

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

M IT, ENV04/175

Faculté des sciences de la nature
et de la vie
Département des Sciences de
l'Environnement et des Sciences
Agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Biologie

Option : Toxicologie de l'environnement.

Thème :

**L'exposition au plomb et au cadmium chez des nouveau-nés :
état de la région de Taher**

Jury de soutenance:

Présidente : M^{me} Ghorab. I

Encadreur: Balli. N

Examinatrice : D^r Ounas. I

Présenté par :

Bouhariche Khadidja

Boudjemaa Fatima



Session : Juin 2015.

Numéro d'ordre.....

Remerciements

Louange Allah, le tout puissant, qui a permis à ce travail de voir le jour.

*Nous tenons à remercier chaleureusement et respectivement, notre encadreur
M^{me} Balli Nassima*

*Non seulement pour son aide et orientations tout au long de notre travail, mais
aussi pour son esprit d'encadrement et sa volonté.*

*Notre témoignage le plus ardent et nos sincères remerciements vont également
aux membres de jury D^r Ounes et M^{me} Ghorab I*

*Nos vifs remerciements vont à tous les enseignants qui nous ont suivis durant nos
5 ans d'études.*

A tous nos collègues de la promotion 2015

*Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes personnes ayant
contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

Nous ne serions bien sur jamais arrivés là sans l'aide et le soutien de nos familles.

*Merci à nos parents pour avoir toujours cru à nous, merci de nous soutenir
dans cette voie*

*merci de votre présence, de vos encouragements, de vos conseils, de vos attentions
constantes. Merci pour tous, nous espérons pouvoir vous rendre le bonheur que
vous nous avez apportez.*

Fatima et Khadidja



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents pour leurs endurance, leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements. Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de ma profonde affection et tendresse.

A mes frères Khaled et Daoud.

A mes sœurs Yasmina, Fatima et Amel.

A mes cousines Najia et Hanane.

A toutes mes chères amies et tous mes proches et surtout Hassina B, Hassina H, Amina et Ilham.

Je tiens également à associer à cet œuvre tous mes collègues de toxicologie de l'environnement promotion 2015 que j'ai eu le plaisir de côtoyer pendant cette période de formation.

Khadija

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mon très cher père pour leur endurance, leur amour, leur sacrifice et leur encouragement. Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de ma profonde affection et tendresse.

A ma maman que dieu lui soit miséricordieux,

A ma tante maternelle Salima qu'elle soit la compatissante maman avant la tante pour nous.

A mes frères : Fares et Abdelssamed.

A mes sœurs : Nahla, Sihem, Meriem et Zakia.

A mes cousines : Zineb, Asma et Amina.

A ma petit-neveu: Marwa.

A toute mes chers amis et tous mes proches et surtout Hassina B, Hassina H, Amina, Ilham, Nadia et Milouda.

Je tiens également à associer à cette œuvre tous mes collègues de toxicologie de l'environnement promotion 2015 que j'ai eu le plaisir de côtoyer pendant cette période de formation.

Fatima

Sommaire.....	I
Liste des abréviations.....	iii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Introduction.....	1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

01 : Les métaux lourds

1. Rappels généraux sur le plomb et le cadmium.....	3
1.1. Le plomb.....	3
1.1.1. Caractéristiques et utilisations.....	3
1.1.2. Principales sources d'exposition au plomb.....	3
1.1.3. Toxicocinétique.....	4

1.2. Le cadmium.....	5
----------------------	---

1.2.1. Caractéristiques et utilisations.....	5
1.2.2. Principales sources d'exposition au cadmium.....	5
1.2.3. Toxicocinétique.....	5
2. L'exposition au plomb et au cadmium pendant la période embryo-fœtale.....	6
2.1. La vulnérabilité de la période embryo-fœtale.....	6
2.2. Les effets d'une exposition périnatale au plomb et au cadmium sur le nouveau-né.....	7
2.2.1. Les effets du plomb.....	7
2.2.2. Les Effets du cadmium.....	7

2 : les biomarqueurs

1. Biomarqueurs d'évaluation des risques du plomb et du cadmium pour les nouveau-nés.....	9
1.1. Concepts et généralités.....	9
1.2. Différents types des biomarqueurs.....	9
1.2.1. Biomarqueurs d'exposition.....	10
1.2.2. Biomarqueurs d'effet.....	10
1.2.3. Biomarqueurs de sensibilité aux effets.....	10
1.3. Les biomarqueurs d'exposition utilisés pour évaluer l'exposition des nouveau-nés.....	11
1.3.1. Le sang du cordon ombilical.....	11

1.3.2. Le placenta et les échanges mater-fœtaux.....	12
--	----

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Le cadre géographique et démographique de l'étude	16
2. La démarche expérimentale.....	16
2.1. Questionnaire d'enquête épidémiologique.....	16
2.2. Prélèvements biologiques.....	17
2.2.1. Le sang au cordon ombilical.....	18
2.2.2. Le placenta.....	18
2.3. Préparation des extraits sanguins et placentaires.....	19
2.4. Méthode d'analyse des métaux lourds.....	20
2.4.1. Principe de Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA).....	20
2.4.2. Protocole d'analyse.....	20
3. Traitement statistique et description des variables.....	20

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats de l'étude épidémiologique.....	22
1.1. Facteurs de variation individuelle des mères.....	22
1.2. Facteurs de risque environnemental.....	23
1.3. Facteurs de variation individuelle des nouveau-nés.....	24
2. Résultats du dosage du plomb et du cadmium dans le sang ombilical et le placenta.....	26
2.1. Les variations individuelles des mères.....	26
2.2. Les facteurs de risque environnemental.....	29
2.3. Les variations individuelles des nouveau-nés.....	32
3. Discussion.....	33
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	38
Annexes.....	I

AD: Amalgame dentaire.

AG: Age gestationnel.

AM: Age maternel.

Ca: Calcium.

Cd: Cadmium.

Cd_p: Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le placenta.

Cd_s: Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le sang ombilical.

CIRC: Centre international de recherche sur le cancer.

CP: cadre professionnel.

CRP: consommation régulière des poissons.

CRV: consommation régulière des viandes.

EDTA:L'acide tétra-acétique éthylène diamine.

ETM: Les éléments traces.

F: Féminin.

FAE: Femme d'agriculteur exposant.

Fe : le fer.

Hcl : L'acide chlore hydrique.

HNO₃: L'acide nitrique.

H₂O₂ : L'eau oxygénée.

HPR : habitat à proximité d'une route à activité intense.

IMC : Indice de masse corporel.

M: Masculin.

MG : moyen géométrique.

N^{bre} : Nombre.

N-n : Nouveau-né.

NS : Niveau scolaire.

O₂:L'oxygène.

P : La probabilité.

Pb: Le plomb.

Pb_P : Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le placenta.

Pb_S : Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le sang ombilical.

Pds : poids.

PI : professions intellectuels.

RCIU: Retards de croissance intra-utérins.

RM : Le revenu mensuel.

SA : Sans activité.

SAA: La spectrométrie d'absorption atomique.

SE : semaine.

Tableau 01: facteurs du risque étudiés.....	17
Tableau 2: Distribution des mères selon les facteurs de variation individuelles.....	23
Tableau 3: Distribution des femmes selon les facteurs de risque environnemental.....	24
Tableau 4: Distribution des nouveau-nés (N-n) selon les facteurs de variation individuelle : l'âge gestationnel, le sexe et le poids.....	25
Tableau 5 : Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang ombilical et le placenta selon les variations individuels des mères.....	26
Tableau 6: Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang ombilical et le placenta selon les facteurs de risque environnemental.....	29
Tableau 7: Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang et le placenta selon les variations individuelles des nouveau-nés.....	32

Figure 1: Le sang placentaire dit « sang de cordon ».....	12
Figure 2: Détail d'un placenta humain.....	13
Figure 3 : les interactions et le passage des métaux lourds entre la circulation maternelle et le fœtus à travers le placenta.....	15
Figure 4: Diagramme d'ensemble des prélèvements biologiques effectués.....	18
Figure 5: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'âge maternel l'IMC et le niveau scolaire(NS).....	27
Figure 6: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon le cadre professionnel le revenu mensuel et nombre d'enfant.....	27
Figure 7: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'alimentation, l'eau de boisson et l'HPR.....	30
Figure 8: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'état tabagique et les amalgames dentaires.....	30
Figure 9: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'âge gestationnel le sexe et le poids.....	32



Introduction

Il ya une inquiétude croissante concernant l'exposition à des contaminants environnementaux dans la population générale dont l'environnement est depuis longtemps connu pour sa capacité à véhiculer des substances toxiques pour l'homme ou les écosystèmes **(Riz et al., 2010)**.

Les métaux lourds ne peuvent pas être biodégradés et donc persistent dans l'environnement pendant de longues périodes. L'accumulation des métaux lourds dans l'environnement peut se répercuter sur la santé des êtres humains et des animaux **(Huynh, 2009)**.

L'exposition prénatale aux métaux couramment trouvés dans l'environnement, dont plus particulièrement le plomb et le cadmium, est très préoccupante et a émis l'hypothèse d'être associée à plusieurs effets directs ou indirects sur le développement fœtal **(Nakhlé, 2003)**.

Différentes mesures ou indicateurs (le sang ombilical et placentaires, les cheveux, l'os...) permettent d'estimer ces effets sur la santé de la mère et du nouveau-né à plusieurs niveaux de gravité : espérance de vie, handicaps, maladies, troubles de croissance, de développement ou qualité de vie **(Tanaouayi et al., 2015)**.

Le placenta est un organe privilégié qui, avec les membranes fœtales et du liquide amniotique, permet la croissance et le développement du fœtus pendant la grossesse normale. Il agit également comme un filtre réduisant le passage de substances nocives, la protection de l'embryon et le fœtus d'une exposition à des polluants **(Caserta & al., 2013)**. Le cordon ombilical met en relation l'organisme (essentiellement le système circulatoire) du foetus avec celui de la mère. Ceci se fait par l'intermédiaire du placenta, c'est pourquoi ces deux matrices fœtales font l'objet de nombreuses études d'évaluation du risque pour les nouveau-nés **(UVMaF, 2011)**.

Cette étude vise d'une part à évaluer les niveaux de plomb et de cadmium auxquels sont exposés les nouveau-nés de la région de Taher (wilaya de Jijel). Cet objectif représente l'approche toxicologique de l'étude réalisé par l'utilisation du sang ombilical à l'accouchement et du placenta comme des biomarqueurs d'exposition. D'autre part, l'étude vise à présenter les facteurs du risque associés à une plombémie et une cadmiumie élevées à la naissance par le recours à une approche épidémiologique.

L'association d'une approche épidémiologique avec une approche toxicologique permet de prendre en compte les variables épidémiologiques lors d'interprétation des résultats de mesures toxicologiques.

La population étudiée a été déterminé à cause de la toxicité connue de ces deux métaux (Pb, Cd) chez le nouveau-né, dont la vie intra-utérine est considérée comme une période de très grande vulnérabilité.

L'objectif général de la présente étude est donc d'estimer les niveaux sanguins du plomb et du cadmium au cordon ombilical à l'accouchement et au placenta chez les nouveau-nés de la région de "Taher", et d'évaluer les principaux facteurs de risque associés aux niveaux de ces métaux lourds tels que les caractéristiques individuelles des mères (âge, indice de masse corporel, revenu mensuel, niveau scolaire...), les caractéristiques d'exposition environnementale (tabagisme, profession, sources d'eau et d'alimentation,...) et les facteurs liés à la santé des nouveau-nés(taille, âge gestationnel).

Les objectifs principaux spécifiques de l'étude sont les suivant :

- La détermination des concentrations du Pb et du Cd dans les échantillons du sang ombilicale et du placenta.
- Etablir une comparaison entre les concentrations du Pb et du cd obtenus dans les matrices et celles trouvées dans les études mondiales.

Ce mémoire comporte principalement 3 chapitres :

- Le premier chapitre contient la synthèse bibliographique qui retrace les connaissances actuelles sur les métaux lourds et leurs effets toxiques sur l'homme
- Le deuxième chapitre comporte la partie matérielle et méthodes où sont décrites les méthodes biologiques utilisées, les protocoles expérimentaux plus de la technique d'analyse.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leurs discussions.

En fin, nous concluons ce travail par une conclusion générale.

A decorative frame with a scalloped, cloud-like shape. The frame is filled with a light yellow-to-white gradient and has a green border. Inside the frame, the text "Synthèse bibliographique" is written in a black, serif font. The frame is adorned with intricate floral and geometric patterns in shades of green, red, and orange, resembling traditional Islamic or Persian art. The patterns are symmetrical and feature stylized flowers and interlocking lines.

Synthèse bibliographique

A decorative floral border in shades of green, yellow, and pink, featuring intricate patterns of leaves and flowers. The border is symmetrical and frames the central text.

01: Les métaux lourds

1. Rappels généraux sur le plomb et le cadmium

1.1. Le plomb

1.1.1. Caractéristiques et utilisations

Du latin plumbum, élément chimique métallique d'un gris bleuâtre, il est le plus universellement répandu des métaux lourds (Lu, 1992). Il ne semble pas que le plomb soit nécessaire ou utile à une quelconque fonction métabolique à l'inverse de nombreux oligo-éléments (Miquel, 2001).

L'utilisation du Pb a traversé les âges depuis la haute antiquité en dépit de sa toxicité déjà décrite deux siècles avant JC. Actuellement il est utilisé comme additif dans les essences, les batteries, les peintures etc... (Lu, 1992 ; INRS, 2006).

1.1.2. Principales sources d'exposition au plomb

Le plomb est ubiquitaire, c'est-à-dire qu'on le trouve à peu près partout (air ambiant, poussières, eau, sol, aliments, boissons), mais il se trouve en plus grande quantité dans certains milieux de travail (Morais et al., 2012).

La pollution saturnine de l'air par les combustibles et les plomb-tétra-alcoyles qu'on ajoute à l'essence constituent des sources de contamination méritant une attention particulière. L'emploi du plomb dans l'industrie entraînant une élévation de l'apport total, par inhalation dans les cas d'exposition professionnelle (FAO et OMS, 1972).

La nourriture est l'une des principales sources d'exposition au plomb (les fruits, les viandes, les graines, les produits de la mer, les boissons sans alcool, le vin...) (Morais et al., 2012). Les résidus de plomb dans les additifs alimentaires constituaient autre-fois une autre source de contamination (FAO et OMS, 1972).

Les déchets solides et liquides (boues) constituent environ 81 % des rejets de Pb effectués dans l'environnement, habituellement dans des décharges (FAO et OMS, 1972). Il existe d'autres sources d'exposition au plomb en milieu résidentiel, parmi les quelles la contamination de l'eau potable par le plomb de la tuyauterie résidentielle (soudures et tuyaux) ou des aqueducs municipaux (Garnier et Poupon, 2004).

1.1.3. Toxicocinétique

a) Absorption

Le plomb et ces composés pénètrent dans l'organisme surtout par la voie digestive, l'absorption digestive est plus importante chez l'enfant que chez l'adulte (**Miquel, 2001**), cette absorption augmente par carence en Fe, Ca et en vitamine D (**Garnier et Poupon, 2004**).

La voie respiratoire est également importante. En plus, le plomb peut aussi pénétrer par voie cutanée, à la faveur de lésion de la peau, et pour certains composés organiques grâce à leur liposolubilité (**Alain, 2005**).

b) Devenir dans l'organisme

Le plomb absorbé passe dans la circulation sanguine où plus de 90% est fixé aux érythrocytes au niveau de la membrane et de l'hémoglobine, le reste diffuse dans le sérum. Il est ensuite distribué à divers organe et tissus (**INRS, 2006**).

Conduit par le sang, le plomb va tout d'abord se fixer dans les tissus mous (notamment dans le foie, la rate, les reins, la moelle osseuse, les surrénales et le système nerveux). Sa demi-vie dans le sang est de l'ordre de 25 à 35 jours, dans les tissus mous elle est de quelque mois, il peut franchir aisément la barrière placentaire (**Alain, 2005**).

