

**ETUDE DE LA QUALITE METALLIQUE DES EAUX
SOUTERRAINES SITUEES AU VOISINAGE DES EAUX USEES DU
MOYEN SEBOU (MAROC)**

E. DERWICH^{1*}, Z. BENZIANE², L. BENAABIDATE³ et D. BELGHYTI⁴

¹ *Centre Universitaire Régional d'Interface (CURI), Université Sidi
Mohamed Ben Abdellah, BP 2626, 30.000, Fès, Maroc.*

² *Laboratoire énergie, ressources naturelles et modélisation, Faculté des
sciences, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.*

³ *Laboratoire de géoressources et environnement, FST, Université Sidi
Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.*

⁴ *Laboratoire de santé et environnement, Faculté des sciences, Université Ibn
Tofail, Kenitra, Maroc*

(Reçu le 08 Mai 2008, accepté le 13 Octobre 2008)

* Correspondance et tirés à part, e-mail : *elhoussinederwich@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

Afin d'évaluer l'impact des eaux de surfaces d'oueds Fès et Sebou sur la qualité métallique des eaux souterraines avoisinantes, une étude a porté sur les prélèvements à partir de huit puits les plus utilisés par les populations de la région de Fès et un suivi de la qualité métallique de ces différents puits situés au voisinage des cours d'eau d'oueds Fès et Sebou chargés par les polluants provenant des rejets de la ville de Fès.

Les résultats obtenus après un suivi s'étalant sur deux périodes (novembre 2007 et Juillet 2008), ont montré des concentrations importantes en métaux lourds principalement dans les puits situés plus près de l'oued Fès et Sebou. Néanmoins, les concentrations en métaux lourds enregistrées au niveau des différents puits restent inférieures aux normes recommandées par l'OMS [1].

La comparaison des teneurs en métaux lourds entre des couches aquifères peu profondes et des eaux de l'oued Fès et Sebou a indiqué une corrélation très étroite qui peut être expliquée par l'interaction hydrogéologique entre ces eaux. En raison de la situation de climat du secteur étudié caractérisé ainsi par un climat aride avec des précipitations très basses, le fleuve de Sebou semble influencer plus les couches aquifères dans sa proximité. Un suivi qualitatif et

quantitatif des eaux souterraines est nécessaire afin de préserver durablement leur intégrité écologique et leur aptitude à répondre aux différents usages.

Mots-clés: *Eaux souterraines, pollution, physico- chimie, métaux lourds; Oued Sebou; Fès, Maroc.*

ABSTRACT

Study of metal quality in groundwater located in the middle of waswaters sebou-(morocco)

To end to evaluate the impact of surface water of Fez and Sebou River on the metal quality of neighbouring ground water, a study relates to the taking away starting from eight wells the most used by the populations of the area of Fez and a follow-up of the metal quality of these various wells located in the vicinity of the rivers from Fez and Sebou River charged by the pollutants coming from the rejections from the town of Fez.

The results obtained after a follow-up being spread out over two periods (November 2007 and July 2008), showed important concentrations in heavy metals mainly in the wells drilled the alluvial aquifers inside and located more meadows of the Fez and Sebou River. The concentrations in heavy metals recorded on the level of the various wells remain lower than the standards recommended by OMS [1].

The comparison the contents of heavy metals between not very deep aquifers and water along Sebou indicated a very narrow correlation which can be explained by hydrogeologic interaction between this water. Because of the situation of climate of the studied sector characterized thus by an arid climate with very low precipitations, the river of Sebou seems to influence more the aquifers in its proximity. A qualitative and quantitative follow-up of ground water is necessary in order to durably preserve their ecological integrity and their aptitude to answer the various uses.

Keywords : *Ground water, pollution, physicochemical, Heavy metals; Sebou River; Fez, Morocco.*

I - INTRODUCTION

Au Maroc, les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays [2]. Les eaux souterraines représentent généralement une excellente source d’approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par des matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de grande qualité, avec notamment de très faibles teneurs en micro-organismes et autres substances en suspension. Il en résulte que l’exploitation des eaux souterraines présente des avantages économiques appréciables, du fait qu’elles ne nécessitent que peu de traitement, parfois même aucun traitement, avant leur distribution dans un réseau d’eau potable.

