



CONTAMINATION PAR LES MICROPOLUANTS METALLIQUES DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION D'AZZABA, NORD EST ALGERIEN

BENHAMZA M.¹, LARABA A.¹, PICARD-BONNAUD F.²

¹Université Badji Mokhtar Annaba, Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles, Faculté des Sciences de la Terre, Algérie

²Laboratoire des Sciences de l'Environnement et de l'Aménagement, Faculté des Sciences, Université d'Angers, UFR Sciences, 2 Boulevard Lavoisier, Angers Cedex 01 49045, France.

moussa_benhamza@yahoo.fr

RESUME

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

Les différents indices minéralisés affleurant dans la dorsale kabyle sont classés en polymétalliques (Pb, Zn, Cu) et mercuro polymétalliques (Hg, Pb, Zn, Cu).

Les argiles et les grès de l'Oligocène présentent des teneurs en fond géochimique en Hg faible (0.6 ppm), Pb (30 ppm), Zn (60 ppm), par contre celles du cuivre sont relativement élevée (80 ppm). Pour les roches calcaires et les grès carbonatés de la dorsale, les teneurs en fond du mercure sont variables de 0.2 à 1.5 ppm ; les teneurs en Cu, Pb et Zn sont élevées.

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

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

Les eaux souterraines de la nappe Oligocène présentent des teneurs élevées en mercure et en plomb.

L'analyse en composante principale (A.C.P) a permis de regrouper les individus étudiés présentant le même faciès chimique. Les individus ont été regroupés selon leurs teneurs élevées en mercure et en plomb.

L'enrichissement des eaux en Hg dans la nappe Oligocène n'est donc pas du au lessivage des formations géologiques encaissantes mais plutôt aux rejets

hydriques de l'usine de mercure.

Mots Clés : Eau, Micropolluants métalliques, Normes, Pollution.

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. (Fig. 1).

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

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.

CADRE GENERAL

La géologie de la région d'étude est caractérisée par :

L'autochtone, composé de dépôts de la dorsale Kabyle comprenant des formations dont l'âge varie du Trias à l'Eocène supérieur, on rencontre les dépôts disloqués du Paléocène (e¹) avec des grès, calcaires, micro brèches calcaires et des brèches, le Thanétien-hyprésien (e²⁻³) formé de grès quartzeux et de calcaire et de l'Hyprésien-luthétien (e³⁻⁴) constitué de conglomérats brèches calcaires, de micro brèches calcaires et de calcaires gréseux.

L'allochtone, formé par une série d'écaillés de composition diverses allant des schistes métamorphiques du Paléozoïque aux argiles de l'Oligocène (g²) (Bouarroudj, 1986).

Les gisements de mercure de la région occupent une position géologique déterminée et sont regroupés en deux champs miniers. Le premier champ minier d'Ismaïl regroupant les trois gisements :

(Ras El Ma, Ismaïl et Guenicha) ayants pour horizon porteur de la minéralisation mercurielle les conglomérats brèches calcaires de l'Hyprésien-luthétien. Le champ minier de Mra-Sma constitué par les gisements (Mra-Sma I, MraSma II et koudiat Sma) qui a pour horizon porteur de la minéralisation les pseudo-brèches calcaires du Campanien et les grès du Néocomien (Bouarroudj, 1986 ; Mezghache, 1989).

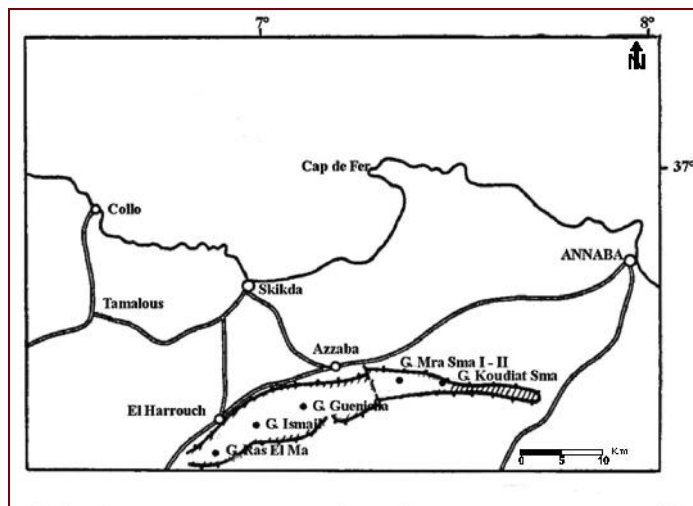


Figure 1 : Situation géographique de la zone mercurielle Nord Numidique

La région d'étude est caractérisée par deux nappes aquifères. La nappe Oligocène où les roches aquifères sont les grès fissurés alternant avec des lits d'argiles. La nappe profonde Paléocène-Eocène largement développée dans notre région d'étude et où les eaux souterraines s'associent aux grès, aux calcaires, aux conglomérats brèches, aux calcaires caverneux fissurés et aux grès calcaireux du Paléocène.

