

**BIO-EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES:
CAS DE LA NAPPE PHREATIQUE MECHTA LEHTEB
REGION D'OUUM-EL-BOUAGHI (NORD-EST DE L'ALGERIE)**

**BIO-EVALUATION OF THE GROUNDWATER QUALITY :
CASE OF MECHTA LEHTEB (OUM EBOUAGHI, NEAST ALGERIA)**

Merzoug D & Khiari A & Tamrabet L & Saheb M. Laboratoire « Ressources naturelles et Aménagement des milieux sensibles, Institut des sciences de la nature, Centre universitaire d'Oum El Bouaghi, Algérie. merzmoi@yahoo.fr

Résumé : Les eaux souterraines servent à l'alimentation en eau potable de la population de la ville d'Oum-El-Bouaghi. La qualité de ces eaux dépend de divers facteurs naturels et anthropiques, tels que le drainage des eaux usées brutes et les eaux de pluie vers l'Oued Djedida et l'utilisation fréquente de fosses septiques. Afin de déterminer la corrélation existante entre la qualité de l'eau et la biodiversité des zoocénoses aquatiques souterraines, plusieurs facteurs physico-chimiques et biologiques ont été étudiés, dans 16 puits, 02 sources et un forage. Du point de vue physico-chimique, les eaux de la nappe de Mechta Lehteb présentent une minéralisation assez élevée dans certaines stations. Elles sont généralement dures et salines, avec un gradient croissant de l'amont hydraulique vers l'aval de la zone d'étude. L'eau des puits situés dans la partie sud de la ville présente une qualité souvent médiocre, due à la présence de fosses septiques qui constituent une source de contamination de la nappe. Dans le secteur aval, au sud de la ville, les puits sont sous l'influence du drainage des eaux usées de l'agglomération et des douars environnants. Un certain nombre de stations présentent des teneurs en nitrates, nitrites et ions ammonium très élevées.

Du point de vue biologique, les eaux de la nappe Mechta Lehteb, qui alimentent la ville d'Oum-El-Bouaghi, présentent une richesse faunistique relativement élevée dans les puits bien protégés et situés loin des sources de pollution. Le peuplement est alors dominé par les Amphipodes, les oligochètes et les Gastéropodes souterrains. En revanche, dans les puits proches des sources de pollution et peu protégés le peuplement est dominé par des espèces d'origine épigée, principalement des larves d'Insectes. L'analyse simultanée de la qualité de l'eau e de la biodiversité montre que cette dernière diminue dans le cas d'une pollution locale des puits ou de la nappe phréatique; c'est la stygocénose, ensemble des espèces souterraines, qui se réduit en premier et disparaît complètement en cas de pollution importante. L'examen de la faune de ces puits permet donc de se faire une première idée de la qualité globale de l'eau et de déceler les pollutions importantes éventuelles.

Mots clés : Eaux souterraines, Biodiversité, Faune stygobie, Physico-chimie de l'eau

Abstract : Groundwater pollution threatens many valuable water resources. In the Oum El Bouaghi region (North East of Algeria), groundwater is exposed to a variety of anthropic water pollution as raw wastewater disposal in the Djedida wadi and the use of septic tanks. In order to determine the correlation between the water quality and the ground aquatic zoocenose biodiversity, several physicochemical and biological factors were studied through 15 wells, 01 forage and 02 springwater. From the physico-chemical side, the Mechta Lahteb groundwater is distinguished by its high salinity. In many stations, water was hard and saline with an increasing gradient from upstream to downstream.

In the wells located in the south part of the city, water was contaminated due to the existence of septic tanks. Downstream, the raw wastewater disposed by the city resulted in the increase of nitrate, nitrite and ammonium ions.

Biologically, the Mechta Lahteb groundwater is distinguished by its high fauna richness in the well protected wells which are situated far from the pollution sources. The fauna population was dominated by the Amphipodes, oligochetes and ground gasteropodes. On the other hand, in the less protected well, close to the pollution sources, the fauna population is made of species such as insect larva. The analysis of both water quality and biodiversity shows that the latter decreases with increasing groundwater pollution. It is the stygocenose species that diminish and vanish in case of acute pollution. The examination of the well fauna allows to have a first idea about the water quality and to detect the eventual pollution types.