La localisation la plus important est celle qui a lieu sur le système osseux et dentaire. Le plomb s'y dépose à l'état de phosphate insoluble, en principe non toxique. Il prend la place du calcium dans l'hydroxyapatite (**Perrin, 2007**).

Le dépôt de calcium dans les os entraîne une fixation concomitante du plomb, sa demi-vie osseuse varie de 5 à 20 ans (**Perrin, 2007**).

c) Elimination

Le plomb s'élimine par l'urine (75 %), la bile et les matières fécales (20 %) et, accessoirement par la salive et la sueur. L'élimination est très lente et de surcroit, il n'y a pas toujours parallélisme entre absorption et élimination, ce qui risque d'entraîner une accumulation. Le plomb, effectivement, est un toxique cumulatif, Il passe assez faiblement dans le lait (**Alain, 2005**).

1.2. Le cadmium

1.2.1. Caractéristiques et utilisations

C'est un métal blanc argenté, ayant des propriétés physiques proches de celles du zinc et il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes (Casas, 2005).

Le cadmium (Cd) est un métal très important avec de nombreuses applications industrielles (les alliages et en galvanisation, fabrication des batteries sèches, pigment coloré pour les peintures et les matières plastiques...) (Lu, 1992 ; Reichl, 2004; Pichard et al., 2005).

1.2.2. Principales sources d'exposition au cadmium

Les sources industrielles du cadmium et de ces composés peuvent être à l'origine d'exposition professionnelle et également contribuer à leur présence dans l'air environnementale.

Le cadmium atmosphérique provient aussi des activités métallurgiques et minières, de l'incinération intempestive de batteries au nickel-cadmium, de l'emploi des pigments qui en contiennent, de la combustion des fuels et des charbons, d'engrais phosphatés (impuretés cadmiques) (Maud, 2005).

En outre, les concentrations de Cd dans l'environnement sont en partie attribuables aux incendies de forêt et aux éruptions volcaniques; cela dit, l'érosion et l'altération atmosphérique des roches contenant du cadmium (Sarkar, et al., 2013).

Le tabagisme est une source supplémentaire de Cd, car une cigarette contient approximativement 1 à 2 µg de Cd (Bernard, 2008).

En général, pour les non-fumeurs et les travailleurs non exposés professionnellement, l'alimentation (poissons, crustacés, viandes...etc) représentent la majeure partie de l'exposition humaine au Cd (Morais et al., 2012).

1.2.3. Toxicocinétique

a) Absorption

Les composés contenant du cadmium sont absorbés par inhalation dans les poumons (jusqu'à 50% sous forme d'aérosols) ou par ingestion dans le tube digestif (jusqu'à 5% selon la composition alimentaire) (Reichl, 2004).

b) Devenir dans l'organisme

Après inhalation ou ingestion, le cadmium absorbé est transporté par le sang ; il est surtout présent dans les globules rouges (70 %) sous forme liée à l'hémoglobine. Son taux y est normalement très faible (inférieur à 10 µg/l chez les sujets non exposés) (INRS, 2013).

Le cadmium est distribué dans les organes. Il s'accumule surtout dans le foie et les reins où se concentre finalement 50 à 75 % de la charge totale de l'organisme (33 % dans les reins seuls) (INRS, 2013).

Dans l'organisme, il se fixe sélectivement sur les métallothionéines, protéines dont la synthèse est directement stimulée par l'exposition au cadmium. Le cadmium est un toxique particulièrement cumulatif dont la demi-vie biologique a été estimée, chez l'homme, entre 10 et 30 ans. (Bisson et Houeix, 2014).

c) Elimination

L'absorption intestinale étant faible, environ 95% du cadmium absorbé sont éliminés dans les selles. Une partie (augmentation avec l'âge) est éliminée par voie rénale (Reichl, 2004).

2. L'exposition au plomb et au cadmium pendant la période embryo-fœtale

2.1. La vulnérabilité de la période embryo-fœtale

Le développement intra-utérin est un processus extrêmement complexe pendant lequel l'embryon puis le fœtus peuvent être particulièrement vulnérables aux facteurs environnementaux, et plus spécifiquement à partir de la fin de la troisième semaine du développement, lorsque la circulation extra-embryonnaire débute, et donc que les échanges avec le sang maternel se mettent en place. La 4^{ème} semaine de développement signe le début de l'organogenèse caractérisée par de nombreuses migrations cellulaires et un processus morphogénétique régi par des mécanismes moléculaires extrêmement précis (Grandjean et al. 2008).

Cette période est donc considérée comme critique pour les malformations. Jusqu'à la 8^{ème} semaine, la mise en place des tissus fondamentaux entraîne des modifications morphologiques complexes : formation du tube neural, des structures uro-génitales primitives et de tous les autres organes primitifs (Grandjean et al. 2008).

Pendant cette période de vulnérabilité accrue, l'exposition de la mère, puis de l'enfant, à de faibles doses de substances toxiques pourrait être responsable d'effets sanitaires à long terme (Grandjean et al. 2008).

2.2. Les effets d'une exposition périnatale au plomb et au cadmium sur le nouveau-né

2.2.1. Les effets du plomb

L'exposition au plomb est plus dangereuse pour le fœtus. Le fœtus peut être exposé au plomb via sa mère. En effet, le plomb a été utilisé autrefois pour déclencher des avortements (**Needleman et al., 1984**).

Un risque élevé d'avortements et d'enfants mort-nés et une baisse de la fertilité ont été observés chez des femmes professionnellement exposées au plomb à des niveaux de concentration sanguine supérieurs à 500 µg Pb/L de sang.

L'implication du plomb dans l'apparition de malformations congénitales a donné lieu à des études contradictoires. Pour, le risque de malformations doublerait lorsque la plombémie passe de 7 à 100 µg/L (**Needleman et al., 1984**).

Des retards de croissance intra-utérins ont aussi été observés dans des études épidémiologiques avec une relation inverse entre la taille à la naissance et la plombémie maternelle ou la charge osseuse de la mère (**Gonzalez- Cossio et al., 1997**). Ces retards de croissance intra-utérine, avortements spontanés et prématurité peuvent survenir pour des plombémies faibles à modérées (10-300 µg/L). L'exposition professionnelle du père peut aussi multiplier par 5 ce risque d'inhibition de la croissance intra-utérine.

Le plomb est surtout neurotoxique pour le fœtus et l'enfant en bas âge (**ATSDR, 2005**). Plusieurs études ont démontré des effets négatifs sur le développement cognitif et moteur suivant une exposition postnatale au plomb (**Despres et al., 2005, Fraser et al., 2006**). Plus récemment, des déficits comportementaux, tels l'hyperactivité, l'impulsivité, l'agressivité ont été rapportés (**Dietrich et al., 2001**). Par ailleurs, l'exposition au plomb au cours de la grossesse a été associée à une rupture prématurée des membranes, à des accouchements prématurés ainsi que d'une diminution de poids à la naissance et une augmentation du retard de croissance intra-utérin chez le nouveau-né (**Srivastava et al., 2001**).

2.2.2. Les Effets du cadmium

L'exposition à long terme au cours de la grossesse à même de faibles concentrations de cadmium, conduit souvent à des dommages irréversibles à l'évolution de fœtus et de morbidité maternelle (**Wibowo et al., 2014**).

Il engendre une diminution du poids des fœtus, des effets neurotoxiques (**Brender et al., 2006**), et des effets tératogènes. En plus, à des concentrations supérieures à $438\mu\text{g du Cd /m}^3$, il a été noté une diminution du nombre de gestation (**Pichard, 2000**).

Contrairement au plomb, le cadmium s'accumule dans le placenta humain, néanmoins, le placenta n'est pas une barrière complète, et les concentrations de Cd dans le sang de cordon augmentent avec l'exposition maternelle (**Kippler et al., 2010**). Le Cadmium placentaire interrompt le transport des micronutriments pour le fœtus, entraînant le développement retardé du fœtus, faible poids de naissance et l'accouchement prématuré (**Galicía-García et al., 1997 ; Emonts et al., 2013**). D'autre part il nuire le développement du système vasculaire de nouveau-né (**Popko et al., 2003**).

Le Cd placentaire était inversement associé avec le zinc (Zn) dans le sang de cordon, suggérant un effet possible de Cd sur le transfert de Zn pour le fœtus. Or le déficit de zinc est une des causes de l'hypotrophie du nouveau-né (**Kippler et al., 2012**).

Les conséquences à plus long terme de l'exposition *in utero* du fœtus au tabac maternel sont pour le moins interpellantes : elles sont d'ordre pulmonaire (augmentation des morts subites du nouveau-né, des bronchiolites, de l'asthme) et néoplasique (incidence augmentée des lymphomes, des tumeurs cérébrales) (**Emonts et al., 2013**).

A decorative floral border with a central green vine and pink and orange flowers, framing the text. The border is symmetrical and has a scalloped edge.

02: Les biomarqueurs

1. Biomarqueurs d'évaluation des risques du plomb et du cadmium pour les nouveau-nés

1.1. Concepts et généralités

Les polluants peuvent impacter différents niveaux de l'organisation biologique, les progrès de la biologie cellulaire ont permis une identification des mécanismes moléculaires de leur action toxique. Ces événements peuvent aussi engendrer à leur tour des altérations pathologiques à des niveaux biologiques plus élevés.

Ces connaissances fondamentales ont ouvert la possibilité de forger de nouveaux outils d'évaluation et de surveillance fondée sur les réponses biologiques induites par l'exposition d'organismes à des xénobiotiques. Ceci a donné naissance au concept de biomarqueurs, en référence à des mesures de modifications des réponses biologiques suite à une contamination (**Al Kaddissi, 2012**).

Le principe de l'utilisation d'un biomarqueur est de rechercher la signature biologique de l'impact (actuel ou passé) ou de la présence d'un xénobiotique dans l'organisme (biomarqueur d'exposition), ou de l'effet induit d'un changement ou stress environnemental (biomarqueur d'effet), et non la mise en évidence directe de la cause. Il peut s'agir de changements moléculaires, biochimiques, physiologiques histologiques et/ou morphologiques (**Azeredo, 2011**).

Le concept de biomarqueur est basé donc sur une mesure cellulaire et sur le principe que l'effet biologique d'un produit chimique toxique est initié par l'interaction de ce produit toxique avec un site récepteur chez un organisme vivant (**Brulle et Vandebulcke, 2009**).

L'utilisation des biomarqueurs en écotoxicologie est de ce fait, d'un grand intérêt puisqu'elle offre l'avantage de procurer un outil sensible et intègre une variété de facteurs environnementaux et écologiques qui contrôlent et modulent l'exposition aux contaminants (**Lagadic et al., 1997**).

1.2. Les différents types des biomarqueurs

L'exposition à un agent externe peut conduire à une série d'événements biologiques susceptibles d'affecter la santé des individus. Les biomarqueurs sont utilisés comme indicateurs de ces événements (**Olivier, 2005**).

1.2.1. Les biomarqueurs d'exposition

Une substance exogène ou son métabolite ou le produit d'une interaction entre un agent xénobiotique et certains molécule cible ou de la cellule elle-même, est mesurée dans un compartiment au sein d'un organisme. Ces types de biomarqueurs sont également connus comme "dosimètres biologiques» ou biomarqueurs de dose interne, et quand ils mesurent le produit de l'interaction avec les molécules cibles sont regardés comme des biomarqueurs de la dose biologique efficace (**Patricia et al., 2013**). La dose interne reflète la quantité de produit chimique lié à des sites critiques d'action (**Bernard et Lauwerys, 1986**).

Ils indiquent que le polluant présent dans le milieu a pénétré dans l'organisme. Généralement les biomarqueurs d'exposition sont le résultat de l'interaction du polluant avec des molécules biologiques dans des tissus et/ou dans les liquides corporels (**Lagadic et al., 1997 ; Ramade, 2000**).

Ils permettent de confirmer la présence du polluant considéré dans le biotope, et indiquent qu'il a bien pénétré dans l'organisme ainsi que son interaction si elle a lieu avec les fluides corporels et/ou les tissus (**Ramade, 2007**).

Ces biomarqueurs s'avèrent particulièrement utiles dans le cas de contaminants instables difficiles à mettre en évidence par les techniques d'analyse classiques (**Ramade, 2007**).

1.2.2. Les biomarqueurs d'effets

Une modification biochimique, génétique, physiologique, comportementale ou autre altération mesurable au sein d'un organisme qui, en fonction de l'ampleur, peut être reconnue comme associée à une déficience ou maladie de la santé établie ou au début (**Timbrell, 1998**).

Les biomarqueurs d'effets Permet de montrer que le xénobiotique est entré dans l'organisme et qu'après avoir été distribué entre les différents tissus ,il a exercé un effet, toxique ou non, sur une cible critique (**Lagadic et al., 1997 ; Ramade, 2000**). Il s'agit donc d'altérations (biochimiques, physiologiques ou autres) mesurables au sein des tissus ou des fluides corporels d'un organisme et pouvant être reconnues comme étant associées de manière avérée statistiquement ou possible du point de vue mécanistique à une pathologie ou un état sanitaire altéré (**Barillet et al., 2006**).

Ils regroupent l'ensemble des événements puis permettant de vérifier que les concentrations auxquelles le xénobiotique considéré se rencontre dans les tissus ont produit des effets toxiques ou non sur la cible, on peut noter en particulier ceux dits de " stress chimique" (**Ramade, 2007**).

1.2.3. Les biomarqueurs de sensibilité aux effets

Le biomarqueur de sensibilité est un indicateur de la capacité innée ou acquise d'un organisme à répondre à l'exposition à une substance xénobiotique spécifique (**Patricia et al., 2013**). Il permet de mettre en évidence les variations d'origine génétique de la réponse à la contamination par un polluant xénobiotique ou non (**Ramade, 2007**).

1.3. Les biomarqueurs d'exposition utilisés pour évaluer l'exposition des nouveau-nés

Le degré d'exposition du fœtus est dépendant de l'exposition de sa mère, du transfert placentaire depuis la circulation maternelle vers la circulation fœtale et vice-versa, et enfin de ses propres capacités de métabolisation et/ou d'élimination des toxiques (**Myren et al., 2007**).

Afin d'évaluer les mécanismes impliqués dans l'exposition du fœtus aux polluants environnementaux dont les métaux lourds, il est nécessaire de comprendre les échanges placentaires materno-fœtaux mais aussi fœto-maternels et le devenir des xénobiotiques dans le compartiment fœto-placentaire (**Myren et al., 2007**).

1.3.1. Le sang du cordon ombilical

Le cordon ombilical est l'organe reliant le placenta de la femelle en gestation à son embryon puis son fœtus, permettant les échanges entre l'organisme de la femme enceinte et celui de son fœtus via le placenta. Grâce au vaisseau qu'il contient, il assure la vascularisation de la portion embryonnaire puis fœtale du placenta et par conséquent les échanges avec l'organisme maternel (**Menier et Dorian, 1997**).

Des prélèvements séparés de petites quantités de sang veineux de cordon sont généralement réalisés pour différentes analyses biologiques dans la finalité d'évaluer l'exposition pendant la grossesse (**Figure 1**) (**Azoulay et al., 2012**).

A la naissance de l'enfant, des prélèvements de sang du cordon ont permis de renouveler la mesure de l'exposition (**Roulet et al., 2001**).

Ce sang est analysé donc pour fournir des indices de contamination intra-utérine par certains polluants tels que métaux lourds (plomb, mercure, cadmium) pesticides, organochlorés, etc...

