



# CONTAMINATION PAR LES POLLUANTS METALLIQUES DES EAUX DE LA REGION D'AZZABA - NORD EST ALGERIEN EVALUATION DU RISQUE SANTE DU Hg, DU Pb ET DE L'As

BENHAMZA Moussa<sup>1</sup>, PICARD-BONNAUD Françoise<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de géodynamique et ressources Naturelles (LGRN) - Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie, Faculté des Sciences de la Terre. Département de Géologie. B.P 12 Annaba 23200 Algérie. Tél., Fax : 038.87.65.62. Mail : moussa.benhamza@univ-annaba.org

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences de l'Environnement et de l'Aménagement, Faculté des Sciences, Université d'Angers, UFR Sciences, 2 boulevards Lavoisier, Angers Cedex 01 49045, France.

**Abstract**— le flanc Nord de la chaîne calcaire, au Sud de la Les gisements de mercure de la zone d'étude sont situés sur ville d'Azzaba, Nord-est Algérie.

Les différents indices minéralisés affleurant dans la région d'étude sont classés en poly métalliques (Pb, Zn, Cu) et mercuro poly métalliques (Hg, Pb, Zn, Cu).

La zone d'étude est caractérisée par deux nappes aquifères. La nappe phréatique Oligocène et la nappe profonde Paléocène-éocène. Ces deux nappes sont séparées par les roches imperméables du Paléozoïque et du lutétien-Priabonien représentant la minéralisation mercurielle de Cinabre (HgS) et caractérisé par les micros brèches calcaires, les argiles et les calcaires.

Les résultats d'analyses sur neuf forages et deux sources dans les deux différents aquifères révèlent trois principaux faciès le bicarbonaté calcique, le sulfaté calcique et le bicarbonaté magnésien.

Les eaux de la zone d'étude présentent des teneurs élevées en mercure, en Plomb et en Arsenic.

L'estimation du risque santé sur la population de la région d'étude par le biais du logiciel RISC version 4, révèle un indice de risque acceptable pour le Plomb, alors qu'il est inacceptable pour le mercure et l'Arsenic, aussi bien pour l'enfant que pour l'adulte.

Le logiciel met en évidence un risque cancérigène surtout pour l'enfant et d'une façon moindre pour l'adulte vis-à-vis de l'arsenic.

*Key-Words*— eau, micropolluant métallique, normes, risque, logiciel RISC 4.

## I. INTRODUCTION

La région d'étude est située au Nord de l'Algérie sur le flanc Nord de la chaîne Numidique à 30 Km de Skikda et de 3 à 10 Km d'Azzaba.

Les différents indices minéralisés qui affleurent dans la région sont classés en poly métalliques (Pb, Zn, Cu) et mercuro polymétalliques (Hg, Pb, Zn, Cu) [5], [6]

L'usine de mercure implantée dans la région représente la source potentielle de la pollution en mercure pour l'environnement.

Cette étude consiste à mettre en évidence la relation entre les teneurs en micropolluants métalliques dans les eaux souterraines, les faciès litho stratigraphiques de la région et les coefficients de migration des éléments chimiques.

L'analyse en composante principale permettra d'individualiser et de regrouper les individus présentant des teneurs élevées en polluants métalliques.

## II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Neuf (9) forages et les deux (2) sources dans deux nappes aquifères ont été analysés, pour identifier les éléments majeurs (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), pH, résidu sec, titre hydrotimétrique, Hg, Cu, Pb, Zn et Arsenic.

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'E.R.E.M de Skikda.

### II.1. Faciès chimiques

La représentation des résultats d'analyses chimiques a fait ressortir trois faciès chimiques : le bicarbonaté calcique, le sulfaté calcique et le chloruré magnésien [8].

Le faciès chimique dominant le bicarbonaté calcique s'explique conformément au réservoir de du Paléocène éocène constitué de calcaires caverneux et fissurés et de grès calcaires du Paléocène [1], [2].

### II.2. Teneurs en micropolluants métalliques

Les résultats des analyses des micropolluants métalliques montrent des teneurs élevées en Hg et en Pb. Pour le mercure les valeurs excessivement élevées de l'ordre de 80 µg/L sont localisées dans les forages captant la nappe Oligocène. Il en est de même pour le Pb où les teneurs varient entre 60 et 80 µg/L. (Fig. 2)

Ces valeurs sont très élevées conformément aux normes pour le Hg et le Pb qui sont respectivement de  $1\mu\text{g/L}$  et de  $50\mu\text{g/L}$  [7].

Sur la totalité des points analysés, seul le forage 93 captant la nappe profonde Paléocène-Eocène présente la valeur minimale en Hg de  $1\mu\text{g/L}$ .