Key words : Groundwater, biodiversity, stygoby funa, water physicochemistry

INTRODUCTION

Les recherches écologiques sur la faune aquatique souterraine et plus particulièrement sur celle des nappes phréatiques accessibles au niveau des puits, représentent un des aspect de la phréatobiologie appliquée qui a connu depuis quelques dizaines d'années un développement important, et ce dans le monde entier. En fait, on s'est intéressé de plus en plus aux milieux aquatiques souterrains, notamment aux nappes phréatiques et aux sous écoulements des cours d'eau avec la mise au point des méthodes appropriées, qui ont été développées Cvetkov (1968), Boutin et Boulanouar (1983).

Au Maghreb on peut citer les travaux de Racovitza (1912), Monod (1927b) et les prospections plus récentes et, notamment au Maroc, les travaux de Nourrisson (1956), Boutin et al (1983), Boulanouar (1995), Messouli (1988 et 1994), Boutin et al (1988 a et b), Boulal (1988, 2002), Boutin et al (1989), Idbennacer (1990), Fakher (1999).

En revanche, on dispose à ce jour de très peu de données sur la faune stygobie d'Algérie où des investigations ponctuelles et déjà anciennes ont été réalisées par divers chercheurs cités par Delamare Deboutteville (1960), comme Monod (1924), Gauthier (1928), Nourrisson (1956); par ailleurs des travaux très récents ont été entrepris par l'équipe de l'Université de Tlemcen.

On doit également signaler la récente synthèse sur les faunes souterraines d'Algérie, publiée par Decu et al. (2001).

Afin de contribuer à la connaissance des eaux souterraines de la région d'Oum-El-Bouaghi, dans le Nord-Est algérien, région encore inexplorée à ce jour nous sommes engagés depuis le début de l'année 2000 dans une telle étude, dont les résultats préliminaires sont présents dans cette communication.

ZONE D'ÉTUDE

Les stations étudiées sont toutes situées au Nord de la ville d'Oum El Bouaghi, dans la partie occidentale de la plaine de Tamlouka. Cette plaine est comprise entre l'Atlas Tellien au Nord et la chaîne de Sellaoua au Sud. Cette plaine se trouve dans le prolongement oriental des Hauts Plateaux.

La plaine de Tamlouka est caractérisée par un bioclimat de type semi aride, à été chaud et à hiver tempéré.

Du point de vue géologique, la plaine de Tamlouka est constituée par un remplissage d'alluvions fluviales plio-quadernaires qui reposent sur des formations du Crétacé supérieur. La nappe phréatique de Tamlouka est contenue dans les formations de remplissage récentes, au sud de l'Atlas Tellien. L'écoulement de cette nappe s'effectue dans le sens Ouest-Est.

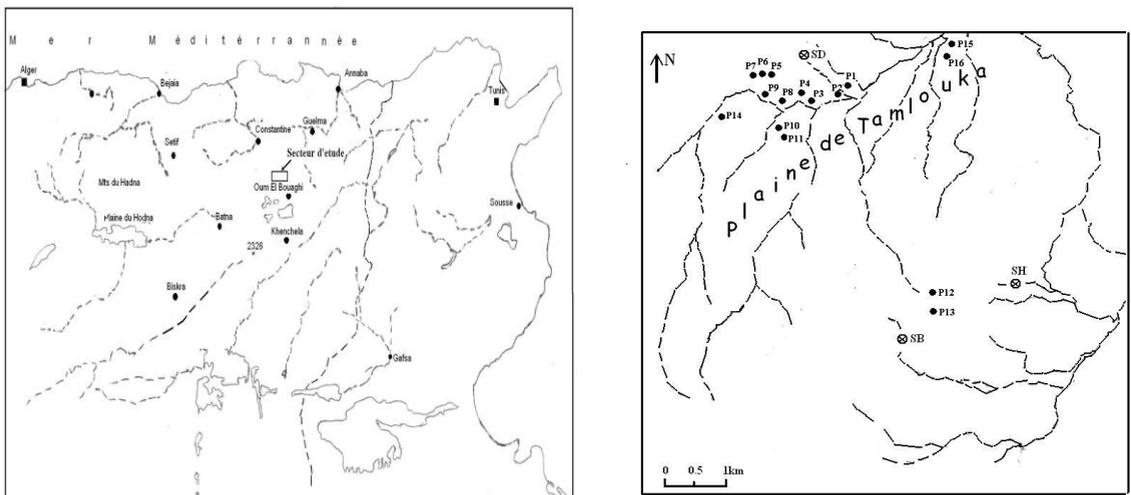


Fig.1. Localisation géographique de la zone d'étude et des stations

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Stations étudiées

Une vingtaine de stations ont fait l'objet périodiquement d'une étude faunistique et physico-chimique, durant deux années. Elles sont alignées de l'est vers l'ouest selon le sens de l'écoulement de la nappe phréatique. Ce sont des puits qui ont été choisis depuis l'amont vers l'aval. (Fig. 1) Le niveau piézométrique varie