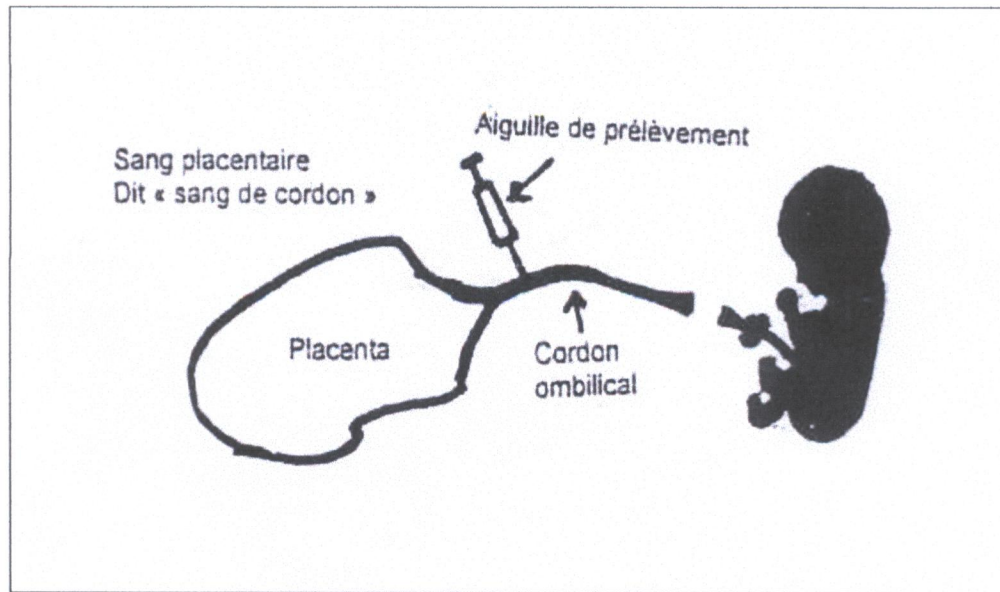


Figure 1: le sang placentaire dit « sang de cordon » (Fagniez, 2006).

1.3.2. Le placenta et les échanges materno-fœtaux

a) Définition et structure

Le placenta est un organe transitoire (Menier et Dorian, 1997; Olivier, 2012), et multifonctionnel (Malassiné et al., 2000), où une structure mixte constituée de parties provenant à la fois de l'embryon et de la mère (Franquinet et Foucrier, 2005). Il peut être aussi considéré comme l'organe directeur de la gestation dont ses activités sont multiples (Rabineau, 1989).

Son important rôle est d'assurer l'approvisionnement du fœtus en oxygène et en nutriments et sa protection en jouant le rôle de filtre sélectif et en permettant l'évacuation de déchets depuis le compartiment fœtal. Il remplit ainsi chez le fœtus les fonctions assurées par les poumons, les reins, l'intestin chez l'adulte. La sécrétion d'hormones est un autre rôle important du placenta (Barry et Ram, 2005).

Le développement du placenta commence très tôt au cours de la gestation dès l'invasion de l'endomètre par le blastocyste, soit 6-7 jours post-conception chez l'homme, la placentation est de type discoïde. Le placenta se présente sous la forme d'un disque d'environ 20 cm de diamètre et de 3 cm d'épaisseur. On distingue au niveau du placenta humain des sous-unités fonctionnelles indépendantes appelées cotylédons.

Le placenta humain à terme compte 10 à 40 cotylédons séparés latéralement les uns des autres par des septaplacentaires (**Figure 2**). Le cotylédon est composé d'un arbre vilieux constitué de capillaires fœtaux, d'un stroma et d'une couche cellulaire trophoblastique (**Myren et al., 2007**).

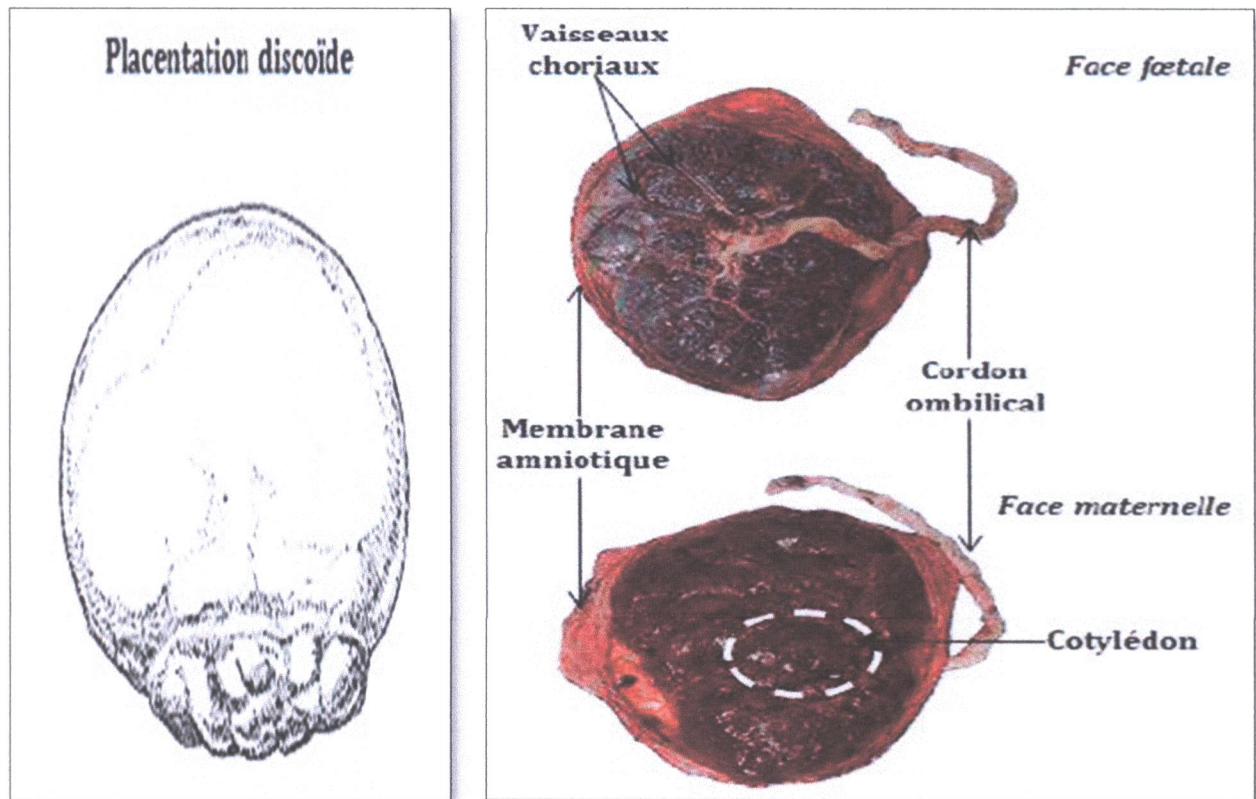


Figure 2 : Détail d'un placenta humain (**Thibault et Levasseur, 2001**).

La limite entre les circulations maternelle et fœtale représente la barrière placentaire (ou membrane placentaire) cette membrane est constituée de tissus fœtaux (**Barry et Ram, 2005**), dont il n'est pas simplement une barrière passive entre les nombreuses fonctions physiologiques et circulations maternelles fœtales, mais a, y compris l'échange de gaz respiratoires, des métabolites, et le métabolisme des xénobiotiques (**Zadrožna et al., 2012**).

Les transferts de molécules ou substances à travers le placenta peuvent se faire selon quatre processus : la phagocytose ou la pinocytose, la diffusion passive ou facilitée et le transport actif. Cependant, la phagocytose et la pinocytose ne représentent qu'un processus relativement mineur par rapport à la diffusion ou au transport actif (**Syme et al., 2004**).

Le transport actif de substances à travers le placenta met en jeu des transporteurs spécifiques et nécessite de l'énergie. Les substances ionisées, relativement hydrosolubles ou de poids

moléculaire important sont ainsi prises en charge par des transporteurs pour permettre leur transfert à travers la barrière placentaire (Myren et al., 2007).

b) La circulation sanguine fœtale et le métabolisme placentaire

La dynamique de la circulation fœto-placentaire, adaptée transitoirement à la vie *in utero* est très différente de celle de l'adulte. La circulation sanguine fœtale est caractérisée par trois court-circuits, appelés shunt, qui permettent de satisfaire 3 impératifs de la circulation fœtale :

- privilégier le cerveau et le cœur, grands consommateurs d'oxygène.
- court-circuiter le poumon.
- assurer un débit sanguin maximal au niveau du placenta.

Le sang fœtal pauvre en O₂ arrive au placenta par les artères ombilicales avec un débit d'environ 300 ml/min. il va alors s'oxygéner par simple diffusion passive à partir de l'O₂ présent dans le sang maternel qui arrive au placenta par l'artère utérine à un débit de 600 ml/min (Jouannic et al., 2004).

Bien que l'activité métabolique placentaire soit très faible par rapport à l'activité métabolique hépatique, le placenta peut métaboliser certaines substances avant leur transfert vers le compartiment fœtal. Le placenta exprime des cytochromes P450 et des enzymes de conjugaison, il est donc capable de catalyser des réactions de phase I, correspondant principalement à des réactions d'oxydations, et des réactions de phase II, correspondant à des réactions de conjugaison (St-Pierre et al., 2002).

Au début de la gestation, la susceptibilité du fœtus vis-à-vis de substances toxiques est donc accrue du fait de ses capacités métaboliques extrêmement limitées. Parallèlement aux modifications morphologiques du placenta qui entraînent une augmentation des échanges materno-fœtaux, le fœtus va développer ses propres capacités de détoxification afin de se protéger de l'exposition à des xénobiotiques (St-Pierre et al., 2002).

Ces mécanismes (transfert placentaire et métabolisme fœtal) semblent être des éléments clés pour déterminer l'exposition fœtale à un xénobiotique (Jouannic et al., 2004).

c) Le placenta comme biomarqueur d'exposition

La possibilité d'utiliser le placenta comme un indicateur de la pollution chimique et, en conséquence, de la valeur écologique des milieux humains s'éleva dans les années 1960 de la nécessité de procurer un aperçu de l'effet des composés fluorés émis par la Skawina Aluminium Fonderie près de Cracovie sur ses employés et leurs familles (Zadrożna et al., 2012).

Pendant la gestation, les polluants potentiellement nuisibles circulant dans le sang des femmes prégnant peuvent atteindre le fœtus, bien que possible la transmission de ces substances toxiques de la mère à l'enfant est modulée par le placenta (Figure 3).

Certains auteurs sont proposés l'utilisation de tissu placentaire comme un biomarqueur d'exposition non invasive pour les différents polluants organiques et inorganiques. Ce tissu peut fournir des informations sur l'exposition de la mère et le fœtus (**Esteban-Vasallo et al., 2012**).

L'utilité du placenta en tant que biomarqueur entre en image d'une manière inhabituelle; une évaluation de la présence d'un polluant dans le placenta, et des moyens ultérieurs pour réduire le fardeau des polluants de l'environnement maternel (bénéfique pour les grossesses futures) (**Iyengar et Rapp, 2001**).

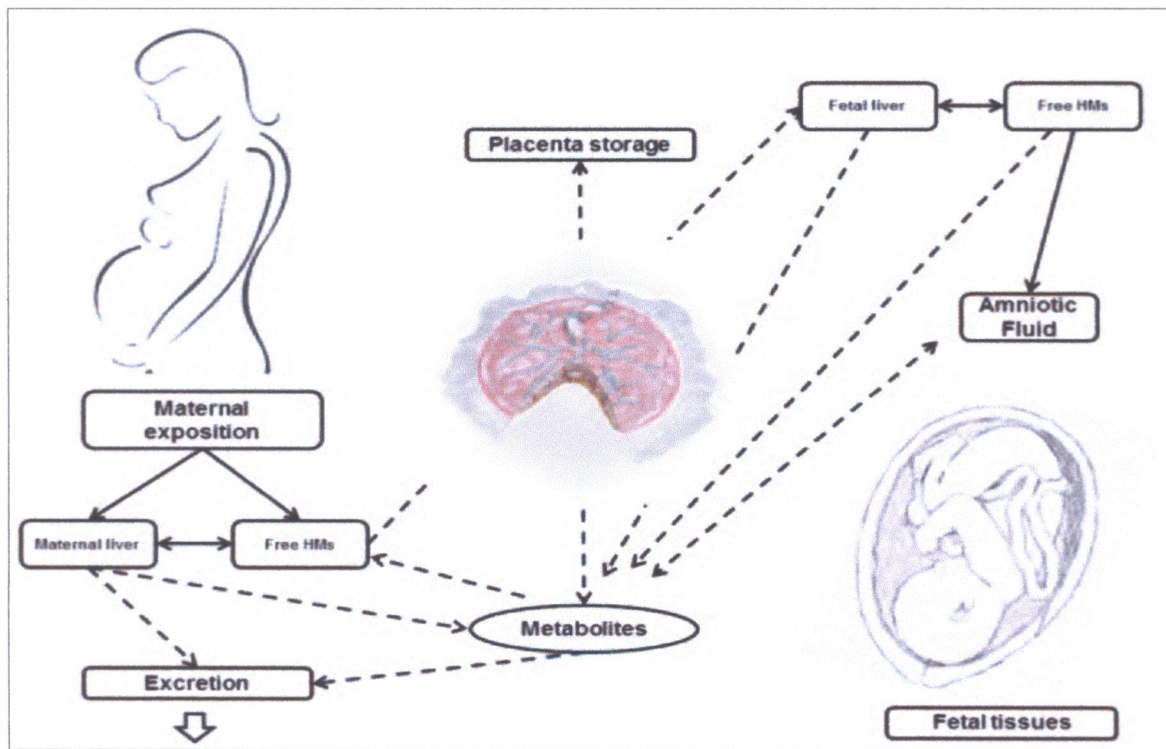


Figure 3 : les interactions et le passage des métaux lourds entre la circulation maternelle et le fœtus à travers le placenta (**Caserta et al., 2013**).

A decorative frame with a scalloped, cloud-like shape. The frame is filled with a light yellow-to-white gradient and has a green border. Inside the frame, the text "Matériel et méthodes" is written in a black, serif font. The frame is adorned with intricate floral and geometric patterns in shades of green, red, and orange, resembling traditional Islamic or Arabesque art. The patterns are symmetrical and extend to the top and bottom of the frame.

Matériel et méthodes

1. Le cadre géographique et démographique de l'étude

Taher, la zone ciblée par la présente étude, fait partie des communes de la wilaya de Jijel. Cette dernière se situe à 360 km de la capitale Alger, vers l'Est, et qui s'étale sur une superficie de 2396,63 Km². C'est une région côtière, caractérisée par une façade maritime de 120 Km, il est limitée au Nord par la mer Méditerranée à l'Ouest par la wilaya de Bejaia, à l'Est par la wilaya de Skikda, au Sud-Ouest la wilaya de Sétif, au Sud par la wilaya de Mila et enfin au Sud-Est par la wilaya de Constantine (**la direction de la santé, 2014**).

La wilaya de Jijel compte en 31/12/2013 une population de **696.577** habitants. Au 2014, cette population est estimée à **710.017** habitants, soit un volume additif de **13.440** habitants (**la direction de la santé, 2014**).

La commune de Taher est une des agglomérations urbaines les plus importantes dans la wilaya de Jijel, située à 18 km de l'Est de Jijel sur le littoral méditerranéen (**figure 6**), et s'étend sur une superficie de 64,88 Km² (**la direction de la santé, 2014**).

Elle est caractérisée par une activité commerciale accrue. Elle est aussi le pôle industriel de la wilaya de Jijel avec la zone industrielle de (Oueled Salah), la briqueterie, la centrale thermique d'Achouat, l'aéroport Ferhat Abbaset le port de Djen Djen (**la direction de la santé, 2014**).

Taher est une ville de **90233** habitants en 2014 (12,708 % de la population jijelienne). En 2014, le nombre des naissances enregistré à cette commune est de **6155** nouveau-nés, dont le nombre de sexe masculin (**3201**) dépasse celui de féminin (**2954**) (**la direction de la santé, 2014**).

