

INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA QUALITE DES EAUX DOMESTIQUES DE QUELQUES LOCALITES DE LA CUVETTE DE OUARGLA (SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGERIEN)

HAMDI Wassila^{1*}, TOUIL Youcef² et OULD EL HADJ Mohamed Didi³

⁽¹⁾Laboratoire des sciences et environnement, Université Amine Elokkel El hadj Moussa Eg Akhamouk, Tamanghasset 11000, Algérie

⁽²⁾Laboratoire de bio-géochimie des milieux désertiques, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Ouargla 30000, Algérie

⁽³⁾Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Ouargla 30000, Algérie

*E-mail: assila.hamdi@yahoo.com

(Received 2 January 2022 - Accepted 19 May 2022)

Résumé.- Le maintien de la qualité des eaux potables de la sortie de l'usine de traitement jusqu'au robinet du consommateur est une préoccupation majeure des responsables de la distribution des eaux de consommation. La qualité des eaux domestiques de quelques points d'eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, sont étudiées sur quatre campagnes s'étalant, sur les mois de Février, Mars, Avril et Mai 2011. Apparaît que le chlore résiduel libre variant de 0.1 mg/l à 0.6 mg/l, est parfois non conforme aux normes suivant les campagnes, surtout à la 3^{ème}. Les valeurs de pH sont neutres ou légèrement basiques. La température des eaux de la source se situant entre 25°C et 26.7°C, dans le réseau de distribution, elle oscille en fonction des variations climatiques. Elle se situe à 16.4°C en hiver à 28.7°C au printemps. Les paramètres biochimiques qui sont considérée comme des indicateurs de pollution microbiologique, montrent une présence d'ammonium dépassant les normes algériennes à certains points. Les caractéristiques hygiéniques des échantillons d'eau étudiés, révèlent l'existence de germes totaux à 22°C et 37°C dans le réseau de distribution. Mais, il est à noter l'absence de coliformes totaux et fécaux, de streptocoques fécaux et de Clostridium sulfito-réducteurs.

Mots clés: Eau domestique, hygiène, microorganismes, physico-chimique, pollution, Ouargla.

INFLUENCE OF THE ENVIRONMENT ON THE QUALITY OF DOMESTIC WATER OF SOME LOCALITIES OF THE BASIN OF OUARGLA (NORTHERN SAHARA IS ALGERIAN)

Abstract.- The maintenance of the quality of drinking water from the exit of the treatment plant to the consumer's tap is a major concern of those responsible for the distribution of drinking water. The quality of domestic water of some points of domestic water in the basin of Ouargla, are studied over four campaigns spread over the months of February, March, April and May 2011. It appears that the free residual chlorine ranging from 0.1 mg/l to 0.6 mg/l, is sometimes not consistent with the standards following the campaigns, especially the 3rd. The pH values are neutral or slightly basic. The temperature of the spring water is between 25°C and 26.7°C, in the distribution network, it varies according to climatic variations. It ranges from 16.4°C in winter to 28.7°C in spring. The biochemical parameters which are considered as indicators of microbiological pollution, show a presence of ammonium exceeding the Algerian standards at some points. The hygienic characteristics of the water samples studied, reveal the existence of total germs at 22°C and 37°C in the distribution network. But, it is to be noted the absence of total and faecal coliforms, faecal streptococci and Clostridium sulphito-reducers

Key words: Domestic water, hygiene, microorganisms, physicochemical, pollution, Ouargla

Introduction

La population de la ville de Ouargla s'alimente à partir des eaux souterraines, provenant de la couche aquifère généralement exempte de micro-organismes pathogènes [1]. Les eaux souterraines ont pendant longtemps été synonymes d'eau propre. C'est-à-dire répondant naturellement aux normes de potabilité. Cela est malheureusement inexact dans l'absolu [2]. Cependant, la zone de captage est protégée par une réglementation publiée au Journal Officiel de la République Algérienne n° 60 du 30 Rajab 1426 correspond au 4 Septembre 2005. La dégradation de la qualité de l'eau peut survenir à tout moment entre le lieu de production et le robinet de l'utilisateur. Elle peut être liée à une prolifération de micro-organismes naturellement présents dans l'eau, voir à une contamination des réservoirs, des canalisations publiques ou des réseaux intérieurs de distribution des bâtiments [3]. Les précautions doivent être prises pour éviter une contamination secondaire de l'eau dans le réseau de distribution [1].