selon les secteurs, il est relativement faible vers l'aval et augmente progressivement lorsqu'on se déplace vers l'amont, et vers l'amont hydraulique de la nappe (entre 5 et 8m dans les puits en amont ; 9 à 12m en aval). 16 puits et 02 sources ont été étudiés. Le choix s'est porté essentiellement sur les anciens puits dont l'eau sert à la boisson ou à l'usage domestique.

Matériels et méthodes

Différentes méthodes d'échantillonnage de la faune aquatique des puits ont été décrites par Boutin et Boulanouar, 1983. La prospection des puits a été effectuée par deux méthodes.

- Avec un filet phréatobiologique type Cvetkov de 0,4 m de diamètre à l'ouverture. L'expérience a montré que 10 descentes de filet suffisent pour récolter un échantillon représentatif de la faune des puits, le volume d'eau filtré étant alors de 1,025 m³ par mètre de hauteur d'eau présente dans le puits.

- Au moyen d'une nasse, piège appâté mis au point par Boutin et al en 1983. L'appât utilisé est la viande rouge, et la durée de piégeage est comprise entre 16 et 24 heures. La nasse doit être placée au fond du puits, et doit être toujours la même pour une série de prospections.

- Dans les sources, une technique seulement, a été utilisée : elle consiste en la filtration directe de l'eau à travers un filet à soie à bluter à mailles de 300µm, en remuant le sédiment près du griffon de la source, à l'amont du filet (Messouli, 1984).

La faune prélevée, par chacun des procédés, est fixée sur place au formaldéhyde à 6%, pour être ensuite triée, identifier et dénombrée au laboratoire. Après lavage à l'eau, une partie des sédiments récoltés sont conservés dans l'éthanol à 70%.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Physico –chimie des eaux souterraines

Un ensemble de facteurs physico-chimiques intervenant dans la détermination de la qualité des eaux, a été relevé et analysé (Tableau 1).

La mise en évidence de la variation spatiale des descripteurs physico-chimiques (tableau 1), pour chaque station et à des dates différentes, a nécessité l'emploi de l'analyse en composantes principales (ACP) à l'aide du logiciel d'analyse multivariée (ADE-4) (Chessel et al , 1989).

- Les variations saisonnières des principaux paramètres mesurés dans les puits varient très peu au cours de l'année de sorte qu'il est possible de caractériser chacune des stations par la valeur moyenne des divers paramètres mesurés (Tableau 1). Pour les températures, les variations saisonnières sont partout inférieures à 1°C. Cette relative constance thermique a déjà été observée et soulignée ailleurs, aussi bien en Europe qu'au Maroc (Boulanouar, 1995 ; Boulal, 1988 ; Ibdennacer, 1990). En revanche les températures moyennes de l'eau des diverses stations, sont supérieures à 20°C, varient, entre les stations, de plus de 4°C environ, allant de 19°C pour P1 à 23°C pour SH.

- Dans les stations le pH reste très proche de la neutralité, 6.80 à 7.60 dans les puits, 7 à 7.3 dans les sources. A côté des facteurs qui varient peu d'une station à l'autre et peuvent être considérées comme tout à fait normal. D'autres paramètres en revanche, ont des valeurs moyennes remarquables et variables d'une station à l'autre, permettant ainsi de caractériser certaines stations.

- La minéralisation de l'eau est partout très forte à excessive selon les normes Afnor selon les critères de Nisbet et al (1970) avec une conductivité qui varie de 953 et 2211 $\mu\text{S. cm}^{-1}$ pour SH et P3 et 1899 pour P12 à 2211 $\mu\text{S. cm}^{-1}$ pour P13.

- Elle est en particulier très dure, incrustante même, selon la grille des mêmes auteurs, cette dureté est souvent supérieure à 500 mg. l⁻¹ (490 à 522 mg. l⁻¹ dans les puits, de 370 à 590 mg. l⁻¹ dans les sources).