2. La démarche expérimentale

Afin de répondre aux objectifs soulignés par la présente étude, la démarche expérimentale adoptée comprenait deux volets :

- Un relevé d'informations par questionnaires épidémiologiques.
- Des prélèvements biologiques (sang au cordon ombilical et placenta) qui ont été recueilli pour le dosage des biomarqueurs d'exposition environnementale prénatal au plomb et au cadmium.

2.1. Questionnaire d'enquête épidémiologique

Il s'agit d'une étude épidémiologique descriptive qui s'est déroulée entre le **14** et le **23 Avril 2015** (**annexe 1**). Les femmes qui ont accouché pendant cette période dans l'hôpital Mejdoub el Said (à Taher) étaient éligibles pour participer à l'étude.

Pour être incluses dans l'étude, les mères devaient répondre au questionnaire sous forme d'un formulaire concernant les variables sociodémographiques, les habitudes de vie et les sources environnementales de contamination des mères participantes ainsi que certaines informations sur l'état de santé des nouveau-nés (âge gestationnel, taille à la naissance, ...).

L'interrogatoire comprend 18 questions détaillées dans l'**annexe 2**. D'une manière générale, les données rassemblées sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau 01 : facteurs du risque étudiés (Ester et al., 2013).

Facteurs individuels des mères	Facteurs du risque environnemental
Age maternel	Alimentation
Indice de la masse corporelle	L'eau de boisson
Niveau scolaire	Tabagisme
Cadre professionnel	Habitat
Revenu mensuel	Amalgames dentaires
Nombre d'enfants	Facteurs individuel des nouveau-nés
	Age gestationnel
	Le sexe
	Le poids à la naissance

Au cours de cette période, 19 mères ont accepté de participer et qu'un prélèvement de sang au cordon ombilical et de placenta de leurs enfants soit réalisé pour l'estimation de leurs profils du plomb et du cadmium.

2.2. Prélèvements biologiques

En terme de méthode de prélèvements biologiques réalisées, le diagramme de la **figure 4** montre l'ensemble des prélèvements effectués.

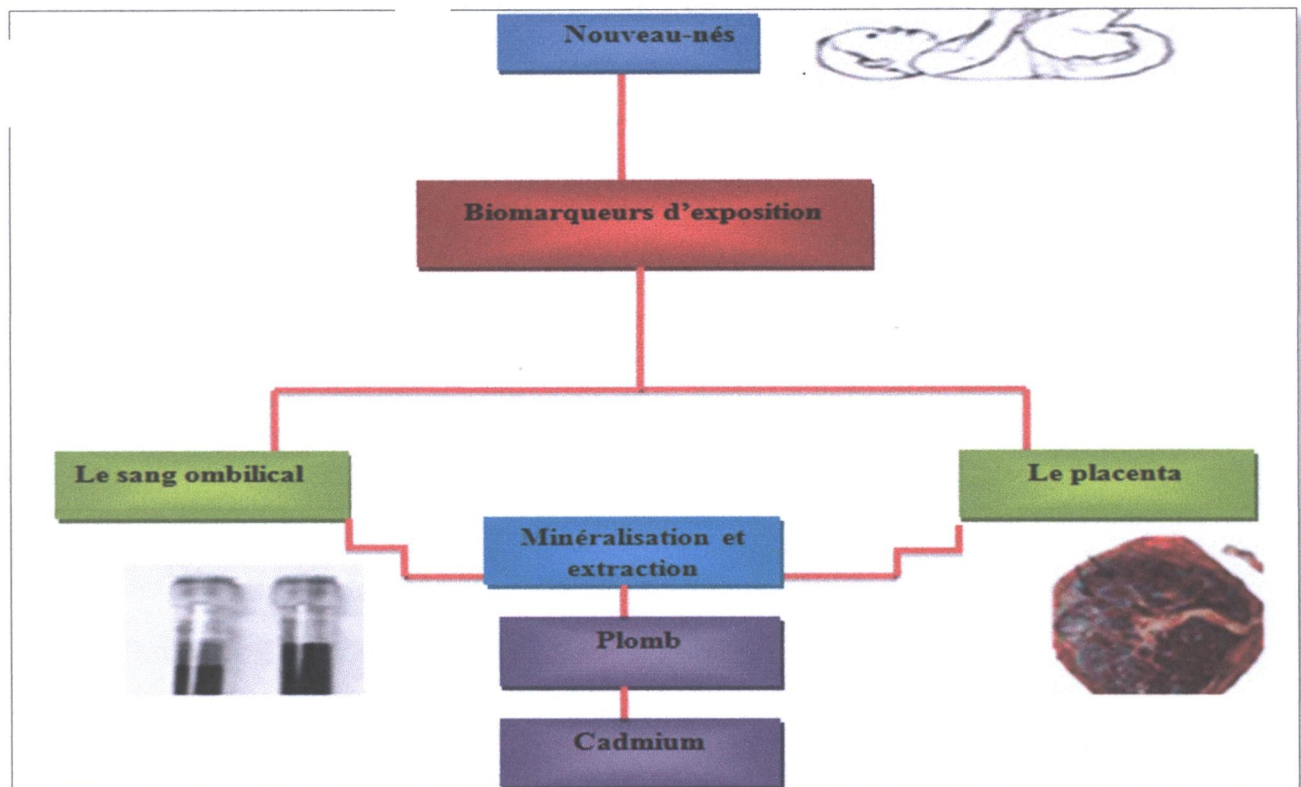


Figure 4: Diagramme d'ensemble des prélèvements biologiques effectués.

2.2.1. Le sang au cordon ombilical

Des prélèvements de 4 ml de sang ombilical ont été effectués sur la veine ombilicale, par les sages-femmes de la maternité de l'hôpital de Taher, immédiatement après l'accouchement, dans des tubes contenant de l'acide tétra-acétique éthylène diamine (EDTA) comme anticoagulant.

L'identité de la mère et de l'enfant ainsi que la date de l'accouchement ont été relevées pour chaque prélèvement et un numéro d'anonymisation a été attribué. Les tubes de sang ont été par la suite transportés dans des sacs isothermes et placés dans une glacière contenant de la glace au laboratoire de l'université. Dès l'arrivée au laboratoire, les prélèvements sont conservés au frais à 4°C jusqu'à l'utilisation.

2.2.2. Le placenta

Le tissu placentaire a été rassemblé pendant la parturition, immédiatement après chaque naissance des parties du placenta ont été coupées (environ 10 grammes) par les sages-femmes de la maternité de l'hôpital de Taher.

Les échantillons du placenta sont directement placés dans la glacière pour les acheminer au laboratoire.

Dès la parvenue des échantillons au laboratoire, un rinçage abondant par l'eau physiologique a été réalisé pour éliminer le sang. Tous les aliquotes placentaires sont ensuite codés et conservés dans le congélateur jusqu'à l'analyse.

2.3. Préparation des extraits sanguins et placentaires

2.3.1. Précaution

Afin de prévenir la contamination éventuelle des échantillons, le matériel utilisé pour l'extraction et le dosage est décontaminé par immersion dans une solution acidifiée à 10% de l'acide nitrique (**annexe 3**) puis rincés abondamment par l'eau distillée.

2.3.2. Préparation des extraits du sang ombilical

Le sang total subit un traitement préalable qui consiste à additionner à 0,5 ml du sang ombilical dans une fiole jaugée de 10 ml, 1ml d'un surfactant, le triton x-100 à 10 % et 0,5 ml de solution phosphate d'ammonium à 10 % (**Annexe 3**). Enfin le volume a été ajusté à 10 ml avec l'eau distillée.

Tous les échantillons ont été évaporés à sec, et les résidus ont été repris dans un volume de 10 ml d'eau distillée et filtré. Les extraits du sang ont été conservés au congélateur à -20 °C jusqu'au jour de l'analyse (**Parsons et Barbosa, 2007**).

2.3.3. Préparation des extraits du placenta

Elle consiste à minéraliser les tissus placentaires. Cette dernière permet de détruire la matière organique et d'obtenir des solutions contenant la teneur totale des éléments minéraux présents dans la prise d'essai.

La minéralisation a été réalisée selon la méthode modifiée d'**Amaya et al (2013)**. Au préalable ; les tissus placentaires sont séchés à 80°C. 0,3 g de chaque échantillon de placenta sec est traité par un mélange de trois acides forts; 2ml d'HNO₃, 0,5 ml de HCl et 4 ml H₂O₂. Le tout est macéré pendant 48 heures sous la hotte.

Le mélange est ensuite filtré et les échantillons sont conservés dans des flacons fermés, au réfrigérateur à - 4°C jusqu'au dosage.

2.4. Méthode d'analyse des métaux lourds

Les analyses ont été réalisées sur un spectromètre atomique SAA6200.

2.4.1. Principe de Spectrométrie d'Absorption Atomique (SAA)

Son principe est basé sur la mesure des concentrations à partir de l'absorbance du spectre émis par une lampe par des atomes vaporisés de l'élément à doser dans le faisceau lumineux de la lampe (WHO, 1992).

En SAA, l'absorption d'un rayonnement électromagnétique par les atomes fournit un puissant instrument analytique, pour l'analyse quantitative surtout (Xuan, 2007).

2.4.2. Protocole d'analyse

Les extraits précédemment préparés sont traversés par un faisceau lumineux de longueur d'onde et d'intensité définie pour chaque élément à doser (Pb et Cd), afin de mesurer l'absorbance des minéralisats.

Cette absorbance est ensuite reportée sur la courbe d'étalonnage afin de déterminer la concentration. L'appareil affiche directement la concentration en métal à doser pour chaque échantillon.

3. Traitement statistique et description des variables

Pour atteindre les objectifs de l'étude, des analyses descriptives et multivariées ont été réalisées.

Les variables dépendantes de cette étude sont :

- Les niveaux sanguins de plomb et de cadmium au cordon ombilical.
- les teneurs en ces deux métaux dans les tissus placentaires des nouveau-nés.

Les variables indépendantes ont été obtenues à partir du questionnaire et le choix de ces variables a été inspiré de ceux de la littérature scientifique où plusieurs variables ont été associés à une augmentation des concentrations en plomb et en cadmium dans les matrices biologiques. Les variables sélectionnées pour la présente étude sont :

- les variables individuels (sociodémographiques) des mères : âge, indice de masse corporel, niveau scolaire, revenu familial, cadre professionnel et nombre d'enfants.
- Les variables associées aux facteurs du risque environnemental : comprennent deux catégories ; les consommations alimentaires à risque (viandes, eau, poissons) et l'exposition environnementale (tabagisme passif, amalgames dentaire et habitat à proximité d'une probable d'émission des métaux).

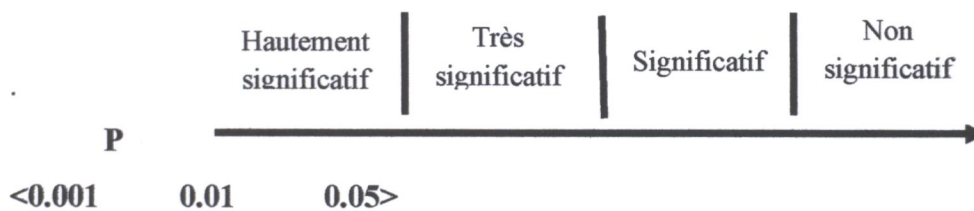
➤ Les variables associées aux indicateurs de santé des nouveau-nés (taille, sexe et âge gestationnel).

Dans un premier temps, la population d'étude a été décrite par une analyse descriptive (pourcentage, histogrammes et tableaux) et les résultats sont présentés par tranche d'âge maternel et gestationnel et autre variables indépendantes retenues.

Pour avoir une idée générale des différences existant entre les différents groupes, nous avons utilisé par la suite un test de type ANOVA sur les résultats obtenus.

La mesure de la tendance centrale retenue est la moyenne géométrique (MG). Cette dernière a été calculée seulement lorsque le nombre de résultats détectables est supérieur à 60 %, ce qui est le cas dans tous nos échantillons.

Le seuil de signification est représenté comme suit :



* : Significatif.

** : Très significatif.

*** : Hautement significatif.

Le traitement statistique des données de l'étude a été exécuté à l'aide de logiciel Statistica version 07.

A decorative frame with a scalloped, cloud-like shape. The frame is filled with a light yellow-to-white gradient and has a green border. It is adorned with intricate floral and geometric patterns in shades of green, red, orange, and pink. The patterns are symmetrical and resemble traditional Islamic or Arabesque art. The text "Résultats et discussion" is centered within the frame.

Résultats et discussion

Ce chapitre consiste à présenter les résultats du questionnaire concernant les facteurs de variation individuelle des mères volontaires (l'âge maternel, profession, IMC, revenu mensuel..), leurs propriétés anthropométriques (poids, taille), leurs style de vie pendant la grossesse (consommation des viandes et des poissons, les sources d'eau de boisson), et les facteurs de risque d'exposition environnementales (la fumée, amalgames dentaires...), avec quelques facteurs liés à l'état de santé de leurs nouveau-nés. Ces résultats ont été exploités pour l'interprétation des résultats des dosages du plomb et du cadmium dans le sang ombilical et le placenta de leurs nouveau-nés.

Les résultats sont synthétisés dans des tableaux et commentés sous formes des paragraphes, et les pourcentages sont calculés par rapport au nombre total des volontaires.

1. Résultats de l'étude épidémiologique

1.1. Facteurs de variation individuelle des mères

Les différents facteurs de variation des femmes parturientes sont présentés dans le Tableau au-dessous.

La moyenne d'âge des participantes est de 33 ans, dont 73,69 % des femmes ayant un âge entre 30 et 40 ans, 21,05 % inférieur à 30 ans, et seulement 5,26 % supérieur à 40 ans.

L'indice de masse corporelle (IMC) pendant la grossesse a été calculé à partir du poids gestationnel et de la taille de la mère ($IMC = \text{poids (kg)} / \text{taille (m)}^2$). Il a été recodé en 4 classes : inférieur à 18,5 (maigre), entre 18,5 et 25 (normale), $>25 \text{ kg/m}^2$ (surpoids), dont la majorité des femmes ont un poids normal (63,16 %), 31,58 % des femmes étant considérées comme en surpoids, et seulement 5,26 % d'elles ont un poids maigre.

Un revenu mensuel moyen est retrouvé chez 78,95 % des participantes, les restes qui représentent 21,05% ont un revenu mensuel bas. 52,63 % des femmes venant d'accoucher avaient un niveau d'étude inférieure au bac, 42,11 % ont un niveau supérieur au bac, et 5,26 % ayant le niveau de bac.

Les mères enquêtées sont en majorité sans activité (68,42 %), les autres sont classées comme suit: 15,79 % sont des employées, 10,53 % dans les professions intellectuels, et seulement 5,26 % sont des femmes d'agriculteur exposant.

Concernant le nombre d'enfants, 84,21 % des femmes sont multipares, et les 15,79 % qui restent ayant un seul enfant.

Tableau 2: Distribution des mères selon les facteurs de variation individuelles.

Les variables	L'effectif	%
L'âge maternel		
< à 30	04	21,05
[30-40]	14	73,69
> à 40	01	5,26
IMC (kg.m⁻²)		
< à 18,5 (maigre)	01	5,26
[18,5-25] (normal)	12	63,16
> à 25	06	31,58
Le niveau scolaire		
< bac	10	52,63
Niveau bac	01	5,26
> bac	08	42,11
Le cadre professionnel		
Femme d'agriculteur exposant	01	5,26
Employées	03	15,79
Profession intellectuel	02	10,53
Sans activité	13	68,42
Le revu mensuel		
Elevé	-	-
Moyen	15	78,95
Bas	04	21,05
Le nombre d'enfant		
01 enfant	03	15,79
≥ 02 enfants	16	84,21

SE : semaine. IMC : indice de masse corporel.

1.2. Facteurs de risque environnemental

Le tableau 3 expose les différentes informations concernant : l'habitude de vie des mères (les sources d'eau consommée, la consommation de viande et de poisson), et les sources d'exposition environnementale éventuelle au plomb et au cadmium (les amalgames dentaires, l'état tabagique, et l'habitat à proximité d'une route à activité intense).