La contamination des eaux de la nappe Oligocène par le Hg et le Pb est donc largement supérieure à celle du Paléocène-Eocène, elle n'est donc pas due au lessivage des formations géologiques, sachant que le Hg et le Pb dans la région d'étude ont des coefficients de migration faibles à moyens et que les faciès présentant des Clarke élevés en Hg sont localisés dans la nappe profonde du Paléocène-Eocène [1], [3].

Les travaux effectués dans la région ont montré que l'usine de mercure présente une double pollution atmosphérique et hydrique, en effet une partie des teneurs en mercure résulte du recyclage par les pluies du Hg atmosphérique dégagé par l'usine et la grande partie provient des rejets hydriques de cette dernière [1].

L'usine de mercure dispose de deux lacs de décantations non aménagés où sont déversées les eaux de refroidissement du processus contaminées par le mercure. Lors des crues en périodes hivernales les eaux débordent les deux lacs et se déversent dans le réseau hydrographique et notamment dans le principal oued de la région (Oued Fendek) qui alimente la nappe phréatique Oligocène présentant un toit gréseux perméable [1] ; [2].

F1 (37,70 %) regroupe les éléments responsables des faciès chimiques et met en évidence le Hg et le Pb qui sont bien corrélés et représentent les éléments de pollution (Fig. 3.) [1].

La projection des individus dans le plan F1-F2 montre que l'axe F1 regroupe les éléments présentant le même faciès chimique et regroupe dans un nuage de points les individus présentant les teneurs élevées en Hg et en Pb (Fig. 4).

Projection of the variables on the factor-plane ( 1 x 2)

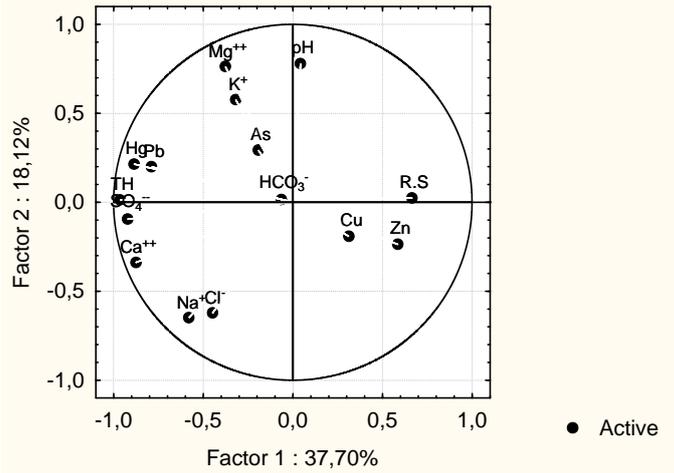


Fig. 2 Projection des variables selon le plan F1-F2

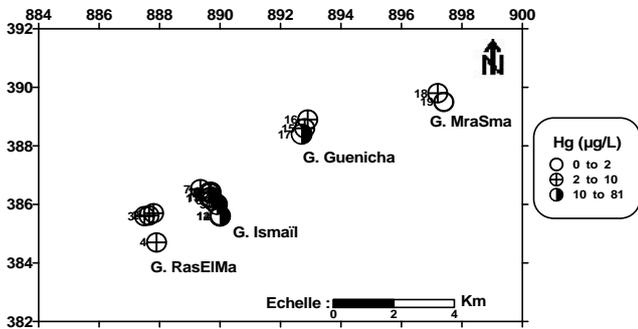


Fig. 1 Carte de répartition du mercure dans la zone Nord Numidique ( $\mu\text{g/L}$ )

### II.3. Application de l'A.C.P

L'analyse en composante principale (A.C.P) a concerné les onze (11) individus analysés et 15 variables (pH, R.S, TH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Hg, Cu, Pb, Zn, As).

Le coefficient de corrélation des micropolluants le plus élevé est celui du Hg- Pb (0,878).

L'inertie cumulée du cercle de corrélation F1-F2 est de 57,5% traduisant ainsi le maximum de l'information, l'axe

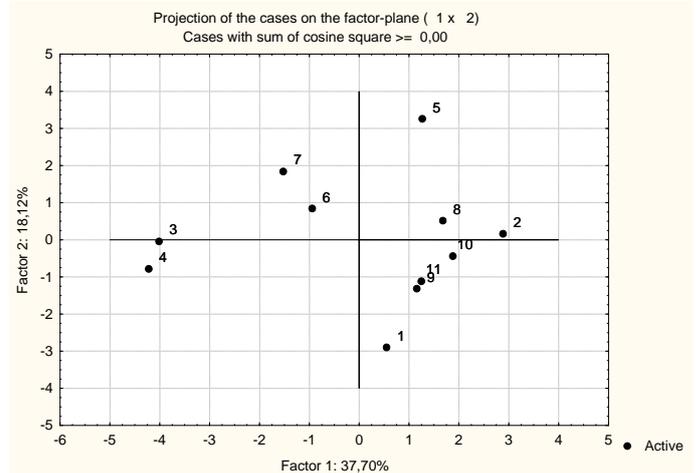


Fig.3 Projection des individus selon le plan F1-F2

## II.4. Indice de saturation

L'interprétation thermodynamique en utilisant la simulation de la concentration des ions majeurs, sous l'effet de l'évaporation isotherme (25 °C) par le logiciel thermodynamique « Phreeq C » en termes d'équilibres sels/solution, montre que les eaux de la région sont sous saturées par rapport à la halite et d'une façon moindre par rapport au gypse.