Les eaux souterraines sont en étroite relation avec les eaux superficielles.

L'alimentation en eau peut se faire soit des eaux superficielles vers les eaux souterraines, soit, à l'inverse, des eaux souterraines vers les eaux superficielles. Le sens de ces échanges varie en fonction des secteurs et de leurs caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques ainsi que des saisons, dans une zone où les prélèvements sont importants en été, le niveau de la nappe étant abaissé, les eaux de la rivière en surface sont drainées et alimentent la nappe alors qu'en période normale, ce sont les eaux de la nappe qui alimentent la rivière. Du fait de l'existence de ces échanges, toute pollution des eaux superficielles est susceptible d'entraîner la contamination des eaux souterraines.

Les risques d'impact négatifs liés aux activités humaines sont importants. La pollution des eaux souterraines représente l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un risque pour la santé des populations [3]. La consommation des eaux contaminées par les micro-organismes est à l'origine des épidémies [4,5].

L'étude de la qualité métallique des eaux souterraines s'avère d'une grande importance, soit pour mettre en évidence leurs structures et leur fonctionnement, soit pour envisager les possibilités de l'utilisation de ces eaux.

Pour la réalisation de cette étude, deux campagnes de mesures ont été effectuées: le mois de novembre 2007 (période de crue) et le mois de juillet 2008 (période d'étiage). Les échantillons ont été prélevés à partir différents puits situés au voisinage et le long des deux cours d'eau: Oued Fès et Sebou (*Figure 1*).

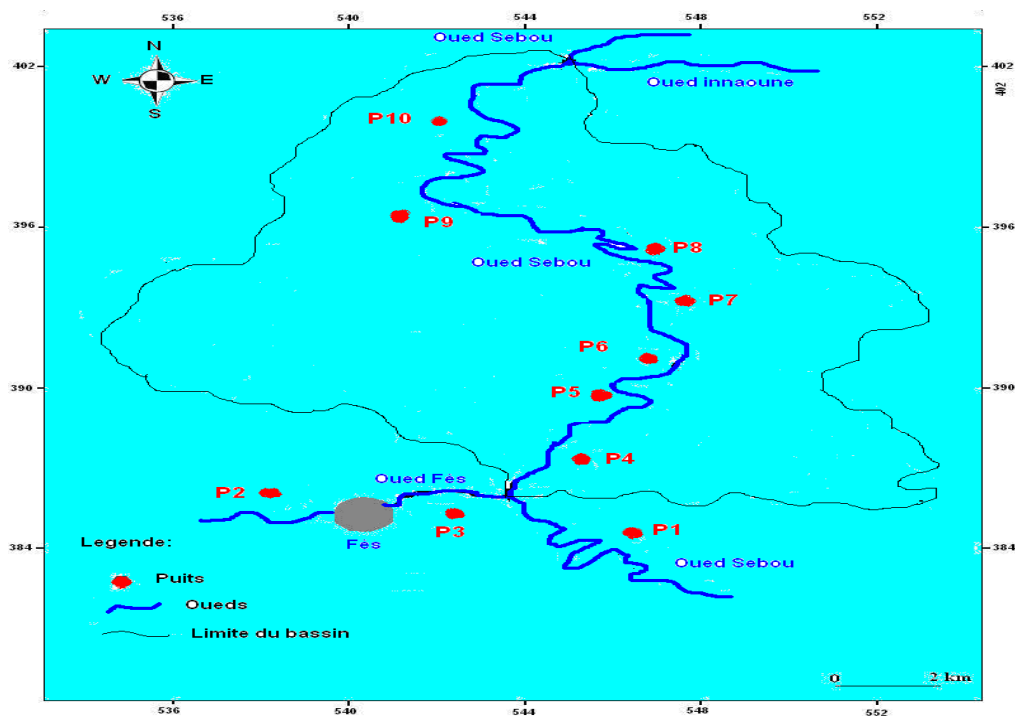


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvements [6].