L'approvisionnement de l'eau revient d'un réseau public rendre pour 52,63 % des participantes ce pourcentage est le plus dominé que celles de l'eau embouteillée (26,32 %), Sources multiples (15,79 %), et 5,26 % a été restitué pour l'eau revient d'un puits. Pour l'alimentation, une consommation de poisson régulière a été rapportée pour 52,63% des femmes, et 47,37 % consomme régulièrement les viandes.

En effet, ce tableau permet de constater que le pourcentage des femmes qui résident au voisinage des sources de contamination est de 26,31 %, le reste des mères habite loin des routes à activité intense (73,68 %).

Environ 15,79 % des femmes déclarent qu'elles sont exposées passivement à la fumée du conjoint. Par contre 84,21 % d'entre elles déclarent qu'elles ne sont pas exposées définitivement à la fumée.

La portée des amalgames dentaires est un autre facteur qui a été également recueillis, où 13 femmes, soit 68,42 %, déclaraient avoir subi la pose d'un amalgame dentaire.

Tableau 3: Distribution des femmes selon les facteurs de risque environnemental.

Les variables	L'effectif	%
L'exposition environnementale des mères		
Habitat à proximité d'une route à activité intense		
Oui	05	26,31
Non	14	73,68
Les amalgames dentaires		
Oui	13	68,42
Non	06	31,58
via la fumée :		
Exposé à la fumée du conjoint	03	15,79
Non exposé	16	84,21
Les habitudes de vie des mères		
l'alimentation		
Consommation régulière des poissons	10	52,63
Consommation régulière des viandes	09	47,37
l'eau de boisson		
Réseau public	10	52,63
Un puits	01	5,26
Eau embouteillée	05	26,32
Sources multiples	03	15,79

1.3. Facteurs de variation individuelle des nouveau-nés

Le tableau au-dessous représente la distribution des nouveau-nés on fonction de quelques facteurs liés à leur état de santé.

47,37 % des nouveau-nés inclus dans la présente étude sont de sexe masculin, et 52,63 % sont de sexe féminin. 52,63 % sont nés avec un poids compris entre 2,500 et 3,500 Kg, 42,11 % nés avec un poids supérieur à 3,500 Kg, et seulement 05,26% des nouveau-nés ont un poids inférieur à 2,500 Kg.

La durée de gestation a également été incluse dans cette enquête épidémiologique, après avoir été catégorisée en : < à 37, [37-39], > à 40 semaines. La durée moyenne de la gestation était de 39 semaines, dont 5,26 % sont nés prématurément (< à 37), 57,9 % sont à terme ([37-39]), et 36,84% d'entre elles sont en état de dépassement (> à 40).

Tableau 4: Distribution des nouveau-nés (N-n) selon les facteurs de variation individuelle : l'âge gestationnel, le sexe et le poids.

Les variables	L'effectif	%
L'âge gestationnel (SE)		
< à 37	01	05,26
[37-39]	07	57,9
≥ à 40	11	36,84
Le sexe du N-n:		
Fille	10	52,63
Garçon	09	47,37
Le poids du N-n (kg) :		
< à 2,5	01	05,26
[2,5 – 3,5]	10	52,63
> à 3,5	08	42,11

N-n : nouveau-né, SE : semaine.

1.2. Résultats du dosage de plomb et de cadmium dans le sang ombilical et le placenta

1.2.1. Selon les variations individuelles des mères

Tableau 5 : Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang ombilical et le placenta selon les variations individuels des mères.

Les variables	N ^{bre}	Plomb		Cadmium	
		Pb _S	Pb _P	Cd _S	Cd _P
AM					
< à 30	04	2,95	2,25	0,37	0,52
[30-40]	14	3,43	2,36	0,47	0,53
> à 40	01	2,17	2,10	0,79	0,50
ANOVA		0,039	0,030	0,769	0,206
IMC (kg. m ⁻²)					
< à 18, 5	01	5,89	2,17	0,55	0,56
[18,5-25]	12	3,28	2,33	0,47	0,53
> à 25	06	2,97	2,35	0,56	0,51
ANOVA		0,028	0,043	0,962	0,163
NS					
< bac	10	3,48	2,37	0,62	0,53
Niveau bac	01	4,03	1,98	0,42	0,47
> bac	08	2,92	2,33	0,57	0,52
ANOVA		0,536	0,193	0,945	0,185
CP					
F AE	01	2,48	2,17	0,61	0,51
Employée	03	4,92	2,26	0,72	0,55
PI	02	3,33	2,32	0,51	0,51
SA	13	3,02	2,36	0,47	0,52
ANOVA		0,381	0,566	0,765	0,603
RM					
Elevé	-	-	-	-	-
Moyen	15	2,97	2,36	0,47	0,52
Bas	04	4,62	2,23	0,59	0,54
ANOVA		0,052	0,146	0,466	0,247
N^{bre} d'enfant					
1 enfant	03	2,80	2,43	0,68	0,53
Plusieurs	16	3,35	2,35	0,48	0,52
ANOVA		0,955	0,320	0,805	0,960

AM : âge maternel. IMC : Indice de masse corporel. NS : Niveau scolaire. CP: cadre professionnel. FAE: Femme d'agriculteur exposant. PI : professions intellectuels. SA : Sans activité. RM : Le revenu mensuel. Pb_S : Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le sang ombilical en µg/L. Pb_P : Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le placenta en µg/L. Cd_S : Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le sang ombilical en µg/L. Cd_P : Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le placenta en µg/L.

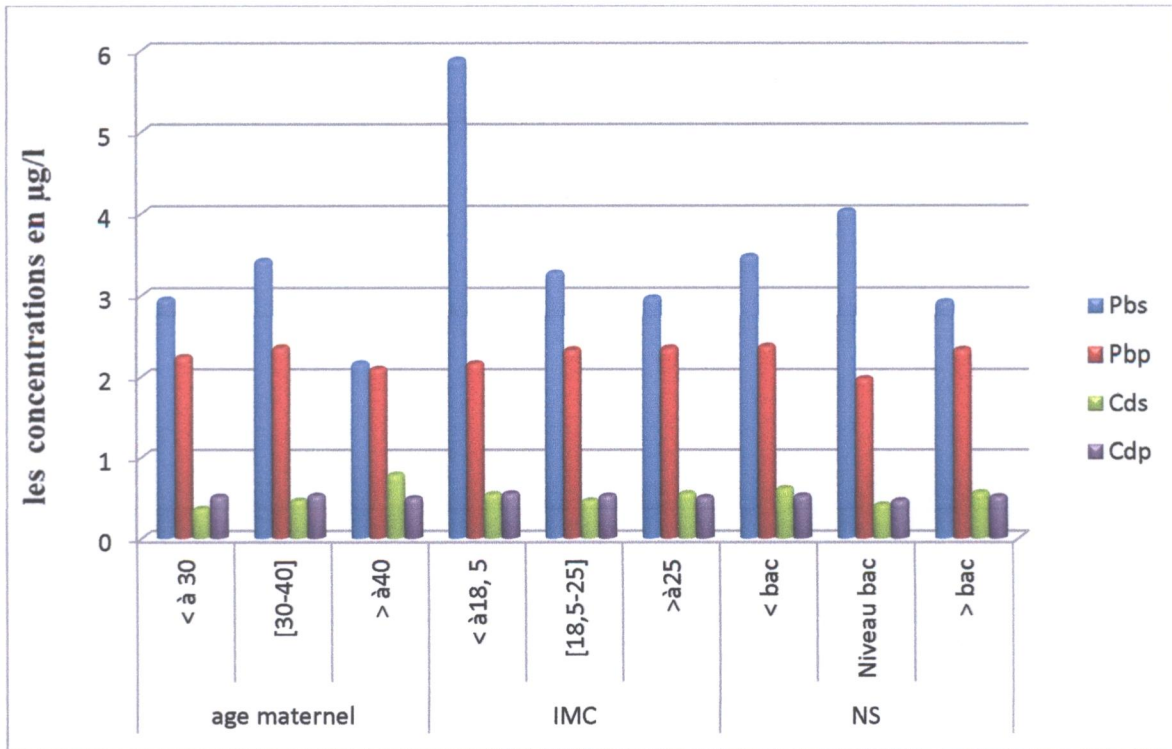


Figure 5: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'âge maternel l'IMC et le niveau scolaire (NS).

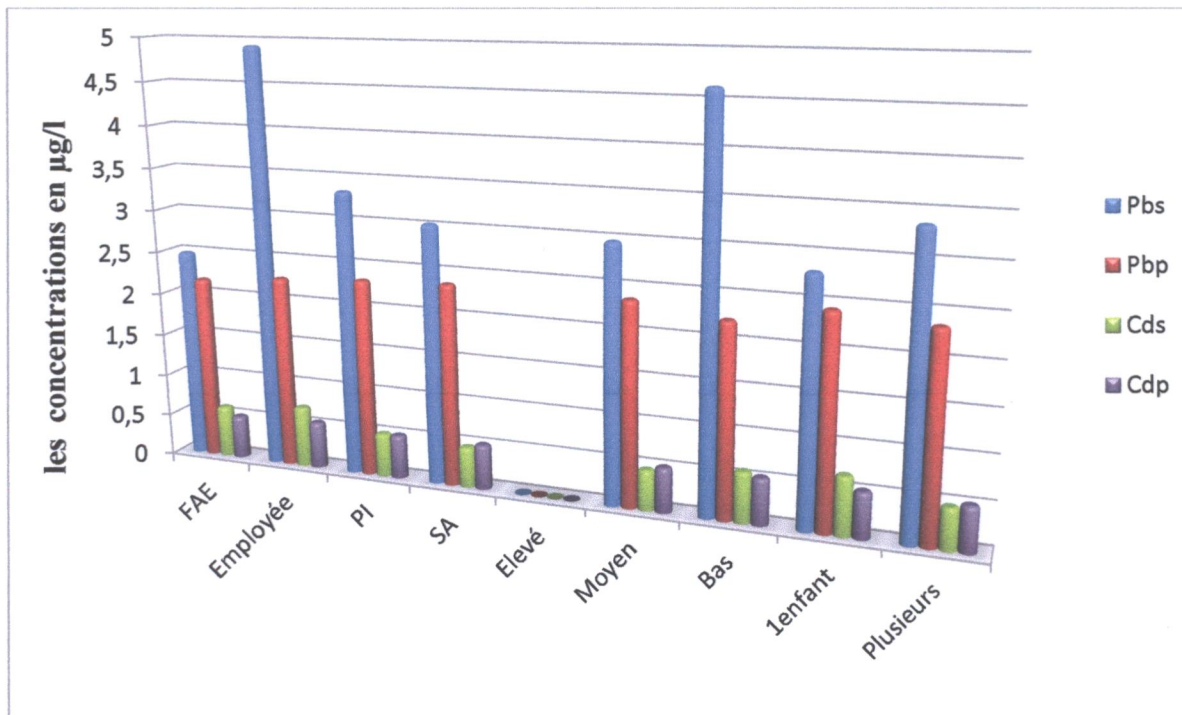


Figure 6: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon le cadre professionnel le revenu mensuel et nombre d'enfant.

➤ Selon le groupe d'âge maternel

La distribution des niveaux de concentration de Pb et de Cd dans le sang ombilical et le placenta par âge maternel montre que la plombémie et la cadmiumie la plus élevée a été mentionnée

chez les nouveau-nés des mères âgées entre 30 et 40 ans. En plus les concentrations du plomb dans le sang ombilical sont plus élevées que celles dans le placenta.

Par contre le Cd se trouve dans le placenta à des concentrations plus élevées que celles dans le sang ombilical. On remarque que les concentrations de Pb sont nettement plus élevées que les concentrations en Cd.

Pour le Pb l'ANOVA révèle une différence significative dans le sang et le placenta entre les différents groupes d'âge respectivement ($P = 0.039 < 0.05$) et ($P = 0,030 < 0,05$), néanmoins pour le Cd aucune différence significative n'a été notée (**Tableau 5, Figure 5**).

➤ **Selon l'IMC**

La plombémie ombilicale maximale est enregistrée chez les nouveau-nés des mères maigres ($< 18,5$) en plus les fluctuations de plombémie dans le placenta et de cadmium ombilical et placentaire sont plus proches.

L'ANOVA montre qu'il existe une différence significative des teneurs en Pb ($p = 0.028 < 0.05$) dans le sang ombilical et le placenta. Alors qu' 'une différence non significative a été signalée pour le Cd (**Tableau 5, Figure 5**).

➤ **Selon le niveau scolaire**

Les concentrations de Pb et de Cd sont inversement proportionnelles avec les différentes classes de niveau scolaire. Ces concentrations sont plus élevées dans le sang ombilical que dans le placenta. Ainsi que les concentrations de plomb sont plus élevées que celles de cadmium.

L'ANOVA révèle une différence non significative pour les deux métaux (**Tableau 5, Figure 5**).

➤ **Selon le cadre professionnel**

Une élévation des niveaux de plombémie ombilicale a été retrouvée chez les nouveau-nés dont les mères employées.

Pour le plomb, L'ANOVA a montré une différence non significative ($P = 0,381 > 0,05$) dans le sang ombilical et dans le placenta ($P = 0,566 > 0,05$). Le même pour le cadmium l'ANOVA ne montre aucune différence significative (**Tableau 5, Figure 6**).

➤ **Selon le revenu mensuel**

La plombémie la plus élevée est enregistrée chez les nouveau-nés des mères à un revenu bas. L'analyse de l'ANOVA n'a pas démontré de différences significatives entre les

catégories de revenus dans le sang ombilical et le placenta pour le Pb et Cd (Tableau 5, Figure 6).

➤ Selon le nombre d'enfants :

Le nombre de naissances est proportionnellement associé à la plombémie des nouveau-nés, mais cette association n'est pas significative ni dans le sang ombilical ($P = 0,955 > 0,05$) ni dans le placenta ($P = 0,320 > 0,05$), par contre le nombre d'enfants est inversement associé à la cadmiumie mais représente une différence non significative par l'ANOVA dans le sang et le placenta (Tableau 5, Figure 6).

1. 2.2. Selon les facteurs de risque environnemental

Tableau 6: Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang ombilical et le placenta selon les facteurs de risque environnemental.

Les variables	N ^{bre}	Plomb		Cadmium	
		Pb _S µg/L	Pb _P µg/L	Cd _S µg/L	Cd _P µg/L
Alimentation					
CRP	10	2,95	2,34	0,61	0,53
CRV	09	3,64	2,33	0,28	0,52
ANOVA		0,643	0,677	0,643	0,721
Eau de boisson					
Réseau public	10	3,98	2,37	0,46	0,53
Un puits	01	4,03	1,98	0,62	0,47
Eau embouteillée	05	2,59	2,31	0,58	0,53
Sources multiples	03	2,29	2,35	0,49	0,52
ANOVA		0,478	0,50	0,47	0,72
via la fumée :					
Exposé à la fumée du conjoint	03	3,82	2,21	0,73	0,47
Non exposé	16	3,16	2,35	0,52	0,05
ANOVA		0,70	0,070	0,38	0,04
HPR					
Oui	05	2,93	2,29	0,49	0,53
Non	14	3,55	2,38	0,50	0,52
ANOVA		0,342	0,04	0,716	0,957
AD :					
Oui	13	3,16	2,32	0,47	0,57
Non	06	2,83	2,39	0,52	0,54
ANOVA		0,080	0,089	0,987	0,723

CRP: consommation régulière des poissons. **CRV:** consommation régulière des viandes. **HPR :** habitat à proximité d'une route à activité intense. **AD :** amalgame dentaire. **Pb_S :** Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le sang ombilical en µg/L. **Pb_P :** Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le placenta en µg/L. **Cd_S :** Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le sang ombilical en µg/L. **Cd_P :** Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le placenta en µg/L.