Face à ce constat, la présente étude porte sur la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla. Sachant que dans la vie des être vivants et pour la consommer l'eau a une grande importance, à cet effet, selon le type d'utilisation, elle doit être caractérisée par certains nombres de paramètres hygiéniques et physico-chimiques.

1.- Méthodologie de travail

1.1.- Principe adopté pour la présente étude

L'eau est une ressource naturelle autour de la quelle se maintient et se développe la vie. L'accroissement de la demande en eau au fil des années a engendré l'augmentation des réseaux d'adduction. Toutefois, les risques de pollution mettent cette source en péril et constituent une menace pour la qualité des eaux domestiques. La présente étude porte sur des analyses de la qualité hygiénique et physico-chimique de l'eau domestique de la cuvette de Ouargla. L'étude recherche à détecter et à proposer d'éventuelles solutions aux sources de contamination du réseau d'adduction. Cette étude est une activité fondamentale de prévention pour garantir une eau de bonne qualité pour le consommateur et préserver la santé publique contre les maladies à transmission hydrique.

1.2.- Présentation de la zone d'étude

La cuvette de Ouargla, est située au Sud-Est du pays, à environ 800 km d'Alger la capitale. Elle s'étend sur environ 30 km de long et 12 à 18 km de large, à une altitude variant de 103 à 150 m. Elle est bordée à l'Ouest par un plateau de 200 à 230 m d'altitude et à l'Est par un plateau à moins de 160 m d'altitude [4,5]. Elle se caractérise par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème [4]. L'eau souterraine constitue la principale source d'eau dans la région de Ouargla. Elle dispose d'un potentiel hydrique très important constitué de trois grands ensembles aquifères qui va du haut vers le bas, donnant ainsi des ressources en eaux souterraines, et des ressources en eaux superficielles [5].

1.3.- Choix des sites de prélèvement

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de

distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les débordements des eaux usées, les fuites répétitives ou mal réparées, etc. Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs. L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du forage exploité (forage Mekhadma 3 [F]), un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage (réservoir du complexe Mekhadma [R]) et des prélèvements au niveau du réseau de distribution. Il s'agit des réseaux de distribution de Mekhadma (Z_1 [$P_{1.1}$, $P_{1.2}$, $P_{1.3}$]), la cité des 460 logements (Z_2 [$P_{2.1}$, $P_{2.2}$, $P_{2.3}$]) et la zone d'activité vers la route de Ghardaïa (Z_3 [$P_{3.1}$, $P_{3.2}$, $P_{3.3}$]), au niveau de trois lieux pour chaque zone.

L'étude s'est étendue sur 4 campagnes d'échantillonnage d'eau d'adduction des différents points choisis, regroupant les mois de Février, de Mars, d'Avril et de Mai 2011. Un total de 132 échantillons d'eau d'adduction, est recueilli, dont 33 par campagne et 12 pour chaque site de prélèvement.

1.4.- Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté [6]. Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans l'eau distillée puis séchés. Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis stérilisés [7]. En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10% [6]. Pour la présente étude, des flacons de 500 ml en verre sont utilisés. Les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C [6].

1.5.- Analyses physico-chimiques

2.5.1.- Dosage du chlore libre

Le dosage chlore libre, la DPD (N, N-Diéthylphénylène-4diamine) sert d'indicateur redox, coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,2 et 6,5. Le chlore réagit instantanément avec la DPD en absence d'ions iodure dans le milieu réactionnel. La coloration développée est ensuite mesurée par un colorimètre de terrain [8].

1.5.2.- Détermination du pH

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH [6].

1.5.3.- Mesure de la température

Pour la détermination de la température, il est utilisé un appareil multiéléments sur site. Elle est déterminée en la plongeant l'électrode dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le

résultat est donné directement en degré Celcius^{°C} [6].

1.6.- Analyses biochimiques

1.6.1.- Dosage de l'azote ammoniacal (NH₄⁺)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium [9].

1.6.2.- Dosage des nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites (NO₂⁻) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après couplation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichlorure donne une coloration rose mesurée à 543 nm [10].

1.6.3.- Dosage des Nitrates (NO₃⁻)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm [11].

1.6.4.- Détermination des phosphates (PO₄³⁻)

La détermination des phosphates (PO₄³⁻) se fait par méthode colorimétrique (spectrophotomètre UV-visible), après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, puis réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm [12].

1.7.- Analyses microbiologiques

1.7.1.- Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22^{°C}) et les micro-organismes mésophiles (37^{°C}). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2^{°C} [8].

