

# Caractérisation Hydro-chimique et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algérien).

GUEROUI Yacine<sup>(1)</sup>, BENSOUILAH Taqiyeddine <sup>(2)</sup>, et MAOUI Ammar<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire : Biologie, Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945, BP 12 Guelma 24000, Algérie.

<sup>(2)</sup> Laboratoire : Biologie, Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945, BP 12 Guelma 24000, Algérie.

<sup>(3)</sup> Laboratoire : Génie Civil et Hydraulique, Université 8 Mai 1945, BP 12 Guelma 24000, Algérie.

E-Mails [yacinebma@yahoo.fr](mailto:yacinebma@yahoo.fr) , [bensouilah.taqi@yahoo.fr](mailto:bensouilah.taqi@yahoo.fr) , [maoui\\_ammam@yahoo.fr](mailto:maoui_ammam@yahoo.fr)

**Résumé—** Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de la région de Tamlouka (Nord-Est Algérien). Les résultats obtenus durant une année (2012-2013), montrent une minéralisation élevée avec des concentrations des nitrates variant de 38,94 et 88,2 mg/l. L'analyse bactériologique indique que 70% des échantillons sont contaminés. Pour cela, un control assidu de la qualité des eaux souterraines doit être mis en place.

**Mots-Clés—** Hydrochimie, Bactériologie, Contamination, Tamlouka, Eaux souterraines.

## I. INTRODUCTION

L'eau joue un rôle important dans le développement des pays. Pour cette majesté, il faut connaître toutes les données dirigeant l'évolution de cette richesse intarissable. Les eaux souterraines constituent approximativement la seule source d'eau douce sur la terre, et environ 75 à 90 % de la population mondiale consomme une eau d'origine souterraine [1]–[2]. La pollution des eaux souterraines est l'une des apparences les plus souciant et leur utilisation représente un danger néfaste pour la santé [3].

Concernant la région de Guelma, il y a un mécontentement général de la population sur la qualité de l'eau potable ; c'est pourquoi la population n'a eu comme unique refuge que de s'alimenter des sources naturelles qui entourent la wilaya.

Vue à cette importance majeure, nous avons effectués une étude sur la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux souterraines de la région de Tamlouka dans la wilaya de GUELMA (Nord-Est Algérien) dans l'unique but de déceler son impact sur l'environnement et sur la santé humaine, sachant que la plaine de Tamlouka présente une zone agricole et industrielle importante où la superficie cultivable présente 90% de la plaine.

## II. Description de la zone d'étude

La plaine de Tamlouka appartient à la région Est des hauts plateaux constantinois. Elle est située à 60 km au Sud de la

ville de Guelma. Elle s'étend sur une superficie de 200 km<sup>2</sup> limitée entre 7° - 7°15'E de longitude et entre 36°-36°12'N de latitude (Fig. 1) [4]. La plaine de Tamlouka est une région semi-aride caractérisée par un été chaud et un hiver tempéré, avec une précipitation annuelle varie de 500 à 600 mm et une température qui atteint 40 °C en été. C'est une région à vocation agricole où l'agriculture et l'élevage occupent une place plus importante dans les zones rurales. L'industrie est presque inexistante sauf quelques installations à caractère locale.

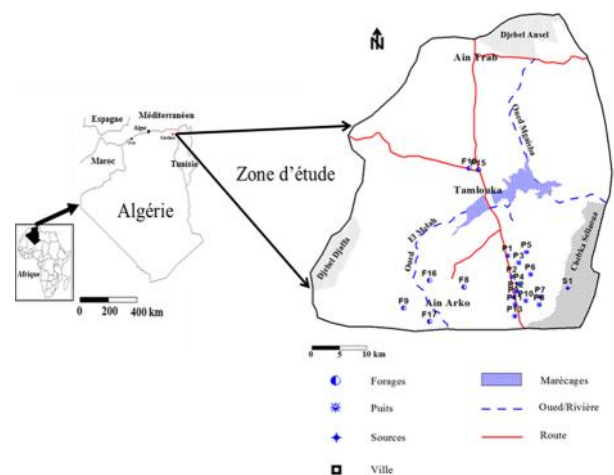


Fig.1 Situation géographique de la plaine de Tamlouka

## III. Cadre géologique

La géologie de la zone d'étude comprend le Plio-quaternaire qui présente une formation continentale composée essentiellement d'une croûte de calcaire, d'argile, de sable et parfois de graviers. Trois domaines structuraux constituent les hauts plateaux: Le sillon Sellaoua apparaît dans la partie orientale par la marne et le calcaire, le deuxième domaine est la série néritique qui apparaît dans la partie occidentale de la plaine par les monts de Djaffa, caractérisées par une alternance de calcaire, marne avec l'argile et parfois le sable. Le troisième domaine est la nappe numidienne occupe la partie Nord de la plaine et se compose

de marne, le calcaire marneux avec la silice de l'âge crétacé.