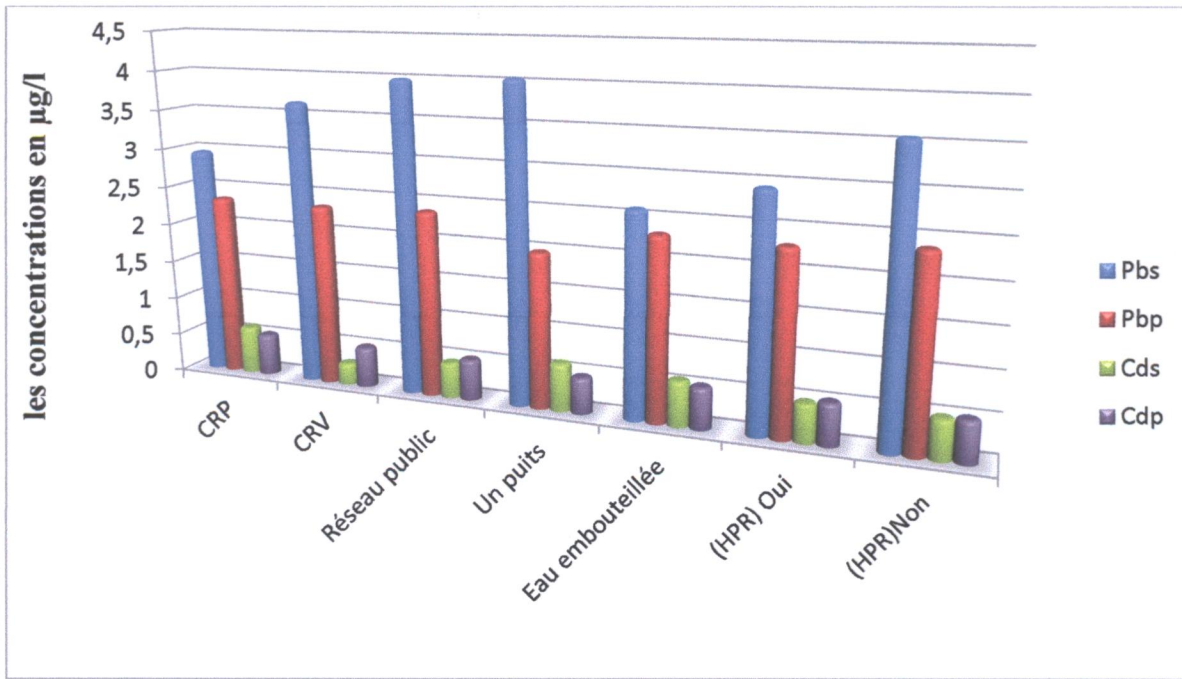


Figure 7: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'alimentation, l'eau de boisson et l'HPR.

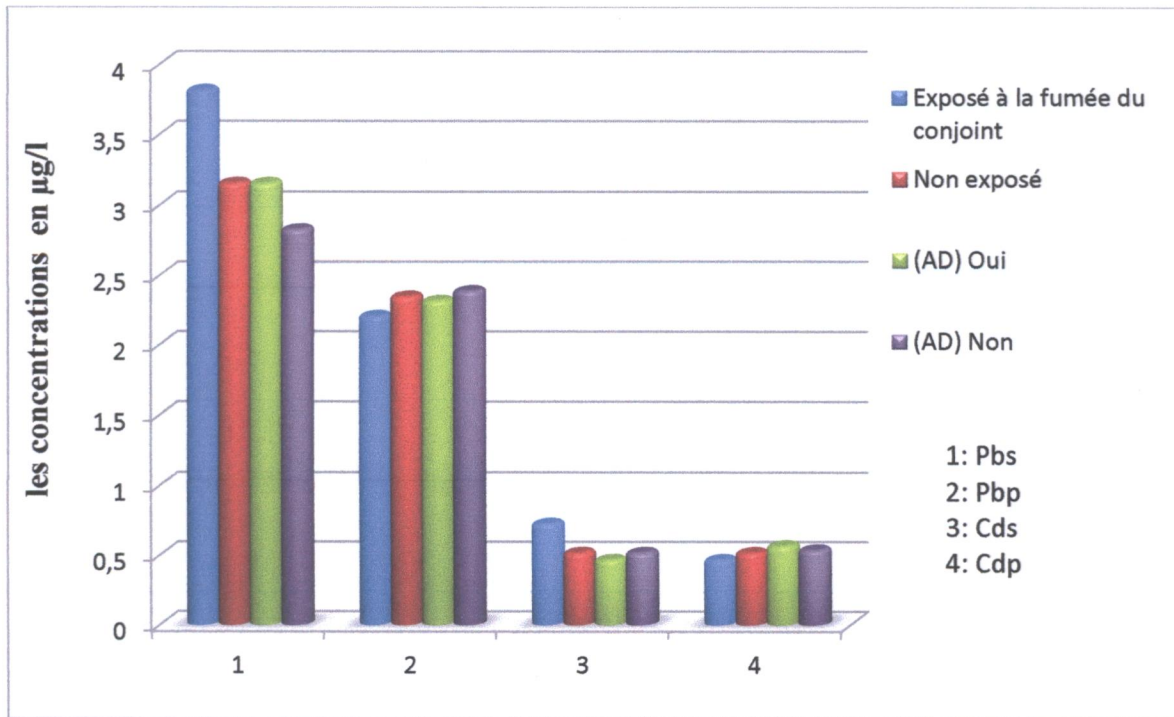


Figure 8: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'état tabagique et les amalgames dentaires.

➤ **Selon l'alimentation**

La plombémie des nouveau-nés des mères consommant de viandes représente la valeur la plus élevée au niveau de cordon ombilical. Les concentrations sont similaires au niveau du placenta. La cadmiumie représente des niveaux de concentration proches que ce soit ombilical ou placentaires.

L'ANOVA révèle des teneurs non significatives en plomb et cadmium pour les nouveau-nés des mères consommatrices des viandes et des poissons (**Tableau 6, Figure7**).

➤ **Selon la source d'eau**

Les concentrations en plomb enregistrées varient selon la source d'eau consommée. Dont la concentration la plus élevée est enregistrée dans le sang chez les mères qui s'approvisionnent d'eau à partir des puits comme eau potable. En revanche les variations des concentrations en cadmium représentent des valeurs proches dans le sang et le placenta.

La comparaison des teneurs en plomb et en cadmium entre les participantes par l'ANOVA a montré une différence non significative dans le sang ombilical et le placenta (**Tableau 6, Figure7**).

➤ **Selon le statut tabagique**

La plombémie et la cadmiumie ombilical et placentaire a mentionné des concentrations similaires.

L'analyse statistique de cette variable signale qu'il n'ya pas une différence significative entre les tenures en plomb dans le placenta et le sang ombilical ($p = 0.07 > 0.05$), ($P = .70 > 0.05$), par contre l'ANOVA montre une différence significative pour le cadmium dans le placenta ($P = 0,04 < 0,05$) (**Tableau 6, Figure 8**).

➤ **Habitat à proximité d'une route à activité intense**

L'ANOVA révèle qu'il existe une différence significative entre les tenures en plomb dans le placenta ($p=0.040 < 0.05$), mais une différence non significative a été signalée ($P = 0.342 > 0.05$) dans le sang ombilical, Tandis que l'ANOVA ne montre aucune différence significative pour le cadmium dans le sang et le placenta (**Tableau 6, Figure 7**).

➤ **Selon l'amalgame dentaire**

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en plomb dans le sang supérieures à celle dans le placenta, et l'inverse pour le cadmium, ces résultats ne signalent aucune différence significative dans le sang et le placenta pour le Pb et le Cd (**Tableau 6, Figure 8**).

1.2.3. Selon les variations individuelles des nouveau-nés

Tableau 7: Moyennes géométriques des concentrations de plomb et de cadmium dans le sang et le placenta selon les variations individuelles des nouveau-nés.

Les variables	N ^{bre}	Plomb		Cadmium	
		Pb _S µg/L	Pb _P µg/L	Cd _S µg/L	Cd _P µg/L
AG (SE):					
< à 37	01	5,89	2,17	0,55	0,56
[37-39]	07	2,93	2,39	0,47	0,53
≥ à 40	11	3,55	2,26	0,55	0,51
ANOVA		0,776	0,303	0,535	0,554
sexe du N-n:					
Fille	10	2,65	2,41	0,51	0,52
Garçon	09	4,10	2,24	0,49	0,53
ANOVA		0,114	0,165	0,328	0,644
Pds du N-n (kg) :					
< à 2,5					
[2,5 – 3,5]	01	5,89	2,17	0,55	0,56
> à 3,5	10	3,06	2,36	0,41	0,53
	08	3,27	2,31	0,64	0,52
ANOVA		0,497	0,613	0,294	0,926

AG : âge gestationnel. **SE :** semaine. **N-n :** nouveau-né. **P :** poids. **Pb_S :** Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le sang ombilical en µg/L. **Pb_P :** Moyen géométrique des concentrations de plomb dans le placenta en µg/L. **Cd_S :** Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le sang ombilical en µg/L. **Cd_P :** Moyen géométrique des concentrations de cadmium dans le placenta en µg/L.

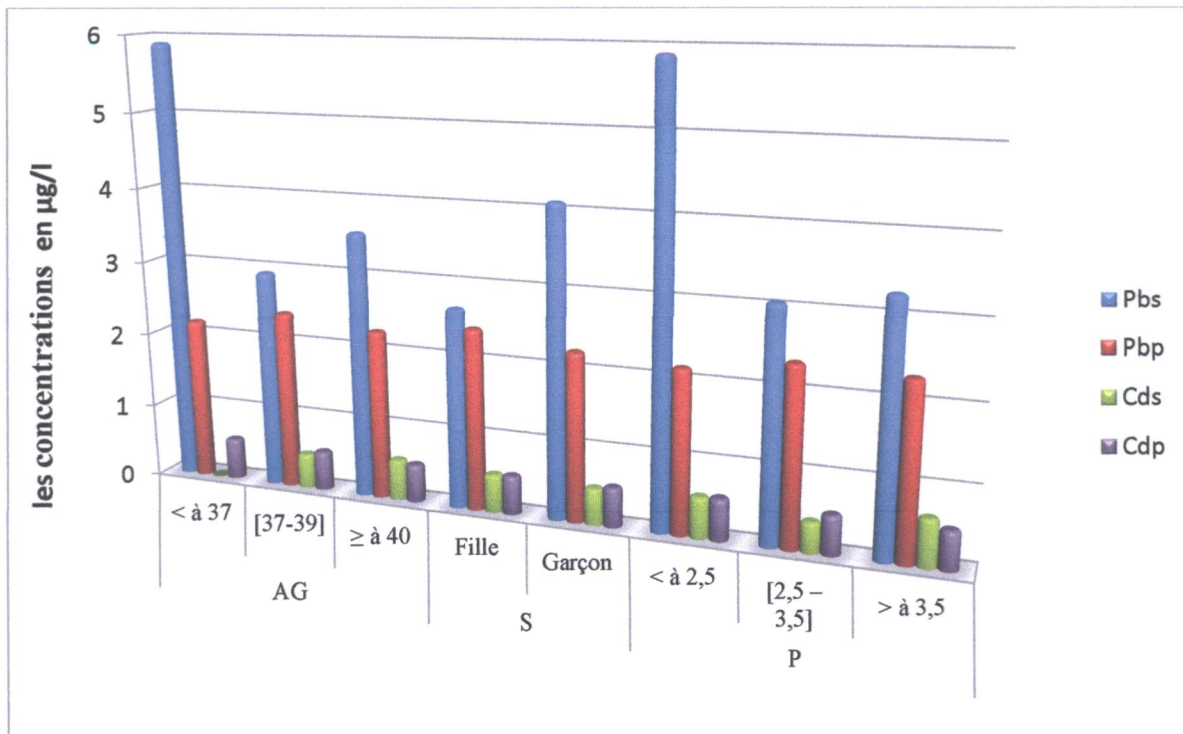


Figure 9: Concentrations du plomb et du cadmium ($\mu\text{g/L}$) dans le sang ombilical et le placenta des nouveau-nés selon l'âge gestationnel le sexe et le poids.

➤ Selon l'âge gestationnel

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en plomb entre les différentes classes varient de 2,93 à 5,89 $\mu\text{g/L}$, toutefois, cette différence n'a pas été signalée par l'ANOVA ($p = 0.77 > 0.05$) dans le sang. La cadmiumie au cordon ombilical et au placenta représente des valeurs similaires, les teneurs en cadmium ne montrent aucune différence significative par l'ANOVA (**Tableau 7, Figure 9**).

➤ Selon le sexe de nouveau-nés

La valeur maximale de la plombémie est enregistrée chez la classe des garçons au niveau de cordon ombilical, pour la cadmiumie les concentrations sont proches.

L'ANOVA révèle une différence non significative pour les concentrations en Pb et Cd (**Tableau 7, Figure 9**).

➤ Selon le poids de nouveau-nés

Les fluctuations des concentrations du Pb et du cadmium ne montrent aucune différence significative par l'ANOVA (**Tableau 7, Figure 9**).

2. Discussion

En raison des impacts sur la santé humaine reliés à la présence ubiquitaire du plomb et du cadmium dans l'environnement. Ces deux métaux sont les plus étudiés depuis ces dernières années. Une des principales sources d'inquiétude est le risque d'une exposition humaine aux métaux lourds pendant la période périnatale de la vie et les conséquences que cela peut avoir sur la santé.

Ainsi, nous nous sommes intéressés dans la présente étude d'évaluer l'exposition de nouveau-nés au plomb et au cadmium. Afin d'atteindre cette finalité, des dosages de ces deux éléments toxiques dans le sang ombilical et le placenta ont été réalisés chez des nouveau-nés volontaires résidant la ville de Taher, une des agglomérations urbaines les plus denses en population dans la wilaya de Jijel.

En effet, différentes études ont montré que le plomb traverse le placenta, dès le premier trimestre, et donne des plombémies maternelles et dans le cordon ombilical à peu près identiques **(Bellinger et al., 1987)**.

La matrice acceptée dans la doctrine scientifique pour mesurer l'exposition au plomb d'une population reste le sang, qu'il s'agisse de sang placentaire ou de sang ombilical, le sang contenu dans le cordon ombilical est parfois analysé pour fournir des indices de contamination intra-utérine et la mesure de la plombémie au cordon pourrait être utilisée comme un indicateur d'exposition prénatale au plomb **(Lesbia et al., 2008)**.

Dans notre étude les niveaux de plombémie retrouvés au cordon sont bas, avec une valeur moyenne de **3,44 µg/L**, en comparaison avec ceux publiés antérieurement dans la littérature. Le même constat est prononcé pour la plombémie placentaire avec une valeur moyenne de **2,27 µg/L**.

En effet, aux **États-Unis** l'étude américaine **NHANES II** (National Health And Nutrition Examination Survey), qui s'est déroulée entre 1976 et 1980, a révélé que 4 % des américains âgés entre 6 mois et 5 ans avaient des plombémies supérieures à **1,44 µ.mol/L (298,08µg/L)** **(Mahaffey et al., 1982)**.

Des enquêtes sur des nouveau-nés (sang placentaire et/ou ombilical) ont démontré que les taux de plomb se situent dans la plage inférieure **<100 µg/l(5 µg/dl)** avec une moyenne géométrique inférieure à **20,7 µg/L (2 µg/dL)** **(Lesbia et al., 2008)**.

Selon nos résultats, tous les nouveau-nés inclus dans cette étude ne dépassent pas la valeur proposée par l'OMS (**<100 µg/l**) pour protéger le fœtus contre les effets neurotoxiques du plomb.

Néanmoins, des valeurs de références nettement inférieures à 100 µg/l pour la plombémie établies par la commission allemande de biosurveillance chez les nouveau-nés et les femmes en âge de

procréer (18-45 ans) ont été suspendues en 2010 suite aux recommandations de tenir compte de l'apparition d'effets neurologiques sans seuil d'exposition.