1.7.2.- Recherche et dénombrement des coliformes (Colimétrie)

La recherche et le dénombrement des coliformes se fait selon la méthode de filtration sur membrane à 0.45μ en milieu solide [13], nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration, et des plaques de gélose tergitol au chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium (TTC) et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol 7) préalablement préparées. Ces dernières seront incubées avec les filtres des échantillons, couvercle en bas à 36±2^{°C} pendant 21±3 heures voire 44±4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli*.

1.7.3.- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La méthode de recherche se fait selon la méthode de Lebres et Mouffok (2008) [13], qui est la streptométrie par filtration sur membrane. L'échantillon est filtré sur une membrane filtrante de 0.45 μ à travers une rampe de filtration, en utilisant le milieu solide Slanetz et Bartley puis une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA).

1.7.4.- Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs et les spores des ASR

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous formes de résistance appelées spores. Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose viande-foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire [13].

1.8.- Analyse statistique

L'ensemble des résultats obtenus sur les eaux domestiques la cuvette de Ouargla a fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) à l'aide d'un logiciel XLSTAT.

2.- Résultats et discussion

Au vu des résultats de la figure 1, il est remarqué une dominance du chlore résiduel libre dans réservoir R durant la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 4^{ème} campagne. Dans ce réservoir s'effectue le traitement à l'hypochlorite de sodium (NaOCl) à raison de 0.4 mg de chlore libre /l à la 1^{ère} campagne, 0.6 mg de chlore libre /l pour la 2^{ème} campagne, 0.1 mg de chlore libre /l en 3^{ème} campagne, et 0.4 mg de chlore libre /l à la 4^{ème} campagne. Les concentrations chutent dans les réseaux de distribution, pour se stabiliser à 0.3 mg de chlore libre /l pour la 1^{ère} campagne, 0.5 mg de chlore libre /l pour la 2^{ème} campagne, 0.1 mg de chlore libre /l pour la 3^{ème} campagne et 0.2 mg de chlore libre /l pour la 4^{ème} campagne. La diminution émane de la consommation du chlore dans le traitement des micro-organismes et des matières organiques [14]. Une concentration stable en chlore libre dans le réseau, signifie soit qu'il n'y a pas consommation de chlore libre ou bien que le chlore qui réagit avec les matières organiques ou autres éléments, est remplacé par le chlore résiduelle du réseau, la faible consommation du chlore s'avère logique compte tenu de la teneur faible en carbone organique total de l'eau brute [14]. Le chlore résiduel libre de la 3^{ème} campagne, est en deçà des normes algériennes (0.2 mg/l à 0.6 mg/l) [15].

Un effet très hautement significatif du chlore libre sur la qualité des eaux potables distribuées dans la cuvette de Ouargla, est noté car F de Fisher = 76.651 pour Pr < 0.0001 (tab. I).

Tableau I.- Analyse de la variance appliquée au chlore résiduel libre des eaux domestiques (Ddl : degré de liberté ; Pr : probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	5	1.117	0.223	76.651	< 0.0001
Résidus	38	0.111	0.003		
Total	43	1.228			

Les résultats de la figure 2, laissent apparaître une variation de pH. Il est de 7.11 dans le réservoir Mekhadma à la 4^{ème} campagne et 7.95 pour l'échantillon d'eau à P_{1,2} la zone 1 à la 2^{ème} campagne d'analyse. Les eaux domestiques de la présente étude, présente des pH basiques à neutres. Les législations Algériennes et européennes précisent comme niveau guide $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$ [6,14,15].

Le pH révèle un effet non significatif sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla (F de Fisher = 202.748; Pr > 0.05), où la somme des carrés résiduel est nul (tab. II).

Tableau II.- Analyse de la variance appliquée au pH des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	1.703	0.041	202.748	0.056
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	1.703			

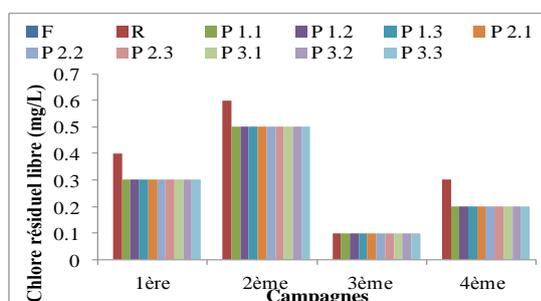


Figure 1.- Chlore résiduel libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