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Echantillonnage des eaux usées

Les prélèvements d'eaux pour les analyses des métaux lourds ont été effectués pendant deux saisons: Hivernale (Novembre 2007) et Estivale (Juillet 2008), en amont de l'oued Sebou et en aval des rejets de la ville et du point de confluence. La conservation des échantillons d'eaux usées a été faite selon le guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons d'après (ISO, 5667/31994) [7] et le guide de bonne pratique de l'Office National de l'Eau Potable [8].

II-2. Méthodes d'analyses des eaux usées

Le dosage des métaux lourds (Pb, Cd, Cr, Zn, Ni et Cu) a été effectué à l'aide de la spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma induit (ICP-AES, Model JOVAN YVAN) au CNRST-Rabat-Maroc. Les limites de détection pour les différents métaux lourds sont 0.0005, 0.002, 0.004, 0.001 et 0.0008 pour le Cr, Zn, Cu, Pb et Cd respectivement.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

III-1. Cadmium

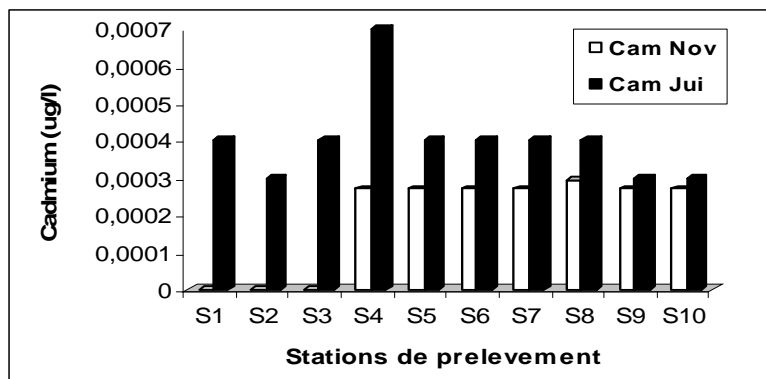


Figure 2 : Variation spatio-temporelle des teneurs en Cd

Dans notre étude, les concentrations du cadmium varient entre 0.0003 $\mu\text{g/L}$ comme valeur minimale et 0.0007 $\mu\text{g/L}$ comme valeur maximale. On constate une augmentation progressive de la teneur en cadmium à partir de la station S3 pour les deux campagnes de mesure (**Figure 2**). Cette faible teneur a été entraînée peut être par les pluies à partir des fumées industrielles implantées dans la région. Aussi la présence du Cd comme contaminant dans les engrais utilisés en agriculture peut contribuer à cette pollution. Néanmoins les concentrations enregistrées restent très inférieures à la teneur fixé par l'OMS [1].

La toxicité du cadmium résulte principalement de l'inhibition des enzymes thiols ainsi que de son affinité pour les hydroxydes et les carboxyles. Il est également l'agent étiologique de la maladie «itai-itai» qui se manifeste par des troubles osseux et l'augmentation du taux de phosphatase alcaline [9,10]. L'exposition chronique à de faibles doses en cadmium provoque des dommages aux tubules rénaux, suivis de protéinurie, lésions pulmonaires, hypertension artérielle [11].

III-2. Chrome

Le chrome est présent en petites quantités dans la nature, il est plus important dans les roches de type basique que dans celles de types siliceux [12]. La toxicité du Chrome dépend de son état physico- chimique, les sels hexavalents sont considérés comme les plus dangereux [13].