- Oxygène dissous : 6.8 g. l⁻¹ à 8.2 g. l⁻¹ dans les puits à 7.8 à 8.7 g. l⁻¹ dans les sources.

- L'eau est souvent très chlorurée avec des teneurs en ions Cl⁻ généralement supérieures 500 mg.l⁻¹ (401 à 554 mg.l⁻¹ dans l'eau des puits jusqu'à 309 mg.l⁻¹ dans celle des sources).

- Elle est aussi séléniteuse, avec des teneurs en SO₄²⁻ souvent supérieures à 200 mg.l⁻¹ (188 à 321 mg.l⁻¹ dans le P7, P1 et jusqu'à 337 mg.l⁻¹ la source SD). Ces teneurs relativement élevées en chlorures et en sulfates qui s'observent un peu partout sont certainement naturelles et probablement explicables par la nature des terrains traversés par l'eau souterraine.

- Concentrations en nitrates, nitrites et phosphates très faibles: (0.001 à 0.009 mg.l⁻¹ de NO₂⁻ et environ 0.02 mg.l⁻¹ de phosphate total). Dans les stations P10, P11, P12, P14, P15 et SD et SH., élevées (0.12 à 0.19 mg.l⁻¹) au niveau des puits P1, P3, P4, P6, P8 et P13 et excessives (0.29 à 0.54 mg.l⁻¹ NO₂⁻ et 4.29 à 8.9 mg.l⁻¹ de phosphate total) dans les stations P2, P5, P7, P9 et P16.

Cette eutrophisation est caractéristique des éléments polluants. L'axe 2 sépare les stations des eaux dures (P10, P11, P12, P14, P15 et SD) des autres stations.

Sur le plan (1x3) fig. 5. L'axe 1 fait ressortir les stations eutrophisées, l'axe 3 sépare les stations oxygénées (P14, SD et SH) des autres stations.

L'analyse physico-chimique révèle quatre (03) groupes de stations qui diffèrent entre eux:

- Un premier grand groupe de stations réunit P10, P11, P12, P14, P15, et SD. Dont l'eau montre des teneurs faibles en substances azotées, et en ions phosphorés, ce sont donc les stations dont l'eau n'est pas polluée. Auxquelles il faudrait rajouter les six (6) stations comprenant les puits P1, P3, P4, P6, P8 et P13. Dont l'eau est plus minéralisée et contient des teneurs relativement faibles en ions azotés et phosphorés, mais qui présentent des signes de pollution.

- Le groupe deux (2) réunit les puits P2, P5, P7, P9 et P16. L'eau de ces stations montre des taux plus élevés en ions indicateurs de pollution : ions azotés et surtout phosphorés. La pollution de l'eau des 5 stations est significative.

- Le groupe trois (3) composé de la station SH qui se révèle la station dont l'eau est la plus pure comparée à toutes les autres stations.

De ces résultats et des observations de terrain, il ressort que les eaux de la région étudiée sont donc fortement minéralisées, en raison des valeurs élevées de la dureté totale, de la salinité et des teneurs en sulfates, tous les ions provenant des roches calcaires ou salines traversées par les eaux souterraines. Certaines stations révèlent une pollution légère, d'autres en revanche montrent une pollution sérieuse. Les stations dont l'eau est généralement de bonne qualité se trouvent localisées loin des sources de pollution et que la qualité de l'eau se dégrade tout en se rapprochant des zones d'habitations. Les causes de pollution de l'eau des stations infestées, sont dues principalement aux eaux usées brutes circulant dans les petits canaux ou « seguias » utilisées soit pour évacuer l'eau usée ou pour l'irrigation, qui s'infiltreront jusqu'à la nappe phréatique. La seconde cause de pollution proviendrait probablement du fumier et parfois des écoulements de purin des bergeries et des étables. Les fumiers sont lessivés par l'eau qui entraîne vers la nappe bactéries et autres substances solubles.

Les stations se trouvant loin des concentrations d'habitations sont exemptes de pollutions bactériennes et chimiques ou l'eau serait moins altérée, et permettrait la survie d'une faune interstitielle plus diversifiée que les zones polluées.

Nous tenons à souligner que les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau des différentes stations ont été réalisées 4 fois, une répétition par saison.