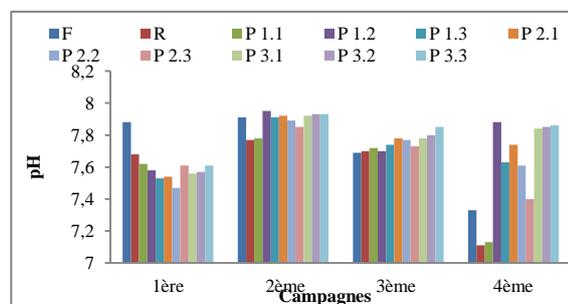


Figure 2.- pH des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

La température mesurée dans le forage F, varie entre 25°C à la 2^{ème} campagne à 26.7°C à la 4^{ème} campagne durant les 4 campagnes (fig. 3). Pour le réservoir R les températures obtenues sont proches de celles du forage F qui vont de 24.6°C à la 1^{ère} campagne à 26.7°C à la 4^{ème} campagne. La faible variation de la température des eaux, montre qu'elles ne séjournent pas longtemps dans le réservoir. Les températures du réseau de distribution, varient entre 16.4°C à P_{2,3} (Z₂) à la 1^{ère} campagne de Février et 28.7°C à P_{1,1} dans Z₁ en Mai. Il est perceptible sur la figure 3, que les températures chutent en s'éloignant de la source durant les périodes froides. Elles s'élèvent ou varient légèrement pendant les mois tempérés; entre les 3^{ème} et 4^{ème} campagnes. La température mesurée dans la source (F) ne révèle pas une grande variation. Elle est équivalente à la température ambiante à la distribution. Elle varie évidemment en fonction de la saison, de la nature géologique et de la profondeur de l'eau (même superficielle ou profonde) [16]. La température de l'eau gouverne la solubilité des gaz, mais aussi celle des sels [2].- ayant des conséquences sur la conductivité [17].- et la prolifération des microorganismes [18].

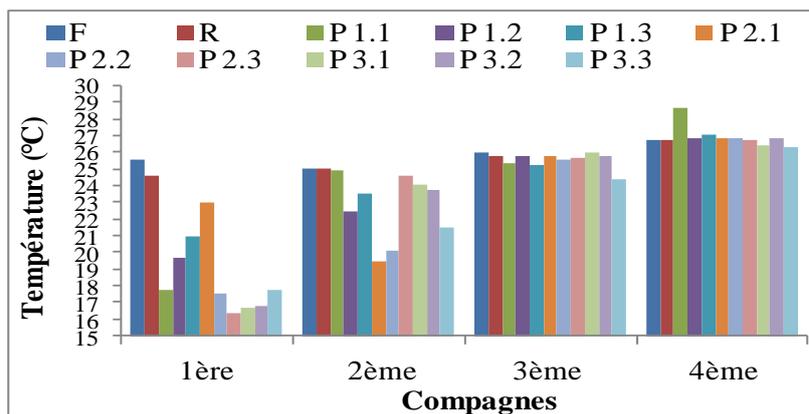


Figure 3.- Différentes température des échantillons d'eau étudiés pour les 4 Compagnes

Le tableau III montre un effet très hautement significatif de la température (F de Fisher = 720.769; Pr < 0.0001), car sa variation saisonnière influe sur la qualité des eaux étudiées dans la cuvette de Ouargla.

Tableau III.- Analyse de la variance appliquée de la température des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	29	487.721	16.818	720.769	< 0.0001
Résidus	14	0.327	0.023		
Total	43	488.047			

Le taux d'ammonium des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, est variable et ne dépasse guère 0.710 mg NH₄⁺/l. C'est le taux maximum obtenu au P_{3,2} à la 2^{ème} campagne (fig. 4). Les normes admissibles sont de 0.5 mg NH₄⁺/l [15,18-21]. La concentration de l'ammonium élevée dans les eaux échantillonnées au niveau du P_{3,2} (Z₃) pour la 2^{ème} campagne, semble un indicateur de pollution microbiologique [6,8]. La présence d'ammonium dans l'eau peut être liée à la réduction des formes azotées (nitrites et nitrates) en conditions réduites [17]. La cinétique de l'eau durant son parcours de sa source de production à la distribution, il est noté une fluctuation tendant, vers une augmentation du taux d'ammonium. Cela laisse supposer l'intrusion d'un agent contaminant. En général l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites puis en nitrates par oxydation. La mise en évidence, dans l'eau de teneurs importantes en ammonium implique une contamination récente par les matières organiques en décomposition. En profondeur, les eaux peuvent se charger d'ions ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou des ions ferreux [6]. Si la chloration est faite d'une manière adéquate, la concentration en ammoniaque (ion ammonium) est nulle [19]. La teneur en matières azotées (NH₄⁺, NO₂⁻) dans l'eau est due à l'oxydation de la matière organique azotée [18].