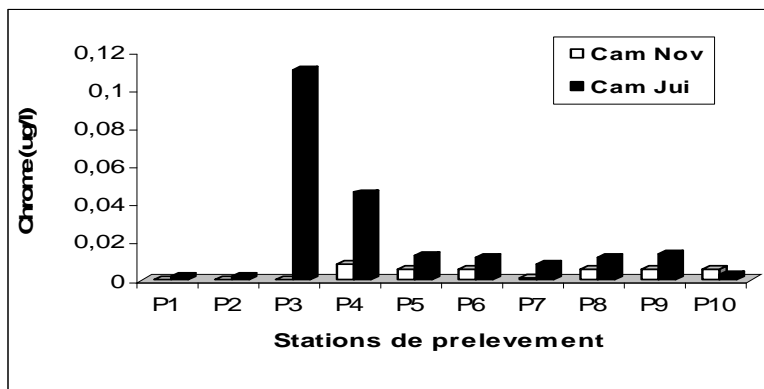


Figure 3 : Variation spatio-temporelle des teneurs en Cr

Les concentrations du Chrome varient entre $0.001 \mu\text{g/L}$ comme valeur minimale et $0.12 \mu\text{g/L}$ comme valeur maximale. On constate une augmentation de la teneur en chrome au niveau de la station S3 qui atteint la valeur maximale $0.12 \mu\text{g/L}$ pour la campagne de juillet (**Figure 3**), cette augmentation peut être due à l'infiltration à travers le sol de quantités importantes en chrome qui proviennent de l'oued Fès.

Les concentrations enregistrées au niveau des différents puits restent inférieures à la teneur fixée par l'OMS [1]. Donc cette eau est qualifiée favorable à la consommation.

III-3. Cuivre

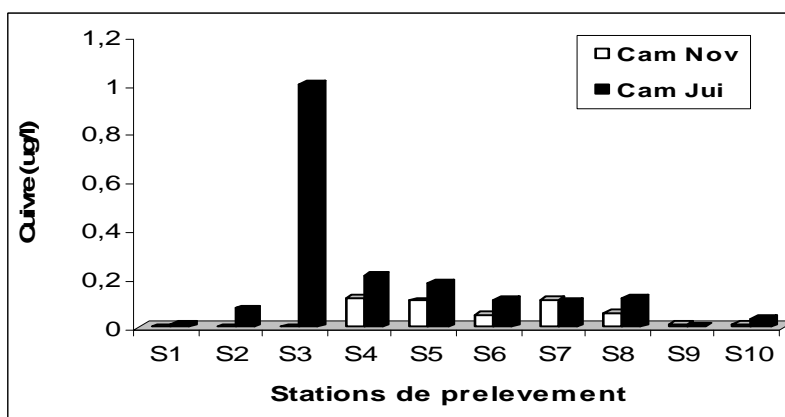


Figure 4 : Variation spatio-temporelle des teneurs en Cu

Le cuivre est présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre natif, de minerais oxydés ou sulfurés ; à l'air il se recouvre d'une mince couche de carbone basique [12]. En métallurgie, il entre dans de nombreux alliages parmi lesquels le laiton (cuivre et zinc), le bronze (cuivre et étain), le maillechort (cuivre, nickel et zinc) [14].

Les concentrations du Cuivre varient entre 0.005 $\mu\text{g/L}$ comme valeur minimale et 1 $\mu\text{g/L}$ comme valeur maximale. On constate une augmentation de la teneur en cuivre au niveau de la station S3 qui atteint la valeur maximale 1 $\mu\text{g/L}$ pour la campagne de juillet (*Figure 4*). Cette augmentation provient soit des traitements agricoles ou des pollutions industrielles. Mais les concentrations enregistrées restent inférieures à la teneur fixé par l'OMS [1].

III-4. Plomb

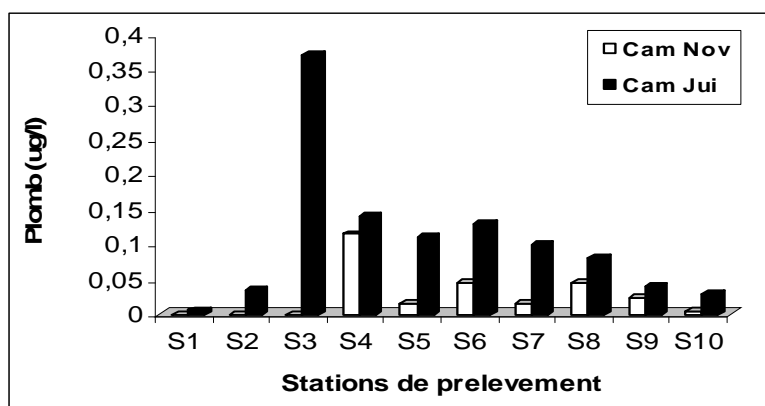


Figure 5 : Variation spatio-temporelle des teneurs en pb

Le plomb est présent naturellement dans l'environnement. Cependant, la plupart des concentrations importantes en cet élément, que l'on trouve dans l'environnement, sont le résultat des activités humaines.