Ainsi, les « **Centers for Disease Control** » (CDC) décrétaient en 1997 que pour les enfants et les fœtus, des concentrations sanguines au moins aussi basses que **0,48 µmol/L (100 µg/L)**, sont associées à des effets délétères et que même si les effets d'une faible exposition au plomb peuvent apparaître négligeables chez un seul individu, sur une base collective, ils peuvent avoir un impact significatif. Aussi, les activités préventives des programmes en rapport avec l'exposition au plomb devraient viser à réduire la plombémie des enfants en delà de **100 µg/L (0,48 µmol/L)** (**Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 1997**).

Au Canada, on estime que la moyenne géométrique de la plombémie au cordon était de **39,33 µg/L**. Une plombémie supérieure ou égale à **100 µg/L** a été observée chez 6,9 % (n = 33) des nouveau-nés Inuits du Nunavik (**Lévesque et al. 1999**). Concentrations nettement supérieures à celles détectées chez les nouveau-nés dans notre étude.

Les concentrations de plomb dans le sang chez les nouveau-nés de cette région canadienne étaient environ deux fois plus élevées que celles rapportées dans les populations de nouveau-nés du Québec méridional. De même, la proportion de nouveau-nés avec une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L étaient de 7 % au Nunavik comparé à moins de 1 % dans le reste du Québec et 0 % dans les résultats de la présente étude. Néanmoins, la représentativité de la taille de notre population d'étude limite de loin cette comparaison.

De plus, deux études réalisées en 1990 à Lucknow (Inde) et en 1993 à Shangai (Chine) font état de niveaux de contamination au plomb chez les nouveau-nés qui sont supérieurs à ceux observés dans notre étude. À **Lucknow**, 70 % des nouveaux-nés dépassaient la valeur seuil de **0,48 µmol/L (10 µg/dL)** alors qu'à **Shangai** cette proportion s'élevait à 41 % (**Lévesque et al. 1999**).

Un des objectifs principal de ce travail est d'évaluer les effets des facteurs épidémiologiques (sociodémographiques, environnementaux, nutritionnels et indicateurs de santé de l'enfant) sur la variation de la plombémie et la cadmiumie sanguine et placentaire.

D'après les résultats de notre étude, on constate que les niveaux de plomb sanguin sont associés positivement avec l'âge et l'indice de masse corporelle des mères participantes. La plombémie des nouveau-nés augmente avec l'âge des mères.

Les connaissances actuelles sur la cinétique du plomb montrent qu'au fil des ans ce métal s'accumule dans l'organisme humain, principalement dans les tissus osseux. L'étude **NHANES II (1976-1980)** et l'Enquête nationale sur la plombémie au **Royaume-Uni (1979-1981)**, ont démontré que la plombémie des adultes de sexe masculin et féminin, augmentait avec l'âge pour atteindre un pic vers l'âge de 50 ans. On comprend donc pourquoi il est plausible de retrouver des plombémies

plus élevées chez les nouveau-nés issus de mères plus âgées. **Bonithon-Kopp et al. (1986)** ont aussi observé que la plombémie augmentait de façon significative avec l'âge des femmes.

L'habitat à proximité d'une route à activité intense est aussi une source potentielle et controversée d'exposition au plomb (**Rhainds et Levallois, 1992**).

Les milieux urbains sont également associés à des niveaux de plombémie élevés chez les nouveau-nés. D'autre part, les femmes enceintes et les nouveau-nés qui demeurent près d'une industrie qui rejette des poussières de plomb ont des plombémies plus élevées que la moyenne de la population. **Gershanik et al. (1974)** ont retrouvé dans leur étude, une plombémie moyenne plus élevée chez les nouveau-nés qui demeuraient en milieu urbain en comparaison avec celle des nouveau-nés en milieu rural (différence de 0,10 nmol/L).

Le poids à la naissance et l'âge gestationnel sont deux facteurs qui semblent être des facteurs d'exposition à faible influence dans notre étude. Mais certains auteurs ont décrit une relation inverse entre le poids à la naissance et la plombémie des nouveau-nés.

Dans l'étude de **Québec 1992**, les nouveau-nés prématurés (< 37 semaines) et avec un poids insuffisant (< 2500 grammes) avaient une plombémie moyenne inférieure à celles des autres catégories. Il est intéressant de constater que la prématurité et l'insuffisance de poids à la naissance sont associées à des facteurs de risque comme le tabagisme (**Rhainds et Levallois, 1992**).

Le placenta humain en tant que composant de corps est exposé à plusieurs substances nocives, en fonction des conditions environnementales rencontrées. Dans le cas des métaux toxiques, le tissu placentaire peut être considéré comme un double biomarqueur pour évaluer la santé maternelle et fœtale.

Dans notre étude l'âge maternel et l'indice de masse corporelle sont deux facteurs pour lesquels l'association avec la plombémie au placenta est controversée.

Comme pour le plomb, le cadmium est dosé habituellement dans le sang ombilical et le placenta.

En cas d'exposition modérée au cadmium, la concentration sanguine reflète principalement l'exposition des derniers mois. Quand l'exposition est faible, le cadmium sanguin est un indicateur de la charge corporelle mais il est influencé de façon importante par le tabagisme. Plusieurs mois après la fin de l'exposition et lorsque la durée cumulée est faible, le cadmium peut être un indicateur adéquat de la dose interne avec les réserves habituelles concernant le tabagisme (**Heyman et al., 2008**).

Les concentrations moyennes du cadmium au niveau du sang ombilical et de tissu placentaire sont très proches, de l'ordre de **0,55 µg/L** de **0,52 µg/L** respectivement. Nos Valeurs détectées au niveau du placenta sont supérieures à celles détectées dans le sang du cordon ombilical des nouveau-nés de la Chine, de Mexique et de la Pologne (**0,36 µg/L ; 0,28 µg/L et 0,19 µg/L**), inférieurs à celles des nouveau-nés indiens, de la Korê de Sud et de Taiwan (**0,6 µg/L ; 1,51 µg/L ; 0,67 µg/L**) (**Horton et al., 2013**). De même, la teneur placentaire en cadmium enregistrée dans la présente étude est nettement inférieure à celles des nouveau-nés de Brésil (**Amaya et al., 2013**), de Suède (**Akesson et al., 2002**) et la Korê (**Leino et al., 2011**).

L'exposition passive des mères pendant la grossesse à la fumée des cigarettes dans cette étude est positivement associée à la cadmiumie des Nouveau-nés, Des différences entre les femmes exposées à la fumée du conjoint et les femmes non exposées ont été également constatées.

Ce facteur représente la source principale d'exposition des nouveau-nés au cadmium dans notre étude.

A decorative frame with a scalloped, cloud-like shape. The frame is filled with a light yellow-to-white gradient and has a green border. It is adorned with intricate floral and geometric patterns in shades of green, red, orange, and yellow. The patterns are symmetrical and resemble traditional Islamic or Persian art.

Conclusion

Ce travail a été réalisé dans l'optique de mettre en évidence l'état de santé de nouveau-nés de la région de Taher et d'évaluer le niveau de l'imprégnation par le plomb et le cadmium des nouveau-nés.

Cet objectif représente l'approche toxicologique de l'étude réalisée par l'utilisation du sang ombilicale à l'accouchement et du placenta comme des biomarqueurs d'exposition.

D'autre part, la présente étude vise, dans un second volet, à trouver une association entre les facteurs épidémiologiques de risque liés à l'exposition environnementale au plomb et au cadmium et les plombémies et les cadmiumies élevées à la naissance par le recours à une approche épidémiologique.

L'analyse toxicologique, de sang ombilical et de placenta, montre des teneurs détectables pour l'ensemble de la population d'étude. Ces teneurs sont considérées élevées et inquiétantes tenir compte de la grande vulnérabilité de la population ciblée par l'étude.

On outre, les résultats obtenus ont montrés que les concentrations du plomb les plus élevées sont enregistrées dans le sang ombilical par rapport au placenta, par contre les concentrations du cadmium sont proches. Ainsi que les concentrations du plomb sont plus élevées à celle du cadmium.

L'âge maternel, l'indice de masse corporelle et l'habitat à proximité d'une route à activité intense sont les variables significativement associées à la plombémie des nouveau-nés, alors que l'exposition à la fumée est le facteur qui associe de plus à la cadmiumie.

En fin, ce travail, même si est limité par le faible effectif de la population ciblée, il a permet de mettre en évidence un transfert placentaire détecté chez les nouveau-nés inclus tant pour le plomb que pour le cadmium.

A decorative frame with a central oval containing the text. The frame is composed of green, yellow, and orange floral and geometric patterns, including stylized flowers and leaves. The text is centered within the oval.

Références bibliographiques

A

Akesson A., Berglund M., Schutz A., Bjellerup P., Bremme K., Vahter M., 2002. Cadmium exposure in pregnancy and lactation in relation to iron status. *Am. J. public Health* . P : 92, 284-287.

Alain V., 2005. Toxicologie, 2^{ème} Edition, Lavoisier, Paris, P : 597-612, 618-621.

Al Kaddissi S., 2012. Comparaison de la réponse (en termes d'accumulation, d'impacts cellulaires et génétiques) de l'écrevisse *Procambarus clarkii* après exposition à un polluant métallique (cadmium) et un polluant radiologique (uranium 238 et 233). Thèse doctorat. Option : écotoxicologie. Université BORDEAUX 1, p : 33.

Amaya E., Gil F., Freire C., Olmedo P., Fernandez-Rodriguez M., Fernandez M.F., Olea N., 2013. Placental concentrations of heavy metals in a mother-child cohort. *Environmental Research* 120, P : 63–70.

ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry), 2005. Toxicological profile for lead. Atlanta.

Azeredo D.S.L.S., 2011. Les biomarqueurs ouvrent de nouvelles perspectives de diagnostic in Agefi Magazine, édition : Biotechs vol: 20.

Azoulay M., Burlet C., Gaudray P., Le Coz P., Matuchansky C., Sureau C., Vildé J- L., Weil B., 2012. Utilisation des cellules souches issues du sang de cordon ombilical, du cordon lui-même et du placenta et leur conservation en biobanques. Paris, vol : 25, P : 29.

B

Barillet S., Buet A., Adam C., & Devaux., 2006. Bioaccumulation, oxidative stress, and neurotoxicity in *Danio rerio* exposed to different isotopic compositions of uranium. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 26, N°3. P: 497-505.

Barry M., & Ram S., 2005. Embryologie, Elsevier SAS, 23 rue Linois. Paris, P:12.

Bellinger D.a., Leviton A., Wateraux C., Needleman H., Rabinowitz M., 1987. Longitudinal analysis of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development, *N Engl Med*, P: 316.

Bernard A., Lauwerys R., 1986. Present status and trends in biological monitoring of exposure to industrial chemicals. *J Occup Med* 28, P: 559.

Bernard A., 2008. Cadmium and its adverse effects on human health, *Indian J Med Res* 128, P : 558.

Bisson M., & Houeix N., 2014, Cadmium et ses dérivés. Fiches de données toxicologique et environnemental des substances chimiques. INERIS –DRC, N°3. P: 16, 31.

Bonithon-Kopp C., Huel G., & Grasmick C., 1986. Effects of pregnancy on the inter-individual variations in blood levels of lead cadmium and mercury. *Biological Research in Pregnancy* , vol: 7, P: 37-42.

Brender J.D., Suarez L., Felkner M., 2006). Maternal exposure to arsenic, cadmium, lead, and mercury and neural tube defects in offspring. *Environ Res*;101, P : 132-9.

Brulle F., Vandebulcke F., 2009. Développement de biomarqueurs d'exposition aux métaux basés sur les fonctions physiologiques de l'annélide oligochète *Eisenia fetida*. in : *Étude et Gestion des Sols*, vol : 16, P: 159 -173.

C

Casas S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin, P : 314.

Caserta D., Graziano A., Lo Monte G., Bordi G., & Moscarini M, 2013. Heavy metals and placental fetal-maternal barrier: a mini-review on the major concerns, P : 17, 2198-2206.

CDC (Centers for Disease Control and Prevention), 1997. Update: blood lead levels- United States, Mortality and Morbidity Weekly Report. P: 46, 141-146.

D

Despres C., Beuter A., Richer F., Poitras K., Veilleux A., Ayotte P., Dewailly E., Saint-Amour D., Muckle G., 2005. Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg. *Neurotoxicol Teratol*, P: 27, 57-245.

Dietrich, K. N., Ris M. D., Succop P. A., Berger O. G., Bornschein R. L., 2001. Early exposure to lead and juvenile delinquency. *Neurotoxicol Teratol*, P: 23, 8-511.

Direction de la santé, 2014.

E

Emonts P., Masson V., Chantraine F., Kridelka F., & Nisolle M., 2013. Assuétudes et grossesse : comment détruire un projet de naissance. *Rev Med Liège* 68 : 5-6 , p : 239-244.

Esteban-Vasallo M. D., Aragonés N., Pollan M., López-Abente G., & Perez-Gomez B., 2012. Mercury, Cadmium, and Lead Levels in Human Placenta: A Systematic Review, *Environmental Health Perspectives*, : 120, N° 10, 1369-1377.

Esther G., Beatriz P., Pablo F., Mario A., Concha P., Ana Maria P., Elisa G., Andrés I., Juan C., 2013. Lead, mercury and cadmium in umbilical cord blood and its association with parental epidemiological variables and birth factors.

F

Fagniez P. L., 2006. Rapport au Premier ministre : Cellules souches et choix éthiques, Paris, P :23.

FAO et OMS, 1972. Evaluation de certains additifs alimentaires et des contaminants : mercure plomb et cadmium, Genève, P : 17.

Franquinet R., Foucrier J., 2005. Embryologie descriptive, 2^e édition, Edition Dunod, Paris, ISBN: 2 10 006797 4.

Fraser S., Muckle G., Despres C., 2006. The relationship between lead exposure, motor function and behaviour in Inuit preschool children. *Neurotoxicol Teratol*, P: 28, 18-27.

G

Galicia-Garcia V., Rojas-Lopez M., Rojas R., Olaiz G., et Rios C., 1997. Cadmium levels in maternal, cord and newborn blood in Mexico City. *Toxicol Lett*. P : 91,57–61.

Garnier R., et Poupon J., 2004. Biomarqueurs de l'exposition aux métaux. In : *Biomarqueurs de Toxicité*, Paris.

Google Earth, 2012

Gonzalez-Cossio T., Peterson K.E., Sanin L.H., 1997. Decrease in birth weight in relation to maternal bone lead burden. *Pediatrics*; P:100.

Grandjean P., Bellinger D., Bergman A., Cordier S., Vey-Smith G., Eskenazi B., 2008. The faroes statement: human health effects of developmental exposure to chemicals in our environment. *Bas Clin Pharmacol Toxicol*, P: 73-75,102.

Gershanik J., Brooks G., Little J.A., 1974. Blood lead values in pregnant women and their offspring. Am J Obstet Gynecol, vol. 119 P: 508-511.

H

Heyman C., Haeghebaert S., Farvacques C., Kalache N., 2008. Pertinence d'un dépistage du saturnisme et de mesures de l'imprégnation de la population encadmiée sur le secteur de Montagne-du-nord. Institut de veille sanitaire. Rapport final, P : 42.

Horton L. M., Mortensen M. E., Iossifova Y., Wald M. M., Burgess P., 2013. what do we know of childhood exposures to metals (arsenic, cadmium, lead, and mercury) in emerging market countries, Hindawi publishing corporation international journal of pediatrics, P : 13.

Huynh T.M.D., 2009. Impact des métaux lourds sur les interactions plante/ ver de terre/microflore tellurique. Océan, Atmosphère. Thèse de Doctorat. Option : Ecologie Microbienne. Université Paris-Est. P : 55.

I

INRS., 2006. Fiche toxicologique n°59 « plomb et composés minéraux ».

INRS., 2013. Fiche toxicologique n°60 « Cadmium et composés minéraux ».