DONNEES FAUNISTIQUES

Les recherches effectuées dans les puits et sources de la région de Bir Atrous, ont révélé que cette région abrite une faune aquatique relativement moyenne 20 de taxons (tableau 2). Cependant la liste des espèces aquatiques présentes dans les 18 stations est encore provisoire, de même que l'identification spécifique de nombreux taxons, un groupe taxonomique comme celui des gammarès et des oligochètes n'ont pas encore pu être identifiés par les spécialistes, alors qu'ils renferment très certainement de nombreuses espèces et genres dont la signification écologique mériterait d'être prise en compte. Parmi ces espèces, certaines sont d'origine superficielle ; ce sont par exemple des insectes, des arachnides, des mollusques ou des crustacés qui peuvent se rencontrer ailleurs, dans les bassins, dans les marres ou les lacs. D'autres, en revanche, sont d'origine interstitielle, c'est à dire qu'elles habitent normalement dans l'eau de la nappe phréatique, et peuvent se déplacer entre les grains de sable et les graviers qui constituent l'aquifère. Ces dernières sont les plus intéressantes car ce sont elles qui peuvent nous renseigner sur l'état de la nappe phréatique, alors que la présence des espèces épigées dépend d'une part des caractères hydrologiques du puits mais tout autant de sa morphométrie, de son aménagement et de sa protection en surface, et enfin des facteurs aléatoires de dispersion : arrivée d'insectes aériens venus pondre dans le puits, oiseaux, batraciens ou autres animaux vecteurs, transportés par l'homme ou par le vent, etc....

Une revue systématique de la faune aquatique souterraine de la région, comportant pour chaque taxon des commentaires taxonomiques et biogéographiques en plus des caractères écologiques, est indispensable. Elle ne serait cependant pas à sa place

dans cette première approche écologique régionale orientée vers la recherche des rapports entre la faune et la qualité de l'eau.

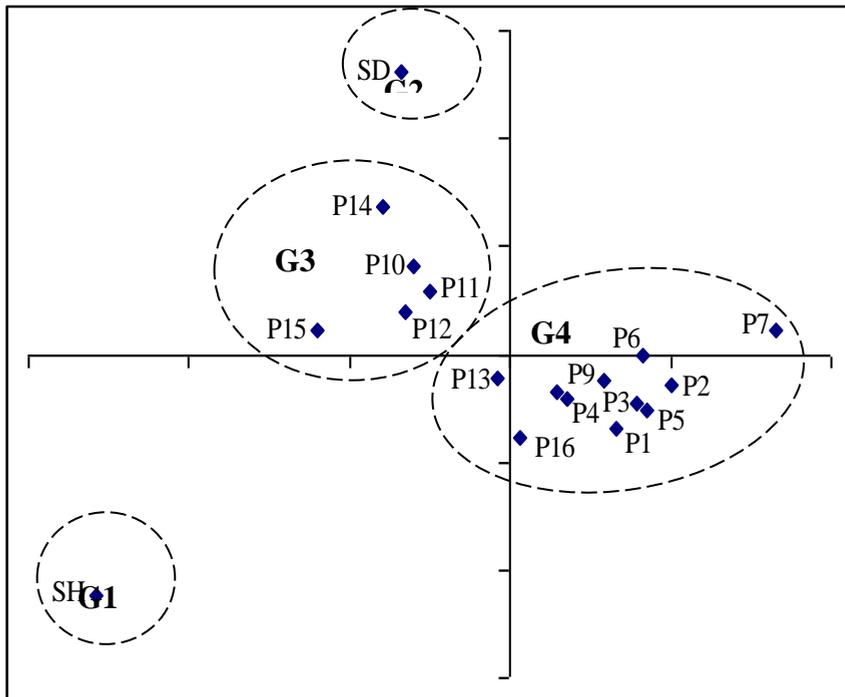


Fig. 2. Projection des stations sur le plan factoriel des deux premiers axes de l'analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques

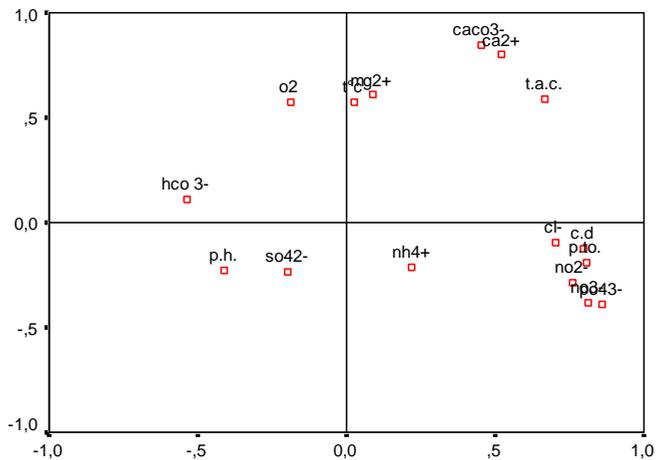


Fig. 3. Projection des paramètres physicochimiques sur le plan des deux premiers axes factoriels (F1xF2)