Dans notre étude, la teneur en Plomb atteint son maximum au niveau de la station S3 (période d'étiages), la teneur élevée au niveau de cette station provient des activités industrielles ou des déchets solides (*Figure 5*). Mais généralement les différentes concentrations enregistrées au niveau des puits sont inférieures à 50 $\mu\text{g/L}$ [1]. Donc l'eau reste utilisable

La toxicité du plomb vis-à-vis du système nerveux et des reins a été soulignée par *Roony et al.* [15]. Le saturnisme a été la première maladie professionnelle reconnue en France [16].

III-5. Zinc

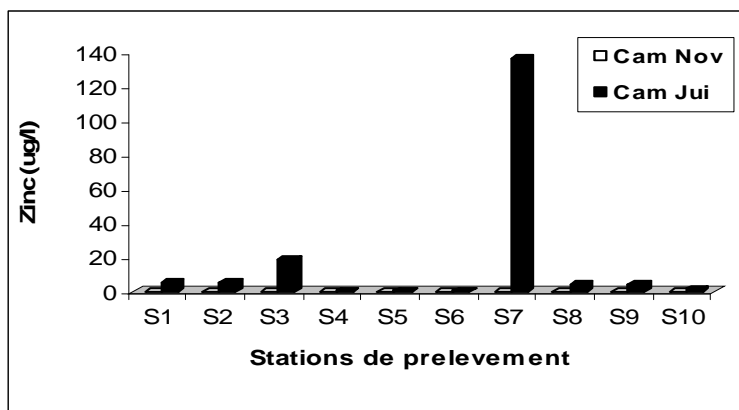


Figure 6 : Variation spatio-temporelle des teneurs en Zn

Les concentrations en Zinc dans les différents puits varient entre 0.6 µg/L comme valeur minimale et 140 µg/L comme valeur maximale. Les teneurs enregistrées sont dues aux activités Humaines: industrielles (alliages fabrication de pigments de teinture et de pesticides) et aussi des polluants qui proviennent de la décharge de la ville. Selon *Agoumi et al.* [17], 4700.000 Tonnes de déchets solides étaient déposés en 2002 dans des décharges non contrôlées. En aval, vers les stations S9 et S10 (**Figure 6**), on constate une diminution des concentrations en Zinc pour revenir aux mêmes teneurs enregistrées au niveau des stations de références (S1 et S2). Selon l’OMS [1], ces teneurs restent inférieures à 5 mg/L, donc, cette eau reste utilisable.

IV - CONCLUSION

Les taux légèrement élevés en métaux lourds diffèrent en fonction de la nature et de la localisation des sources de pollution par rapport aux sites d'étude. En effet, les industries: briqueterie, plastique et tannerie seraient probablement à l'origine de ces valeurs élevées en Chrome et en cadmium. Des traitements agricoles ou des pollutions industrielles sont à l'origine des teneurs en Cuivre. L'importance des valeurs relevées en plomb serait en rapport avec des activités industrielles ou des déchets solides. Dans les zones du contact nappe- oued, la transmission des éléments toxiques peut se faire facilement par dilution et drainage. Si les origines potentielles de la pollution des nappes sont bien identifiées, il reste cependant difficile d'en comprendre

les mécanismes de transfert. Des études ont montré que la vitesse d'infiltration à la surface du sol est faible, de l'ordre de 5 mm/h, du fait de la présence généralisée de croûtes superficielles dans les premiers centimètres du sol. Ceci limite a priori la recharge directe verticale de la nappe par les eaux pluviales.