L'analyse de la variance porté sur le tableau IV montre un effet non significatif de l'ammonium (F de Fisher = 3.108; Pr > 0.05).

Tableau IV.- Analyse de la variance appliquée à l'ammonium des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	1.318	0.035	3.108	0.103
Résidus	5	0.056	0.011		
Total	43	1.374			

Au vu de la figure 5, les échantillons d'eaux domestiques analysés de la cuvette de Ouargla ne renferment pas des nitrites et même s'ils existent, ce sont des taux ne dépassant pas 0.021 mg NO₂⁻/l, enregistré à P_{3,3} (Z₃) à la 3^{ème} campagne. Ils sont toujours absents dans la source d'alimentation. La limite de consommation algérienne est fixée à 0.1 mg NO₂⁻/l [15]. Pour RODIER *et al.* (2005) [6], en l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. Les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (0.01mg NO₂⁻/l). Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante des bactéries (phénomène de la dénitrification) [6,17]. Une eau qui renferme des nitrites, est considéré comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbologique [6]. Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure [20]. S'ils deviennent partie intégrante de l'eau potable, les nitrites peuvent pénétrer dans la circulation sanguine et perturber le transport de l'oxygène (hémoglobine) en transformant l'hémoglobine en méthémoglobine, qui ne transporte pas d'oxygène et n'est pas reconvertie en hémoglobine. En outre, il peut également interférer avec d'autres protéines contenant du fer et toutes ces conditions peuvent entraîner la mort du fœtus par hypoxie [21, 22]. Il n'y a pas de variation pour les nitrites avec un carré moyen résiduel nul (tab. V).

Tableau V.- Analyse de la variance appliquée aux nitrites des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	11	0.001	0.000		
Résidus	32	0.000	0.000		
Total	43	0.001			

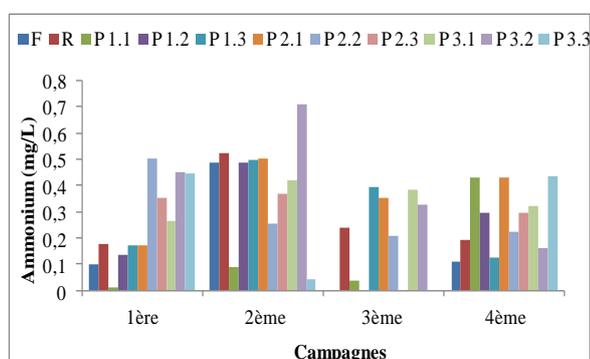


Figure 4.- Taux d'ammonium des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

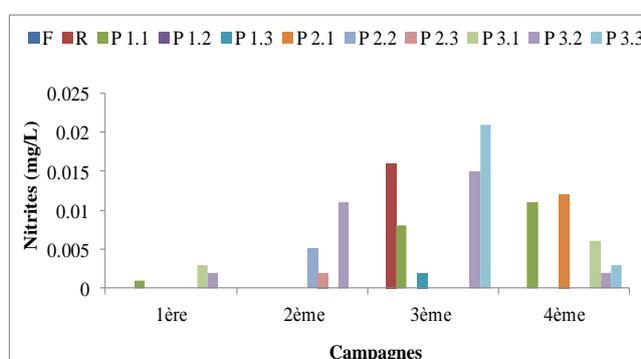


Figure 5.- Taux de nitrites des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

Dans les échantillons d’eau d’adduction de la présente étude, le taux de nitrate est variable dans les trois premières campagnes. Bien que les nitrates soient absents dans certaines eaux, le taux est de 0.13 mg NO₃⁻/l dans l’échantillon au niveau du P_{3,2} (Z₃) à la 3^{ème} campagne (fig. 6). Comparées, aux limites de potabilité algériennes fixée à 50 mg NO₃⁻/l [15], cette valeur semble faible. Pour la quatrième campagne les taux de nitrates, sont appréciables par rapport aux 3 autres campagnes. Ils vont de 3.9 mg NO₃⁻/l dans le réservoir R à 7.6 mg NO₃⁻/l dans l’échantillon d’eau de P_{2,3} (Z₂). Ces valeurs particulières peuvent être dues à une ancienne pollution, avec une transformation de l’ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face à un traitement réduit et une élévation de la température. Dans les eaux naturelles non polluées; le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l’origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 ou 3 mg/l, peut être considérée comme normale [6]. Les nitrates pourraient provenir d’une pollution d’origine humaine [23]. Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important telle que la méthémoglobinémie [24]. Des rapports révèlent que les composés contenant de grandes quantités d’azote dans les masses d’eau peuvent conduire à la formation de composés cancérigènes comme les nitrosamines et les nitrosamides, qui sont nocifs pour les organismes vivants [22,25].