Tableau 1. Valeurs moyennes de trois mesures des principaux paramètres physico-chimiques dans l'eau des 18 stations

Stations	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	SD	SH
p.H.	7,1	6,9	7,2	7,3	7,2	7,1	6,8	7,5	7	7,4	7,3	7,2	7,3	7,1	7,2	7,6	7,1	7,3
T°C	19	20,1	20,2	19,2	19,8	21,3	21,4	21	21,2	20,3	19,1	20,3	21	21,7	19,5	20	23	20,1
C.µS/cm	2201	2204	2210	2206	1977	2207	1965	1944	1956	1933	1889	1899	2211	1344	1578	1705	1315	953
O ₂ mg/l	6,8	8	7,1	7,4	7,8	7,5	8,1	8	7,2	8,3	7,4	7,8	7,6	8,2	7,3	6,8	8,7	7,8
Ca ²⁺ mg/l	388	377	381	384	382	399	401	398	385	381	403	369	368	401	367	368	451	259
Mg ²⁺ mg/l	119	119	119	120	119	122	121	114	122	123	125	121	121	122	127	126	124	110
CaCO ₃ mg/l	507	495	500	503	500	521	522	512	507	504	528	490	490	528	493	492	590	370
T.A.C. mg/l	237	239	239	236	238	227	235	233	229	237	235	234	232	229	220	230	245	185
Cl mg/l	552	553	554	549	538	551	547	401	388	503	478	459	409	401	503	517	309	255
SO ₄ ²⁻ mg/l	321	288	252	298	301	255	188	340	326	229	300	251	318	213	301	312	337	313
NH ₄ ⁺ mg/l	0,08	0,1	0,05	0,1	0,05	0,9	0,11	0,08	0,09	0,002	0,003	0,001	0,53	0,001	0,004	0,97	0,003	00,001
NO ₃ ⁻ mg/l	44	54	50	23	61	49	60	56	61	10	15	13	36	3,5	12,8	62	11,2	7,3
NO ₂ ⁻ mg/l	0,1	0,12	0,11	0,09	0,15	0,01	0,27	0,12	0,13	0,01	0	0	0,12	0,01	0,01	0,11	0,01	0
HCO ₃ ⁻ mg/l	244	243	245	244	243	244	231	236	237	251	253	250	247	241	300	249	253	251
PO ₄ ³⁻ mg/l	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,19	0,2	0,19	0,19	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01
P.to.mg/l	2.45	7.32	4.12	2.07	6.54	6.38	8.9	3.12	4.29	0,01	0,02	0,02		0,01	0,02		0,02	0,01

Tableau 2. Liste des principaux taxons aquatiques épigés ou stygobies récoltés dans les stations prospectées (Bir Amar, Oum El Bouaghi, Algérie)

Taxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	SD	SH
<u>Plathelminthes</u>																		
Planaridae																		
<i>Dugesia sp</i> P	+					+				+	+	+		+	+		+	+
<u>Némathelminthes</u>																		
Annelides																		
Oligochètes																	+	+
Lubriculidae	+		+	+		+					+							
Tubificidae			+	+					+	+	+	+					+	+
Naididae		+	+	+						+	+	+					+	+
<u>Mollusques</u>																		
Gastéropodes																		
<i>Pseudamnicola dupotetiana</i>	+		+	+		+		+		+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Pseudoislamia sp</i> P										+	+	+		+	+			
<u>Arthropodes</u>																		
Crustacés																		
copépodes																		
<i>Cyclopoides ind</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<u>Ostracodes</u>																		
<i>Cypridopsis vidua</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+
Genre ind	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+			+		
<i>Ilyocypris</i>																		
<u>Amphipodes</u>																		
<i>Echinogammarusn, n, sp</i>																	+	+