Les minéraux carbonatés sont en sursaturation dans les eaux et tendent à se précipiter sous forme de calcite, d'aragonite et de dolomie.

Les eaux de la région sont sous saturées en Hydroxyde de Plomb  $Pb(OH)_2$  et en sulfates de plomb  $PbSO_4$ . Elles sont sursaturées vis à vis du bicarbonate de plomb  $PbCO_3$ , ce qui provoque dans les zones d'oxydation une précipitation sous forme de  $PbCO_3$ .

## III. INDICE DE RISQUE

Le traitement des résultats des analyses chimiques des polluants métalliques est effectué par le logiciel RISK4. L'étude des risques est basée sur la définition des risques d'exposition et l'estimation de la dose journalières d'exposition (DJE).

L'indice de risque pour le mercure est significatif (supérieur à 1), surtout pour les enfants (Fig. 4).

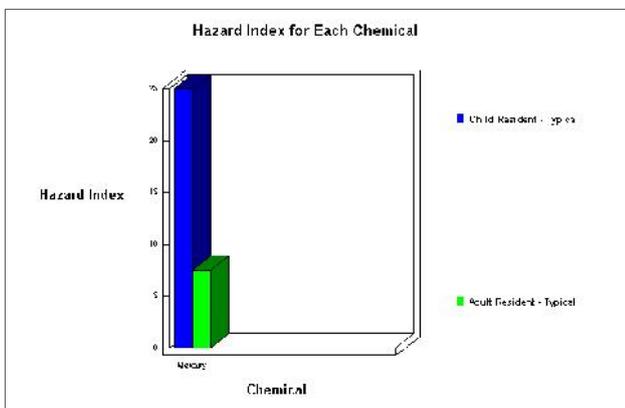


Fig. 4 Indice de risque du mercure

Pour le Plomb l'indice de risque est acceptable aussi bien pour les enfants que pour les adultes (Fig. 5).

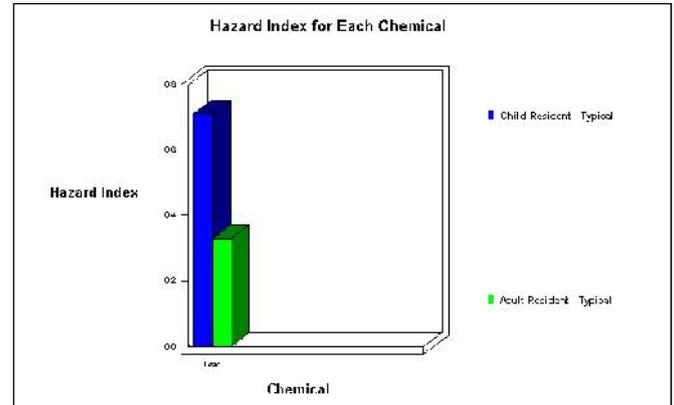


Fig. 5 Indice de risque du Plomb

L'Arsenic présente un indice de risque inacceptable, aussi bien pour les adultes et les enfants de la région d'étude (Fig. 6).