Ces deux nappes sont séparées par des roches imperméables du Paléozoïque et du Luthétien-Priabonien (Benhamza, 1996).

CARACTERISTIQUES GEOCHIMIQUES DE LA REGION D'AZZABA

Bikmeev (1970) a étudié les caractéristiques géochimiques la zone mercurielle Nord Numidique à partir d'échantillons prélevés essentiellement sur des carottes de sondages et dosés par spectrométrie d'émission semi quantitative. Les résultats montrent que les faciès litho stratigraphiques présentant des Clarke élevés en Hg sont les micro brèches calcaires du Thanétien Hyprésien (1.5 ppm), les grès et conglomérats du Permo Trias (1.4 ppm), les argiles et siltites du Luthétien Priabonien (0.9 ppm), alors que les grès et les argiles de l'Oligocène présentent des teneurs de fond en Hg faibles de l'ordre de 0,6 ppm (Bikmeev, 1970)

Migration des éléments

Le coefficient de migration d'un élément chimique est défini comme le rapport de sa teneur moyenne dans l'eau sur le Clarke de la roche dans laquelle circule

cette eau.

$$A = (B/C) \times 10^{-4}$$

Où

A= coefficient de migration

B= teneur moyenne de l'élément dans l'eau

C= Clarke de l'élément dans la roche

D'après Bikmeev (Tab. 1) le mercure et le Plomb de la zone mercurielle Nord Numidique présentent respectivement des coefficients de migration faible à moyen de 0.15 et 0.11 (Bikmeev, 1970; (Bouarroudj, 1986).

Classification des éléments

Le calcul du coefficient de migration permet de classer les éléments de la région d'étude en quatre groupes en fonction de leur intensité de migration (Bikmeev, 1970). Il en ressort que les éléments chalcophiles Zn et (As-Sb) sont plus mobiles que le Hg, Cu, Pb et (Sb-As).

Tableau 1: Coefficients de migration dans la zone Nord Numidique (Bikmeev, 1970)

Eléments chimiques	Nombre d'échantillons	Coefficient de migration (A)	Eléments chimiques	Nombre d'échantillons	Coefficient de migration (A)
Soufre	30	563	Manganèse	30	0.15
Chlore	30	973	Fer	30	0.007
Sodium	29	6.51	Mercure	28	0.15
Potassium	28	0.82	Zinc	30	2.56
Calcium	35	5.75	Plomb	30	0.11
Strontium	30	5.60	Cuivre	30	0.31
Silice	30	0.11			

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Neuf (9) forages et les deux (2) sources dans deux nappes aquifères ont été analysés, pour identifier les éléments majeurs (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}), pH, résidu sec, titre hydrotimétrique, Hg, Cu, Pb, Zn et Arsenic (Tableau 2)

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

Faciès chimique

La représentation des résultats d'analyses chimiques a fait ressortir trois faciès chimiques : le bicarbonaté calcique, le sulfaté calcique et le chloruré magnésien (Schoeller, 1962).

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 (Benhamza, 1996; 2005).

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 1µg/L et de 50 µg/L (OMS, 1980).

Sur la totalité des points analysés, seul le forage 93 captant la nappe profonde Paléocène-Eocène présente la valeur minimale en Hg de 1µg/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 (Benhamza, 1996 ; 2006].

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 (Benhamza, 2005).

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 (Benhamza, 1996; 2005).

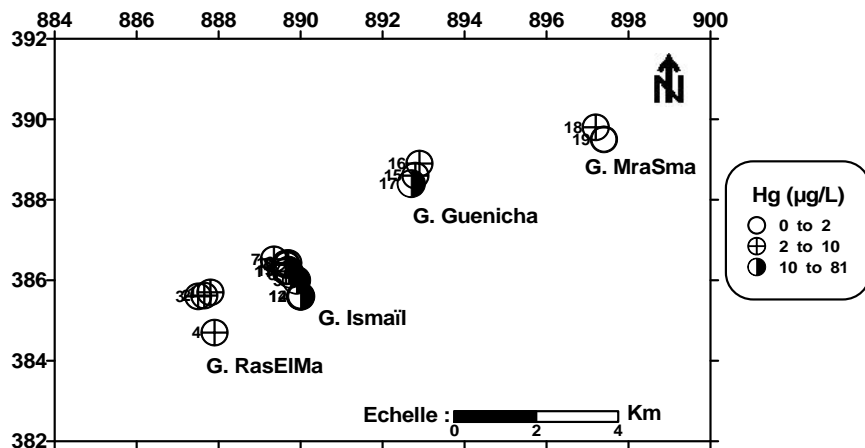


Figure 2 : Carte de répartition du mercure dans la zone Nord Numidique (µg/L)

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, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, 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 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.) (Benhamza, 2005).