<i>Pseudoniphargus n.sp.</i> P	+		+	+		+		+		+	+	+	+	+	+			
<i>Pseudoniphargus africanus</i> , P				+				+										
Genre ind P										+	+	+		+	+			
<u>Isopodes</u>																		
Genre ind P				+						+				+				
Insectes																		
Culicidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+			+	+	+
Chironomidae	+	+			+		+	+	+				+			+		
Hétéroptera	+		+	+	+	+				+			+				+	+
Epheméoptera		+	+	+		+				+			+					
Genre ind	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+		+	+	+	+
Nombre total de taxons aquatique																		
(Richesse spécifique	10	8	11	14	7	11	6	8	6	13	11	12	10	8	9	6	11	11
Nbre de Taxons stygobies	2	0	1	2	0	2	0	2	0	4	4	4	1	5	3	0	1	1

P: Espèce ou taxon phréatobie

CONCLUSION

Dans cette première approche de l'étude de la nappe phréatique à l'intérieur de la zone étudiée (Mechta Lehteb, Oum-El-Bouaghi), les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, la répartition des espèces animales interstitielles conduisent à certaines conclusions communes. La qualité de l'eau souterraine, dans cette zone semble être altéré par des sources de pollution superficielle. L'analyse multi-variée sous forme de l'ADE-4, nous a permis d'évaluer la qualité des eaux souterraines des différentes stations. Certaines stations situées dans les localités à vocation agricole, sont soumises à une pollution plutôt organique que chimique, en raison de l'utilisation des engrais par les paysans de la région et, par ailleurs, sont affectés par une eutrophisation marquée due à l'excès d'ammonium.

La diversité des résultats obtenus dans les différentes stations rend toutefois difficile la formulation d'un diagnostic de qualité de l'eau valable pour l'ensemble du secteur étudié. L'étude bactériologique a été effectuée vient confirmer cela.

Une surveillance de la qualité de l'eau de la nappe paraît évidemment souhaitable, mais une analyse plus complète des mécanismes de contamination de la nappe phréatique ne pourrait être envisagée qu'en multipliant le nombre des stations et la fréquence des prélèvements, ainsi que le nombre de paramètres mesurés (Sullivan, 1982).

Généralement, l'analyse des données physico-chimiques et du peuplement a permis de déduire que dans les puits protégés et situés loin des sources de pollution, les eaux sont de bonne qualité physico-chimique, elles hébergent une faune stygobie riche et diversifiée. Alors que la faune vivant dans les eaux polluées, est généralement, de type épigée (larves d'insectes). Il ressort que la faune stygobie reflète la qualité des eaux souterraines. Elle peut être un outil simple pour évaluer la qualité de l'eau souterraine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Botosaneanu, L., 1986, *Stygofauna mundi. A Faunistic, Distributional, and Ecological synthesis of the world fauna inhabiting subterranean waters (incl. the marine interstitial)*. E. J. Brill Ed. (Leiden), 740p.
- Boutin, C., Boulanouar, M. 1983, *Méthodes de capture de la faune stygobie: Expérimentation de différents types de pièges appâtés*
- Boulal, M., 1988, *Recherches écologiques sur la faune aquatique des puits de la région de Tiznit (Anti-Atlas occidental, Maroc)*. Thèse de 3ème cycle, Fac.Sc. Marrakech, 228p.
- Boulal, M., 2002, *Recherches phréatobiologiques dans le Souss et les régions voisines du Maroc Occidental: Qualité de l'eau des puits, Biodiversité, Écologie et Biogéographie historique des espèces stygobies*. Thèse de doctorat d'état, Fac.Sc. Marrakech, 425 p.