#### IV. MATÉRIEL ET METHODES

Une vingtaine de stations ont fait l'objet d'une étude physicochimique et bactériologique durant une année (2012/2013). Les treize puits, six forages et une source sont localisés sur 3 zones : Tamlouka ville, Ain Arko et Sidi Maâch (Fig. 01).

La température, la conductivité électrique et le pH ont été mesurées in situ en utilisant un multiparamètre WTW (Multiligne P3 PH / SET LF), un oxymètre (WTW) avec une sonde à oxygène (CellOx 325) pour la mesure de l'oxygène dissous. Les analyses chimiques ont été réalisées au Laboratoire de génie civil de l'Université de Guelma. Les bicarbonates et les carbonates ont été mesurées par titrage de l'orange de méthyle, les chlorures ont été déterminé par la méthode de Mohr, les sulfates par la méthode néphélométrique, les nitrites, nitrates, orthophosphate et ammonium ont été analysés par méthode colorimétrique. La silice et le fluorure ont été mesurés par les tests spectroquant conformes aux méthodes de surveillance de travail selon l'EPA spécifié (États-Unis agence de protection de l'environnement). Le calcium et le magnésium ont été déterminés par titrage complexométrique et la spectrométrie d'émission a été utilisée pour déterminer la concentration en sodium et en potassium.

Les analyses bactériologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de la direction de santé de la wilaya de Guelma et le laboratoire de biotechnologie microbienne de Fès, Maroc. Le dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux a été déterminé par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP). Les Clostridium sulfito-Réducteurs ont été déterminés par enrichissement en milieu liquide [5]. L'isolement des germes pathogènes a été effectué sur différents milieux de culture. Après un examen macroscopique et microscopique de ces germes l'identification a été accomplie par des tests biochimiques (Galerie biochimique classique et le système Api 20E) et par des techniques de biologie moléculaire PCR et séquençage (le gène ARNr 16S a été amplifié par PCR en utilisant les amorces FD1et Rs16).

#### V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats des analyses physicochimiques sont illustrés dans le tableau 01.

Tableau 01: composition chimique (mg/l) des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka

Points de prélèvement	T (°C)	pH	CE	O <sub>2</sub>	Sal	TDS	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>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	F
F8	33,5	7,18	1338	2,99	1	1113	100,2	15,55	221	15,6	329	249	164	38,94	0,485	0,11	0,533	0,35	0,965
F9	22,1	7,01	1347	2,55	0,9	1097	84,16	16,03	205	18,8	265	265	197	43,98	0,466	0,111	0,556	0,435	0,53
F10	16,2	7,22	3220	3,55	1	1155	103	25,2	211	22,7	171	375	193	52,18	0,685	0,108	0,554	0,37	1,355
F15	16	7,12	1460	2,89	0,8	993	96,19	15,55	222	15,6	244	213	144	71,76	0,536	0,11	0,463	0,31	0,655
F16	28,5	7,15	1350	3,69	0,9	1098	96,19	14,09	213	14,1	201	320	182	57,12	0,396	0,117	0,735	0,305	0,935
F17	30,4	7,23	1255	3,61	0,8	933	36,07	20,89	205	22,9	195	265	143	45,44	0,687	0,108	0,455	0,465	0,54
P1	14,5	7,26	2730	3,61	1,4	1467	112	30,61	275	32,7	140	391	397	88,2	0,39	0,12	0,565	0,33	0,59
P2	14,5	7,55	2300	3,18	1,3	1371	120,24	20,41	257	20,4	140	355	398	58,69	0,429	0,12	0,554	0,275	0,675
P3	13,7	7,48	2500	3,12	1,4	1419	114	29,2	261	32,2	165	391	370	55,95	0,477	0,119	0,58	0,265	0,505
P4	15,1	7,44	1735	3,47	1	1172	88,17	24	207	25,7	165	213	395	53,07	0,578	0,088	0,424	0,305	0,67
P5	14	7,5	770	3,6	0,8	966	52,1	12,15	211	21,4	97,5	213	310	47,88	0,473	0,1	0,478	0,285	0,495
P6	15,6	7,33	2370	3,56	1,6	1530	136,27	30,8	273	30,8	85,4	426	465	81,68	0,462	0,087	0,58	0,33	0,615
P7	13,7	7,18	2220	3,45	1,3	1339	172,34	20,41	246	15,2	116	320	406	42,7	0,53	0,092	0,541	0,44	0,77
P8	13,2	7,25	3720	3,72	2,1	1906	248,49	35,47	330	30,5	203	533	460	65,82	0,462	0,096	0,593	0,34	0,715
P9	15,3	7,21	2450	3,62	1,6	1595	152,3	25,27	305	25,3	104	391	547	44,87	0,524	0,089	0,567	0,505	0,415
P10	15,5	7,33	2500	3,44	1,7	1620	160,32	21,38	321	21,4	110	433	494	58,56	0,425	0,088	0,541	0,36	0,57
P11	14,7	7,32	2560	3,6	1,6	1598	140,28	28,67	281	28,7	189	320	539	71,76	0,37	0,09	0,51	0,34	0,41
P12	16,5	7,22	2380	3,19	1,6	1506	140,28	23,81	281	23,8	102	391	477	66,76	0,372	0,094	0,512	0,35	0,56
P13	18,1	7,4	1400	3,13	1,3	1375	132,26	26,24	265	26,3	161	275	431	57,5	0,506	0,129	0,69	0,345	0,88
S1	15,1	7,21	713	3,63	0,3	581	40,08	12,63	103	22,7	85,4	178	97,8	41,3	0,413	0,091	0,437	0,395	0,98