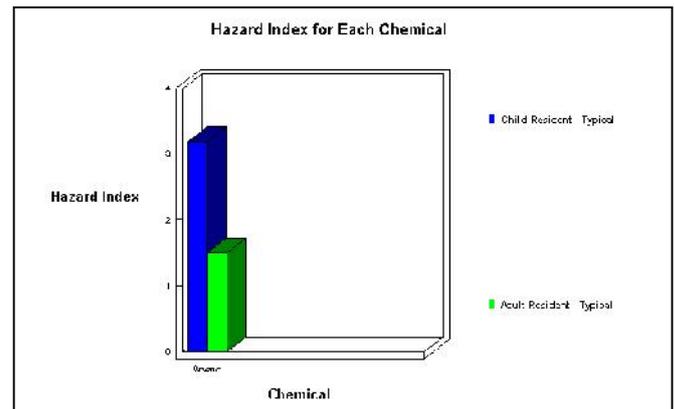


Fig. 6: Indice de risque de l'Arsenic

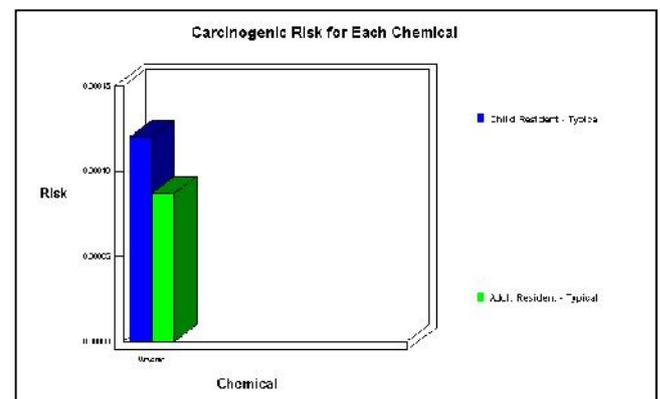


Fig. 7 : Risque cancérigène de l'Arsenic



# Le Séminaire International sur L'Hydrogéologie et l'Environnement

5 - 7 Novembre 2013, Ouargla (Algérie)



Le seuil du risque cancérigène intolérable de l'Arsenic ( $10^{-4}$ ) n'est heureusement pas atteint dans la région d'étude, aussi bien pour les enfants que pour les adultes (Fig.7).

### III. CONCLUSION

Les teneurs élevées en Hg et en Pb dans les eaux analysées, jusqu'à ( $80 \mu\text{g/L}$ ) ont été retrouvées dans la nappe superficielle Oligocène ; alors que dans la nappe profonde du paléocène-éocène elles sont relativement faibles [1].

La contamination des eaux de la nappe Oligocène par le Hg et le Pb est donc largement supérieure à celle du Paléocène-Eocène, elle n'est donc pas due au lessivage des formations géologique, sachant que le Hg et le Pb dans la région d'étude ont des coefficients de migration faibles à moyens et que les faciès présentant des Clarke élevés en Hg sont localisés dans la nappe Paléocène-Eocène [4].

Des travaux effectués dans la région ont montré que l'usine de mercure présente une double pollution atmosphérique et hydrique, en effet une partie des teneurs en mercure résulte du recyclage par les pluies du mercure atmosphérique dégagé par l'usine et la grande partie provient des rejets hydriques de cette dernière.

Les teneurs en Hg et en Pb retrouvées dans les eaux souterraines de la région sont très élevées et dépassent les normes admissibles, témoignant ainsi d'une contamination de la nappe phréatique Oligocène.

L'indice de risque du mercure est très élevé (inacceptable) et constitue un risque pour la population de la région et surtout pour les enfants.

L'indice de risque pour l'Arsenic est inacceptable aussi bien pour les enfants que les adultes de la région d'Azzaba.

Le risque cancérigène de l'Arsenic sur les enfants de la région est de l'ordre de  $10^{-5}$ .

### REFERENCES

- [1] Benhamza M. (1996) : « Etude hydrogéologique de la zone mercurielle de Fendek (Azzaba) - Conséquences de l'exploitation des gisements mercuriels sur l'environnement ». Thèse de magister de l'université d'Annaba, Algérie (174 pages).
- [2] Benhamza M. (2005) : « Application de l'Analyse en Composante Principale à l'évolution de la pollution mercurielle dans la région d'Azzaba (1999, 2000, 2001) ». 1er Colloque Euro-méditerranéen en Biologie Végétale et Environnement, les 28, 29 et 30 Novembre 2005, Université Badji-Mokhtar- Annaba (Algérie) p. 3
- [3] Benhamza M., Kherici N., et Nezzal A., (2006): « Hydrochimie des eaux souterraines de la zone

mercurielle Nord Numidique (Azzaba), Nord Est Algérie : Evaluation de la contamination mercurielle sur la population ». The third International conference on the Water Resources in the Mediterranean Basin » Tripoli Lebanon p.125

- [4] Benhamza M., Hammar Y. (2012): "Contamination by mercury of groundwater of the North Numidien zone of Azzaba, North East Algeria. Effect of inorganic mercury contamination of population". International Journal of Environment and Waste Management, IJEWM Vol. 9, N°3/4, pp 347-357.
- [5] Bouarroudj M.T (1986) : « Les minéralisations à Hg, Pb, Zn, Cu, Ba de la zone Nord Numidique du Nord de l'Algérie orientale – Métallogénie et recherche de guides de prospection ». Thèse de Docteur ingénieur, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI (242 pages).
- [6] Mezghache H. (1989) : « Cartographie automatique et interprétation géostatistique d'une campagne de prospection géochimique sur sol – Application à la zone mercurielle Nord Numidique (Algérie) ». Thèse de Docteur de l'INPL (178 pages).
- [7] OMS (1980): « Exposition aux métaux lourds : Limites Recommandations d'exposition professionnelle » ; Rapport d'un groupe de l'OMS.
- [8] Schoeller H., (1962): « Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources », Edition Masson et C<sup>ie</sup>, Paris (579 pages).