Iyengar G.V., et Rapp A., 2001. Human placenta as a 'dual' biomarker for monitoring fetal and maternal environment with special reference to potentially toxic trace elements. Part 3: Toxic trace elements in placenta and placenta as a biomarker for these elements, The Science of the Total Environment 280, P :232.

J

Jouannic J.M., Fermont L., Brodaty G., Bonnet D., Daffos F., 2004. An update on the fetal circulation. J Gynecol Obst et Biol Reprod, Paris, P: 33, 291-296.

K

Kippler M., Hoque A.M., Raqib R., Öhrvik H., Ekström E.C., Vahter M., 2010. Accumulation of cadmium in human placenta interacts with the transport of micronutrients to the fetus. Toxicol Lett. P: 162–168.

Kippler M, Tofail F, Gardner R, Rahman A, Hamadani J D , Bottai M, Vahter M, 2012. Maternal Cadmium Exposure during Pregnancy and Size at Birth: A Prospective Cohort Study, *Journal List Environmental Health Perspectives*, P :284–289.

L

Lagadic L., Caquet Th., Amiard J.C., Ramade F., 1997. Biomarqueurs en Ecotoxicologie : Aspects Fondamentaux. Paris: Masson, P : 432.

Leino O., Kiviranta H., Karjalainen A.K., Kronberg-Kippila C., Sinkko H., Larsen E.H., Virtanen S., Tomisto J.T., 2011. Pollutant concentrations in placenta. *Food Chem. Toxicol.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.10.058>, in press.

Lesbia F.S., MD M. T. D., MSc., 2008. Revue systématique des études de biosurveillance des contaminants environnementaux au Canada, Rapport final, Tome : 2, P:5.

Lévesque B., Rhainds M., Prud'Homme H., 1999. Protocole d'investigation et de suivi en regard de l'exposition au plomb au Nunavik P:10.

Lu F. C., 1992. Toxicologie : Données générales : procédures d'évaluation, Organes cibles, évaluation du risque. Masson : Paris, P : 305, ISBN : 2-225-82520-3.

M

Mahaffey K.R., Annet J.L., Roberts J., & Murphy R.S., 1982. National estimates of blood lead levels: United States : Association with selected demographic and socioeconomic factors. *N Engl J Med*; vol: 307: P: 573-579.

Malassiné A., Tarrade A., Guibourdenche J., Rochette-Égly C., Évain-Brion D., 2000. Le placenta .*médecine /sciences*. N° :3.vol :16.P :329-335.

Maud A.J., 2005. Etudes biochimiques et génétiques de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant. Option : Ecotoxicologie, thèse doctorat, université de BORDEAUX 1, P : 7, 8.

Menier J.M., Dorian B., 1997. Embryologie et biologie du développement. Édition marketing S.A, P : 84-90, ISBN :2 7298 4547 6.

Miquel G., 2001. Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, P : 94, 95.

Morais S., Garcia e Costa F., Pereira M.DL., 2012. Heavy Metals and Human Health, Environmental Health - Emerging Issues and Practice, Prof. Jacques Oosthuizen (Ed.), ISBN: 978-953-307-854-0, InTech, P :229, Available from:<http://www.intechopen.com/books/environmental-health-emerging-issuesand-practice/heavy-metals-and-human-health>.

Myren M., Mose T., Mathiesen L., Knudsen L.E., 2007.The human placenta--an alternative for studying foetal exposure. Toxicol In Vitro, P: 1332-1340.

N

Nakhlé K F., 2003. Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales Libanaises : Apports et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (Eponges, Bivalves et gastéropodes). Thèse pour l'obtention de garde de docteur, Université de Paris. Option : Interactions toxiques dans les écosystèmes. P: 246.

Needleman H.L, Rabinowitz M., Leviton A., Linn S., Schoenbaum S., 1984. The relationship between prenatal exposure to lead and congenital anomalies, *Jama*, 251(22), P :2956-2959.

O

Olivier C., 2005. Biomarqueurs d'effets chez *C. fluminea* : de développement en laboratoire à l'application en mesocosme, Spécialité Ecotoxicologie, Université Bordeaux 1, P : 18.

Olivier M., 2012. Etude de la vascularisation utéro-placentaire par angiographie doppler énergie tridimensionnelle : évaluations fondamentales de la technique sur modèles expérimentaux de brebis et lapines gestantes, et évaluations cliniques préliminaires chez la femme enceinte. Université paris xi école doctorale 149 - signalisation et réseaux intégratifs en biologie. Thèse pour l'obtention du diplôme de docteur, P :29.

P

Parsons P.J. et Barbosa F., 2007. Atomic Spectrometry and trends in clinical laboratory medicin, *Spectrochimica Acta Part B* 62, 992-1003, Elsevier, P1003 : 97.

Perrin J.B., 2007. Les plans de surveillance et de contrôle dans l'analyse du risque alimentaire lié aux métaux lourds en France, thèse de doctorat, vétérinaire, l'université de CLAUDE-BERNARD - LYON I, P : 30.

Pichard A., 2000. Cadmium et ses dérivés, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS-DRC-01-25590-ETSC-API/SD-N°00df 24, P : 40.

Pichard A., Bison M., Diderich R., Doomaert B., Lacroix G., Lefevre J. P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S., 2005. Cadmium et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, p : 60.

Patricia MG., Efraín TD., Mahara V., Emilio R. D.C., 2013. Biomarkers of exposure for assessing environmental metal pollution: from molecules to ecosystems Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (1), P : 119.

Popko J., Olszewski S., Hukałowicz K., Markiewicz R., Borawska M.H., Szeparowicz P., 2003. Lead, Cadmium, Copper and Zinc Concentrations in Blood and Hair of Mothers of Children with Locomotor System Malformations, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 12, N° 3, P : 375.

R

Rabineau D., 1989. Précis d'embryologie humaine, Edition marketing Paris. P : 43-46, ISBN : 2-7298-8950-7.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, Ediscience international, paris, P : 36.

Ramade F., 2007. Introduction à l'écotoxicologie, Lavoisier TEC&DOC, Paris. P : 332.

Rhainds M., & Levallois P., 1992. L'exposition au plomb des nouveau-nés et les facteurs de risque associés: état de la situation dans la région de Québec, Rapport de recherche présenté au: Ministère de la Santé et des Services sociaux, P : 77.

Reichl F.X., 2004. Guide pratique de toxicologie, 2^{ème} éd, D Boeck & Larciens. a, paris, p : 160.

Riz DC., Lincoln R., Martha J., Parker L., Pote K., Xing Sh. Smith AE., 2010. Concentration des métaux dans le sang des enfants Maine vieux 1-6 ans *in* journal de l'exposition Sciences et de l'épidémiologie de l'environnement, vol: 20. P : 634-643.

Roulet M., Point D., Goix S., Tapia J., Audry S., Viers G., Oliva P., Polve M., Huyata C., Duprey J-L., De La Galvez E., Herbas C., Ugarte L., Gibon F-M., Moya N., Molina C., Ibanez C., Oberdorff T., Mazurek H., Pereira D., Rojas L., Centellas J., Barbieri FL., Ruiz M ;, Paco P., Zambrana S., Ascarrunz M., Tirado N., Terceros P ;, Casiot C.,Freydier R., Gardon J., 2001.Origine des pollutions polymétalliques et impact sur l'environnement, la santé et la société :Etude dans une ville minière de l'Altiplano bolivien. P: 6.

S

Sarkar A., Ravindran G., Krishnamurthy V., 2013.A brief review on the effect of cadmium toxicity: from cellular to organ level, International Journal of Bio-Technology and Research (IJBTR), Vol. 3, Issue 1, P : 18, ISSN : 2249-6858.

Srivastava S., Mehrotra P. K., Srivastava S. P., Tandon I., Siddiqui M. K., 2001.Blood lead and zinc in pregnant women and their offspring in intrauterine growth retardation cases. J Anal Toxicol, P: 25.

Syme M.R., Paxton J.W., Keelan J.A., 2004. Drug transfer and metabolism by the human placenta. Clin Pharmacokinet; P : 43, 487-514.

St-Pierre M.V., Ugele B., Gambling L., Shiverick K.T., 2002. Mechanisms of drug transfer across the human placenta-a workshop report. Placenta, p: 159-64.

T

Thibault L., Levasseur M.C., 2001. In: La Reproduction chez les Mammifères et l'Homme, édition INRA.

Timbrell J., 1998.Biomarkers in toxicology. Toxicology P : 129, 1-12.

U

UVMaF, 2011. Le cordon ombilical, Université Médicale Virtuelle Francophone, P: 32.

W

(WHO) World Health Organization, 1992. Cadmium, Geneva, ISBN: 92 4 157134 9. ISSN: 0250-863X.

Wibowo A., Rahaj F.A., Firdaus R.T., Suhartono E.,2014. The role of urinary cadmium and lead level on pregnant women renal function, Journal of Medical and Bioengineering Vol. 3 :55-58, p : 55.

X/Z

Xuan T.B., 2007. Utilisation de matrices agro-alimentaires comme indicateurs de pollutions environnementales : exemple du lait. Thèse pour obtenir le grade de docteur. Option: Chimie Analytique AgroParisTech, P : 38.

Zadrożna M., Nowak B., Żolnierek M., Zamorska L., Niweliński J., (2012). Human Placenta as a Biomarker of Environmental Toxins Exposure – Long-Term Morphochemical Monitoring, Recent Advances in Research on the Human Placenta, Dr. Jing Zheng (Ed.), ISBN: 978-953-51-0194-9, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/recent-advances-in-research-on-the-humanplacenta/human-placenta-as-a-biomarker-for-monitoring-maternal-and-fetalenvironment>.



Annexes

Annexe 1**Fiche d'information sur les jours de prélèvement :**

Nom du site retenu : ➤ Hôpital de Taher	Date : 14-04-2015 Heure : 08 :30	02 échantillons
	Date : 15-04-2015 Heure : 08 :30	03 échantillons
	Date : 16-04-2015 Heure : 08 :30	01 échantillon
	Date : 18-04-2015 Heure : 08 :30	02 échantillons
	Date : 19-04-2015 Heure : 08 :30	02 échantillons
	Date : 20-04-2015 Heure : 08 :30	02 échantillons
	Date : 21-04-2015 Heure : 08 :30	03 échantillons
	Date : 22-04-2015 Heure : 08 :30	04 échantillons

Annexe 2**Questionnaire :****Questionnaire de volontaire numéro** **Informations générales sur la mère :**1- Date du jour prélèvement 2- Date de naissance 3- Age de la femme enceinte : 4- Grandeur mètres5- Poids kilogrammes6- Indice de masse corporelle avant la grossesse 7- Région de résidence..... **Informations sociodémographiques de la famille :****Catégorie socioprofessionnelle en début de grossesse**Femmes d'agriculteurs exposants..... Employées..... Ouvriers..... Cadres et professions intellectuelles supérieures..... Sans activité professionnelle **Revenu mensuelle familiale**Elevé..... Moyen.....

Bas.....

Alimentation particulière de la mère pendant la grossesse,

Consommation régulière des poissons frais, congelé, en conserve

Consommation régulière de viande rouge, des poulets et dinde.....

Consommation régulière des abats d'animaux d'élevage.....

Type d'eau consommé la plupart du temps :

Eau provenant du réseau public.....

Eau provenant d'un puits.....

Eau embouteillée.....

Niveau d'étude de la femme enceinte :

Niveau inférieur au bas.....

Niveau bac.....

Niveau supérieur au bac.....

Statut tabagique pendant la grossesse

Fumeuse.....

Exposée passivement à la fumée du conjoint

Non exposée.....

Les informations médicales sur la grossesse et la naissance :

Sexe du bébé : fille Garçon

Age gestationnel (en semaines).....

Poids de naissance (gr).....

Nombre d'enfants.....

Divers :

Amalgames dentaires (plombages gris seulement)

Si oui, le nombre approximatif.....

Habitat à proximité d'une industrie ou route à activité intense.....

Habita à proximité d'une mine.....

Annexe 3

Préparation de la solution triton-x à 10% :

- 10 ml de gel de Triton x.
- Ajouter une qsp 100 ml.
- Agiter par l'agitateur magnétique jusqu'à l'homogénéité de la solution.
- Mettre la solution préparée dans un flacon fermé et étiqueté.

Préparation de la solution de phosphate d'ammonium à 10% :

- Peser 10g de poudre de phosphate d'ammonium pure.
- Ajouter une qsp 100 ml d'eau distillée.
- Mettre la solution préparée dans un flacon fermé et étiqueté.

Préparation de la solution d'acide nitrique dilué à 10% :

- Dans un bécher de 100ml, mettre une quantité d'eau distillée.
- Additionner 10ml d'acide nitrique concentré.
- Compléter le volume par l'eau distillée jusqu'à 100ml.
- Mettre la solution préparée dans une bouteille fermée et étiquetée.

Présenté par : Bouhariche Khadidja

Boudjemaa Fatima

Encadreur : M^{me} Balli Nassima

Date de soutenance : 01- 07- 2015

Thème

L'exposition au plomb et au cadmium de nouveau-nés l'état de situation de la région de Taher

Résumé

La présente étude a été menée pour évaluer l'exposition et l'imprégnation au plomb et au cadmium des nouveau-nés dans la ville de Taher, pour cela nous avons étudiés les niveaux de ces métaux lourds dans le sang ombilical et le placenta comme des biomarqueurs d'exposition en fonction des facteurs épidémiologiques liés à la mère (Age, poids,...), au nouveau-nés (poids, âge gestationnel,...) et aux sources d'expositions environnementale (la fumée, amalgame dentaire,...). Le dosage du Pb et du Cd dans le sang ombilical et le placenta par la SAA a démontré des teneurs détectables en ces deux métaux dans le sang et le placenta, avec des concentrations plus élevés en plomb par rapport au cadmium. Les résultats obtenus révèlent une influence significative de l'âge maternel, de l'indice de masse corporel et de l'exposition passive au tabac et l'habitat à proximité d'une route sur les teneurs détectées.

Mots clés : Sang ombilical, placenta, métaux lourds, nouveau-nés, facteurs épidémiologiques.

Abstract

The present study was conducted to assess the newborn's exposure and absorption to lead and cadmium in the town of Taher. This is why we have studied the levels of this heavy metals in cord blood and placenta which are considered as biomarkers to the specific factors related to: the mother (age, weight...) to the new born (weight, gestational age) and sources of environmental exposure (smoke, dental amalgam....). Measuring the dosage of Pb and Cd in cord blood and placenta by the SAA has shown a high rate of the heavy metals in the blood and placenta and a predominance of lead compared to cadmium. These results reveal considerable differences concerning the maternal age groups, body mass index smoking, and living across streets.

Key words: umbilical blood, placenta, heavy metals, newborns, epidemiological factors.

ملخص

أجريت هذه الدراسة لتقييم تعرض و امتصاص حديثي الولادة للرصاص و الكاديوم في بلدة الطاهير، لهذا قمنا بدراسة مستويات هذه المعادن الثقيلة في دم الحبل السري والمشيمة اللذان يعتبران كمؤشرات حيوية للتعرض بدلالة العوامل الوبائية المتصلة بالأم (كالعمر، الوزن،...)، المتعلقة بالأطفال حديثي الولادة (كالوزن و العمر الحولي...)، عادات الحياة اليومية (كمياه الشرب والغذاء) و كذلك مصادر الخطر المتعلقة بالمحيط (كدخان السجائر، الملغم السني...).

أثبت قياس جرعات الرصاص و الكاديوم في دم الحبل السري والمشيمة عن طريق جهاز القياس الطيفي للامتصاص النري وجود نسب فعالة لهذه المعادن إضافة الى النسبة العالية للرصاص في الدم مقارنة مع الكاديوم. كشفت النتائج المتحصل عليها على وجود اختلافات معبرة بين المستويات المختلفة للفئات العمرية للأمهات، مؤشر كتلة الجسم، السكن بقرب الطرقات والتدخين.

كلمات البحث : الدم السري، المشيمة، المعادن الثقيلة، الأطفال حديثو الولادة، العوامل الوبائية.