#### A. Chimie des eaux

Les résultats obtenus montrent une minéralisation globale varie entre 581 et 1906 mg/l pour une température oscille de 13,2 à 33,5 °C. Les échantillons analysés sont modérément oxygénés avec un pH varie entre 7,01 et 7,55. La zone d'étude présente généralement une conductivité électrique élevée avec des valeurs varient de 713 à 3720 µs/cm. Cette élévation se concentre surtout dans le centre et la partie Sud de la plaine sous l'effet de la dissolution de l'argile de miocène riche en halite.

Les autres paramètres montrent un changement significatif dû de l'influence des activités agricoles et la lithologie du terrain. Une augmentation significative a été enregistrée dans la concentration de Cl<sup>-</sup> (> 200 mg/l), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (> 250 mg/l), Na<sup>+</sup> (> 200 mg/l) and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (> 50 mg/l).

Les types des eaux sont présentés dans le diagramme de Piper (Fig. 02). Ils sont déterminés à partir de leur composition chimique. Deux types d'eau ont été identifiés dans la plaine. Des eaux riches en chlore, calcium et sulfate forment un type hyper chloruré calcique et un type hyper chloruré sodique.

#### B. Impact de l'agriculture sur les eaux souterraines

Dans cette région, l'absence d'un réseau d'assainissement et l'usage excessif des engrais ont augmenté les concentrations des nitrates qui ont dépassé les normes de l'OMS [6]. Les concentrations des nitrates varient entre 38,94 et 88,2 mg/l. les concentrations de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> varient de 0,37 à 0,68 (norme = 3 mg/l), les concentrations de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> varient de 0,08 à 0,12 mg/l (norme = 0,5 mg/l). Par contre, les concentrations du phosphate oscillent de 0,43 à 0,73 mg/l (norme = 5 mg/l). Pour protéger les eaux souterraines de la contamination par les nitrates, il faut utilisé un traitement et des méthodes de prévention par la réduction d'utilisation des engrais et la création d'une zone protégée autour des puits de

la région d'étude.

### C. L'étude bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques sont illustrés dans le tableau 02. Ces résultats ont montrés que 70% des échantillons analysés sont contaminés. La contamination varie d'une région à une autre avec un maximum de coliformes totaux du 240 CT/100 ml, 54 CF/100 ml pour les coliformes fécaux et 54 SF/100 ml pour les streptocoques fécaux. Ces valeurs dépassent les normes exigées par l'OMS [7]. L'origine de cette contamination fécale est l'excrétion des déchets animaux et humains.

Tableau 02: analyse bactériologique des eaux souterraines de la plaine de Tamlouka

Points de prélèvement	Coliformes		Streptocoques		Clostridium sulfito-réducteurs
	totaux	fécaux	fécaux	fécaux	
F8	-	-	-	-	-
F9	17	4	-	-	-
F10	-	-	-	-	-
F15	8	1	-	-	-
F16	-	-	-	-	-
F17	-	-	-	-	-
P1	35	28	12	-	-
P2	92	14	28	4	-
P3	35	8	13	6	-
P4	160	35	24	10	-
P5	160	17	28	-	-
P6	240	54	5	-	-
P7	160	24	54	3	-
P8	240	35	14	28	-
P9	160	18	9	-	-
P10	240	28	24	-	-
P11	160	5	17	-	-
P12	21	18	7	11	-
P13	54	7	43	-	-
S1	3	1	-	-	-

Pour l'identification biochimique et moléculaire des germes pathogènes, on a pu identifier plusieurs germes parmi lesquels : *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter braaki*, *Citrobacter freundii*, *Escherichia coli* 1, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia liquefaciens*, *Shewanella putrefaciens* et *Bacillus licheniformis* (Fig. 02, 03).



