces constatations mises en parallèle avec les précédentes corroborent notre théorie sur la différence d'activité « garçon-fille ». Le faible écart entre la zone cible et la zone témoin remettrait-il en cause le choix de cette dernière ?

L'Ala U est un indicateur d'exposition plus récent. Il est utilisé en milieu professionnel en cas de forte exposition brève ou accidentelle (aigue). L'Ala U augmente rapidement après l'exposition dès la 2^{ème} semaine et se normalise rapidement à l'arrêt

de l'exposition dans les 15 jours qui suivent. Les moyennes Ala U sont plus élevées dans la zone exposée (7,16 mg/g créatinine) avec une prédominance pour les garçons. Ces résultats supérieurs à la valeur moyenne d'exposition de 5 mg/g de créatinine nous amènent à suggérer que l'intoxication est toujours en cours.

Une intoxication au plomb s'accompagne souvent d'une anémie, car l'incorporation du fer dans la protoporphyrine est perturbée au cours de la synthèse de l'hème. Il interfère dans le processus de formation des globules rouges et provoque ainsi une anémie semblable à celle provoquée par une malnutrition sévère. Une anémie modérée est notée chez tous les sujets avec 9,15 g/dl dans la population générale, 8,99 g/dl dans la zone exposée et 9,28 g/dl dans la zone non exposée. Ce déficit en hémoglobine peut être causé par une intoxication au plomb, mais peut également avoir d'autres origines (malnutrition, maladie ...), ce qui expliquerait l'anémie observée au sein de la population infantile non exposée.

CONCLUSION

L'analyse des échantillons de sol a mis en évidence la présence, à forte concentration, de plusieurs métaux parmi lesquels le plomb. L'étude des marqueurs d'imprégnation et d'effet liés à une exposition au plomb est en faveur d'une intoxication chronique. Elles n'atteignent cependant pas un niveau nécessitant un traitement médical. L'attitude thérapeutique recommandée pour les plombémies comprise entre 100 et 250 µg/L est le contrôle de la

plombémie tous les 3 à 6 mois, l'éviction de la zone contaminée, la suppression des sources d'exposition.

D'autres études transversales ou longitudinales avec de plus grands échantillons aideraient à mieux confirmer nos résultats probablement entachés de biais de sélection. Toutefois ces résultats constituent des indicateurs d'alerte pour des mesures précoces de prévention.

REFERENCES

1. **Beauchemin C, Bocquier P.** Migration and Urbanisation in Francophone West Africa : A review of the recent empirical evidence », Développement et Insertion Sociale (DIAL), Document de Travail DT /2003/ 09.
2. **Aloueimine SO.** Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision. Thèse Doctorat Chimie Microbiologie de l'Eau, Univ de Limoges, 2006, N° 012, 195p.
3. **Fall M, Diop YM, Ndiaye B, Cabral M, Niang/ Ndoye N, Garçon G, Shirali P, Diouf A.** Etude des variations de sélénium chez des enfants sénégalais exposés au plomb d'origine automobile. *J Sci Technol.* 2008;6(2):27-35.
4. **Cissé O.** Les décharges d'ordures en Afrique: Mbeubeuss à Dakar au Sénégal. Ed IAGU - Karthala, 2012. ISBN: 978-2-8111-0633-1.
5. **INSERM.** Plomb dans l'environnement : quels risques pour la santé ? Expertise collective INSERM 1999.

- 6. Kassé M.** Vivre près de Mbeubeuss- un aperçu, Projet Recherche sur les Villes Ciblées (RVC) élément du programme Pauvreté Urbaine et Environnement (PURE) du CRDI, 2007.
- 7. Lépine P.** Intoxication au plomb. 2005. http://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problèmes/Fiche.aspx?doc=intoxicationplombpm_sommaire [consulté le 25 mars 2013].
- 8. Bidar G, Garçon G, Pruvot C, Dewaele D, Cazier F, Douay F, Shirali P.** Behavior of *Trifolium repens* and *Lolium perenne* growing in a heavy metal contaminated field: Plant metal concentration and phytotoxicity. *Environ Poll.* 2007; 147: 546-553.
- 9. Heitland P, Köster HD.** Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS. *Clin Chim Acta.* 2006;365:310-318.
- 10. Heitland P, Köster HD.** Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS. *J Trace Elements Med Biol.* 2006;20:253-262.
- 11. Garçon G, Leleu B, Zerimech F, Marez T, Haguenoer JM, Furon D, Shirali P.** Biological markers of oxidative stress and nephrotoxicity as studied in biomonitoring of adverse effects of occupational exposure to lead and cadmium. *J Occup Env Med.* 2004;46:118-186.
- 12. Tomokuni K.** New method for determination of aminolevulinic acid dehydratase activity of human erythrocytes as an index of lead exposure. *Clin Chem.* 1994;20:1287-1291.
- 13. Van Kampen EJ, Zijlstra WG.** Standardization of hemoglobinometry II. The hemoglobincyanide method. *Clin Chim Acta.* 1991;6:538-544.
- 14. Rapport OMS.** Rapport du Directeur Général de l'OMS. Questions relatives à l'environnement, Stratégie d'assainissement pour les communautés à haut risque. Conseil exécutif, 108^{ième} session, EB1001/19, 1997, 8p.
- 15. 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.
- 16. Wang Q, Zhao H, Chen J, Hao Q, Gu K, Zhu Y, Zhou Y, Ye L.** [delta]-Aminolevulinic acid dehydratase activity, urinary [delta]-aminolevulinic acid concentration and zinc protoporphyrin level among people with low level of lead exposure. *Int J Hygiene Environ Health.* 2010;213:52-58.
- 17. Tratner I.** La lutte contre le saturnisme infantile: quels progrès en vingt ans ? *Méd Sciences.* 2003;89:873-877.
- 18. INVS.** Évaluation de l'exposition au plomb des enfants résidant autour de la cristallerie de Baccarat, 54p. http://www.invs.sante.fr/publications/2009/exposition_plomb_cristallerie_baccarat/expositionplomb_cristallerie_baccarat.pdf [Consulté le 25 mars 2013].
- 19. UNICEF.** L'intoxication des enfants par le plomb- Information visant à susciter le plaidoyer et l'action. UNICEF 1997, 19p.

20. Lüder M Fels. Adverse effects of chronic low level lead exposure on kidney function- a risk group study in, *Nephrology Dialysis Transplantation Nephrol Dial*, 1998 Ch13: 2248-2256.

21. Lauwerys R. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Edition Masson, Paris, 2003, 961p.

22. Boiteau M. Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb, Organisation des programmes de dépistages et évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de l'exposition. Tome 2. Institut de Veille Sanitaire, 1995.

Correspondance: Pr Mamadou FALL

Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie, UCAD de Dakar.

BP 25064 Dakar Fann, Sénégal

Email : madoufal@gmail.com

Tel/Fax : (221) 33 824 65 39