- Boulanouar, M., 1995, *Faune aquatique des puits et qualité de l'eau dans les régions de Marrakech et des Jbilet. Statut et dynamique d'une population de Proasellus coxalis africanus (Crustacé Isopode) des Jbilet*. Thèse Doctorat d'Etat, Fac.Sc. Univ. Marrakech, 159p.
- Boutin, C., Boulanouar, M., 1983, Methodes de capture de la faune stygobie. Expérimentation de différents types de pièges appâtés dans les puits de Marrakech. Bull. Fac. Sc. Marrakech, 2: 5-21.
- Boutin, C., Idbennacer, B. 1989, Faune stygobie du Sud de l'Anti-Atlas marocain: premiers résultats. *Rev. Sc. de l'eau*, 2: 891-904.
- Boutin, C., Messouli, M., 1988a, *Longipodacranconyx marrocanus* n. gen. N.sp. nouveau représentant du groupe des Metracranconyx (Crustacés, Amphipoda) dans les eaux souterraines du Maroc. *Crustaceana*, suppl., 13 : 156-271.
- Boutin, C., Messouli, M., 1988b, *Metracranconyx gineti* n. sp. D'une source du Haut Atlas marocain et la famille des Métracranconyctidae n.fam. (Crustacés Amphipodes stygobies). *Vie et Milieu*, 38(1) : 67-84.
- Chapuis, P.A., 1953, Un nouvel isopode psammique du Maroc : *Microcerberus remyi*. *Vie et Milieu*, IV (4) : 659-663.
- Chessel, D., Bernaud, M., 1989, « Progrès récents en analyse des données écologiques », Communication au 4^{ème} colloque de l'A.F.I.A. « La gestion des systèmes écologiques ». 10p.
- Cvetkov, L., 1968, Un filet phréatobiologique. *Bull. Inst. Zool. Mus. (sofia)*, XXVII : 215-219.
- Danielopol, D., 1976, The distribution of the fauna in the interstitial habitats of riverine sediments of the Danube and the Piestig (austria). *Intern. J. Speleol.*, 8: 23-51.
- Decu, V., Juberthie, C., Collignon, B. et Lebreton, B. 2001 – « Algérie » *In Encyclopaedia Biospeologica*, Soc. Intern. Biospeleol., Bucarest et Moulis. Vol 3, 1477 – 1496.
- Deharveng, L., et Leclerc, Ph., 1989- Recherches sur les faunes cavernicoles d'Asie du Sud-Est. *Mem. Biospeleol.*, 16 : 1-21.
- Delamare Deboutville, C., 1960, Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. Hermann Ed. Paris, 740p.
- Fakher El Abiari, A., 1999, Rôle des facteurs abiotiques dans la répartition de la faune aquatique souterraine du Maroc: Cas des Crustacés Péracarides stygobies. Thèse de Doctorat National, Fac. Sc. Semlalia, Marrakech. 208 p.
- Gauthier, H., 1928- Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Impr. Minerva. Alger, 419p, Pl. I-III. Carte 6 H. t.
- Gibert, J., Danielopol, D.L., Stanford, J.A. eds., 1994 – *Groundwater Ecology* (571 pp). Academic Press, New York.
- Ginet, R., Decou, V., 1977, Initiation à la biologie et à l'écologie souterraine. Delarge Ed., Paris, 345p.
- Henry, J.P., 1976, Recherches sur les Asellides hypogés de la lignée cavaticus (Crustacea, Isopoda, Asellota). Th. Et. Univ. Dijon, 270p.

- Idebenacer, B., 1990 - Recherches écologiques, biogéographiques et démographiques sur la faune aquatique souterraine de la région de Guelmin (Sud-ouest de l'Anti-Atlas marocain). Thèse 3^{ème} Cycle, Fac. Sc. Marrakech, 118p.
- Maguire, B.Jr., 1964, Crustacea: a primitive mediterranean group also occurs in north america. *Science*, 146: 931-932.
- Messouli, M., 1984, *Recherches sur la faune aquatique endogée des sources du Haouz*. Mém. C.E.A. Faculté des Sciences Marrakech, 46 p.
- Messouli, M., 1988, *Les Crustacés Amphipodes souterrains du Groupe Metacrangonyx. Répartition, Systématique, Phylogénie*. Thèse de 3^{ème} Cycle, Faculté des Sciences Marrakech, 220 p.
- Messouli, M., 1994, *Évolution, Phylogénie et Biogéographie historique des Metacrangonyctidae, Crustacés Amphipodes stygobies du Nord de l'Afrique et des régions voisines*. Thèse de doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Marrakech, 311 p.
- Monod, Th., 1927b- *Thermosbaena mirabilis* Monod. Remarques sur sa morphologie et sa position systématique. *Faune des Col. Françaises.*, 1 : 29-51.
- Nourrisson, M., 1956, Etude morphologique comparative et critique des Typhlocirolana (Crustacés isopodes Cirolanides) du Maroc et de l'Algérie. *Bull. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, 36 : 103-124.
- Nisbet, M., Verneaux, J., 1970, Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition des classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Ann. Limnol.* , 6(2) : 161-190.
- Racovitza, E.G., 1912 , Cirolanides (Ière série). *Arch. Zool. Exp. Et Gen.*, X (5): 203-205.
- Sullivan, P.J., 1982- Dilution of municipal Landfill Leachate. Franklin County. *Indiana. J. of Environ. Health*. V, (44): 253-257.