Autres études estiment que la recharge de la nappe s'effectue à partir de zones d'accumulation d'eau très localisées, notamment par les mares de surface, alimentées par les eaux de ruissellement consécutives aux pluies. Même si, les concentrations enregistrées durant cette étude ne conduisent pas à des inquiétudes immédiates et ne peuvent être à l'origine de toxicité aiguë, il faut souligner que le risque écotoxicologique réside dans le caractère cumulatif des métaux lourds qui interviennent dans des phénomènes de bioaccumulation.

La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore à tout usage.

RÉFÉRENCES

- [1] - OMS. Health criteria and other supporting information; second ed. Guidelines for drinking water quality; Vol.2 World Health Organisation Geneva Switzerland (1996)
- [2] - MATEE Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'eau et de l'Environnement. Rapport sur l'Environnement au Maroc. Département de l'Environnement, Observatoire de l'Environnement, Octobre, Ed, 2, (2001) 296p.
- [3] - M. LAFERRIERE M, J. MINVILLE, J. LAVOIE et P. PAYMENT. L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine. Bull, Information, Santé, Environnement. Québec, 7(2) (1999) 1-4.
- [4] - J. ANGULO., S. TIPPEN., J. SHARP., J. PAYNE., G. COLLIER., E. HILL., J. BARRET., R. CLARK., E. GELDREICH., E. DONNEL et D. SWERDLOW. "A community waterborne outbreak of salmonellosis and effectiveness of a boil water order", *American Journal of Public Health*, 87(4) (1997) 580-584.
- [5] - J. BALBUS et M. EMBREY. "Risk factors for waterborne enteric infections, current opinion in Gastroenterology", 18(1) (2002) 46-50.
- [6] - E. DERWICH, Z. BENZIANE, A. ZIAN, O. BENAABIDATE, O. SADKI et D. BEGHYTI "Evaluation de la qualité des nappes alluviales du Moyen Sebou entre ses confluences avec oued Fès et Oued Inaouene". Acte du 20ème Colloque des Bassins sédimentaires Marocains, Oujda, (21 au 23 mai), (2008) 231-235.

- [7] - ISO 5667/3 (1994). Qualité de l'eau- échantillonnage - Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons, ONEP. Rabat (1994).
- [8] - O. N. E. « Caractérisation quantitative et qualitative des eaux usées. Guide de bonne pratique ». Laboratoire de la qualité des eaux, ONEP. Rabat, Novembre, Ed, 3 (1999).
- [9] - K. NOMIYAMA. "Toxicity of cadmium mechanism and diagnosis" In: Keenkel PA, éd. Heavy metals in the aquatic environment Proceeding of the international conference Health. Nashville (Tennessee) Pergamon Press: (1973) 15-23.
- [10] - D. PURVES. "Trace element contamination of the environment". Amsterdam; Oxford; New York: Elsevier (1977) 170-182
- [11] - S. BERTOUILLE. "Fertility of red deer in relation to area, age, body mass, and mandible length", Springer Berlin, (1978) 87-98p.
- [12] - J. RODIER., C. BAZIN., J. BROUTIN., P. CHAMBON., H. CHAMPSAUR et L. RODI. « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ». Paris : Dunod, 8^e éd; (1996) 383 p.
- [13] - R. LAUWERYS. « Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles », 3e édition, Masson, Paris, France, (1992) 693 p.
- [14] - M. ROMEO. « Toxicologie des métaux traces dans l'environnement marin », *Océanis*, 17(4) (1991) 383-402.
- [15] - C. ROONY., R. MCLAREN and R. CRESSWEL. "Distribution and phytoavailability of lead in soil contaminated with lead shot". *Water Air and Soil*; 116 (1999) 535-548.
- [16] - R. DERACH. « Toxicologie et sécurité des aliments ». Paris: Tech Doc-Lavoisier; (1989) 159-178.
- [17] - A. AGOUMI et K. BOUKACHABINE. « Les onychomycoses au Maroc: expérience du laboratoire de Parasitologie et Mycologie Médicale », Hôpital d'Enfants de Rabat (1982-2003). *Ann. Biol. Clin.*, 63(6) (2005) 1-4.