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).

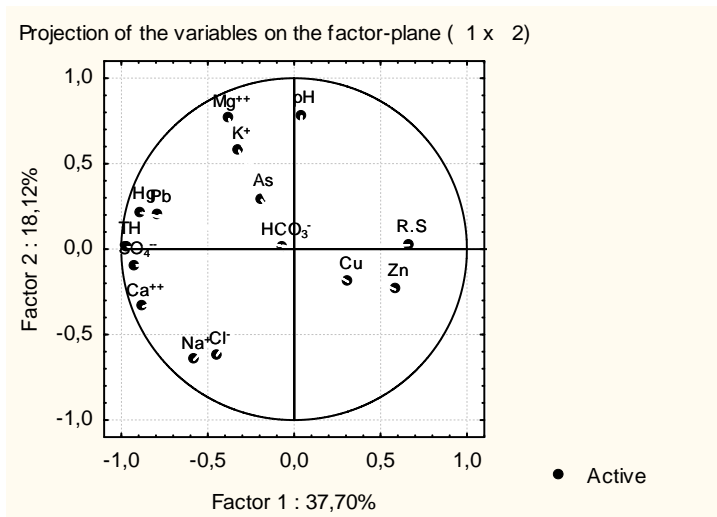


Figure 3 : Projection des variables selon le plan F1-F2

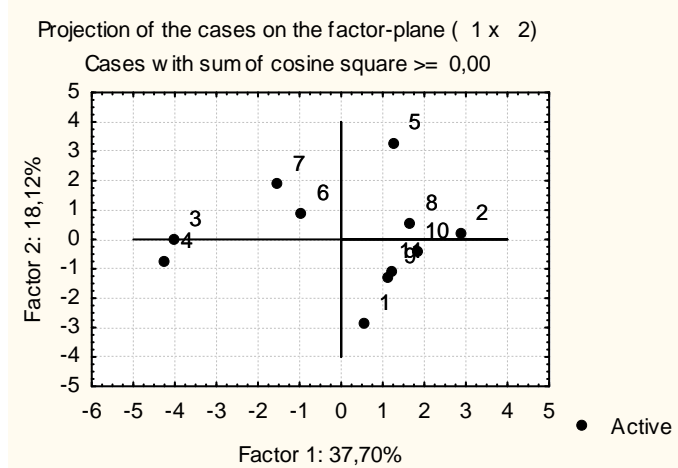


Figure 4 : Projection des individus selon le plan F1-F2

CONCLUSION

Les eaux souterraines de la zone mercurielle Nord Numidique présentent un faciès chimique dominant le bicarbonaté calcique en relation avec les roches réservoirs du Paléocène-Eocène.

Le mercure et le Plomb de la zone d'étude présentent respectivement des coefficients de migration faible à moyen de 0.15 et 0.11

La classification des éléments chimiques en fonction de leur coefficient de migration montre que le Hg, Cu, et Pb de la zone d'étude sont moins mobiles que les éléments chalcophiles Zn et (As-Sb).

Les teneurs élevées en Hg et en Pb dans les eaux analysées, jusqu'à (80 µg /L)

ont été retrouvées dans la nappe Oligocène ; alors que dans la nappe Paléocène-Eocène elles sont relativement faibles.

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 (Benhamza, 2006; 2012)

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 (Benhamza, 2012).

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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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 p.
- 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.
- BENHAMZA M. (2005). Qualité des eaux souterraines du district mercuriel de la zone mercurielle Nord Numidique (Azzaba), N E Algérie ». Séminaire National sur l'Industrie Minérale et l'Environnement. SNIME 2005, Annaba, 39
- BENHAMZA M., KHERICI N., 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.
- 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, 347-357.
- BIKMEV (1970). Rapport sur l'étude géochimique (Rapport E.R.E.M, inédit).

- 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 p.
- 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 p.
- O.M.S. (1980). Exposition aux métaux lourds : Limites Recommandations d'exposition professionnelle, Rapport d'un groupe de l'OMS.
- SCHOELLER H. (1962). Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources, Edition Masson et C^{ie}, Paris, 579 p.