Fig.2 identification biochimique d'Escherichia coli 1.

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
503 bits(272)	4e-139	288/295(98%)	3/295(1%)	Plus/Plus
Query 75	GGGTGAGTAAACACGTGGGTAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGAAACCGGGCC			134
Sbjct 10	GGGTGAGTAAACACGTGGGTAACCTGCCTGTAAGACTGGGATAACTCCGGAAACCGGGCC			69
Query 135	TAATACCGGATGCTTGAATGAACCGCATGGTTCATCAATAAAAGGTGGCTTTTAGCTA-A			193
Sbjct 70	TAATACCGGATGCTTGAATGAACCGCATGGTTCATCAATAAAAGGTGGCTTTTAGCTACC			129
Query 194	ACTTACAGATGGACCCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAGGCGA			253
Sbjct 130	ACTTACAGATGGACCCGGCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCACCAGGCGA			189
Query 254	CGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTATCGGCCACACTGGGACTGACACACGGCC-AGAC			312
Sbjct 190	CGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTATCGGCCACACTGGGACTGACACACGGCCAGAC			249
Query 313	TCCTACGGGAGGCGAGCAGTAAGGAATCTTCCCAATGGACGAAAGTCTGACGGA			367
Sbjct 250	TCCTACGGGAGGCGAGCAGTAGGGAATCTTCCCAATGGACGAAAGTCTGACGGA			303

Fig.3 identification par PCR et Séquençage de Bacillus licheniformis.

## VI. CONCLUSION

Cette étude nous révélée que la qualité bactériologique et physicochimique des eaux souterraines de la commune de Tamlouka est non appréciée.

Du point de vue physico-chimique, quelques paramètres étudiés répondent aux normes de potabilité tel que : Nitrite, ammonium et ortho-phosphate, alors que d'autre paramètres dépassent les normes, tel: la conductivité électrique, la TDS, sulfate, chlorure, calcium, sodium et les nitrates, qui sont souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région. Les fluctuations de ces paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, et surtout la pratique agricole.

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus nous exposent une contamination bactérienne variable. Par ailleurs, les tests d'identification des souches isolées ont permis d'identifier plusieurs souches rapprochées aux différents genres : *Escherichia coli*, *Citrobacter braakii*, *Aeromonas hydrophila*.... La nature des germes isolés et la quantité de microorganismes dénombrés dépassent les normes décrites par l'OMS pour l'eau utilisée en consommation rendant celle-ci impropre à la consommation humaine.

Les causes de cette pollution sont multiples, principalement sont la mauvaise protection des puits et des forages et le non application des mesures d'hygiène élémentaires.

A la lumière de ces résultats, les ressources en eau exploitées de la nappe alluviale de la région de Tamlouka à travers les puits et les forages concernés par notre étude se montrent menacées par la pollution engendrée par le développement urbain et agricole, notamment, les eaux usées

des agglomérations avoisinantes qui ne disposent pas de système d'assainissement, des ordures ménagères, du réseau routier et des activités agricoles.

Pour améliorer la qualité des eaux de puits et des forages nous recommandant de mener une large campagne de sensibilisation et un contrôle permanent des puits et des forages.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Jean-Claude Roux (1995). The evolution of groundwater quality in France: perspectives for enduring use for human consumption. *The Science of the Total Environment* 171 3-16.
- [2] Merzoug D., Khiari A., Aït Boughrou A. et Boutin C. (2010). Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien). *Hydroécol. Appl.* Tome 17, pp. 77–97
- [3] BRICHA S., OUNINE K., Oulkheir S., EL HALOUI N. et ATTARASSI B. (2007). Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). *Afrique SCIENCE* 03(3) (2007) 391 – 404.
- [4] Hemila M, Kowalski W (2002). Synthèse géoélectrique appliquée à la caractérisation des contacts entre nappes de charriage et son apport hydrogéologique dans la Plaine de Tamoulouka « Région de Guelma, Est Algérien ». *Can. Geotech. J.* 39: 725–737
- [5] Rodier J. (2009). *L'Analyse de l'eau*. 9e édition. Dunod. 1526 p.
- [6] WHO (World Health Organization) (2011). *Guidelines for drinking water-quality*. 4th edn. World Health Organization, Geneva
- [7] WHO (World Health Organization) (2004). *Guidelines for drinking water-quality*. Vol. 1. Recommendation, 3rd edn. World Health Organization, Geneva