L’analyse de la variance (tab. VI) montre un effet non significatif des nitrates (F de Fisher = 2.360; Pr > 0.05), sur la qualité des eaux distribuées.

Tableau VI.- Analyse de la variance appliquée aux nitrates des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	278.993	7.342	2.360	0.171
Résidus	5	15.557	3.111		
Total	43	294.550			

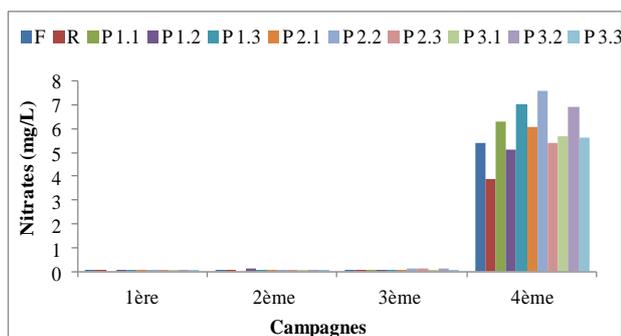


Figure 6.- Taux de nitrates des échantillons d’eau étudiés pour les 4 campagnes

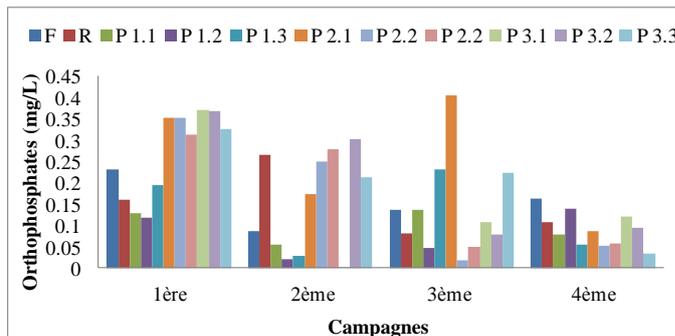


Figure 7.- Taux de l’orthophosphates des échantillons d’eau étudiés pour les 4 campagnes

Sur la figure 7, le taux de l’orthophosphate va de 0.01 mg de PO₄³⁻/l à P_{3,1} (Z₃) à la 2^{ème} campagne, à 0.404 mg de PO₄³⁻/l dans P_{2,1} (Z₂) à la 3^{ème} campagne. Les normes algériennes fixent le taux de l’orthophosphate dans les eaux d’adduction à 0.5 mg de PO₄³⁻/l [15]. Il peut être suspecté une contamination dans certains points des trois premières campagnes. Il apparaît que le taux évolue en éloignant de la source d’alimentation surtout à la 1^{ère} campagne, dans la majorité des échantillons d’eau de Z₂ (P_{2,1}, P_{2,2} et P_{2,3}) et Z₃ (P_{3,1}, P_{3,2} et P_{3,3}). Pour la 3^{ème} campagne l’augmentation du taux d’orthophosphate dans le réseau est signalée, à P_{1,3} (Z₁), dans P_{2,1} (Z₂) et P_{3,3} (Z₃). Les phosphates font partie des anions

facilement fixés par le sol. Leurs présences dans les eaux naturelles, sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique [17]. Il n'y a pas de variation pour les orthophosphates où le carré moyen résiduel est nul (tab. VII).

Tableau VII.- Analyse de la variance appliquée à l'orthophosphate des eaux domestiques pour les 4 campagnes (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	0.556	0.013		
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	0.556			

Dans la plupart des échantillons recueillis, il est noté l'absence de bactéries recherchées, sauf dans quelques rares cas (tab. VIII).

La présence de germes totaux s'est révélée à la 3^{ème} campagne dans des échantillons d'eau. Au cours de cette campagne le taux de germes totaux à P_{1,3} (Z₁), est de 160 UFC/ml à 22°C et 160 UFC/ml à 37°C. En seconde position arrive P_{3,1} (Z₃) avec un taux de 104 UFC/ml à 22°C et 48 UFC/ml à 37°C, puis P_{2,1} (Z₂) avec un taux de 26 UFC/ml à 37°C. Les germes totaux, pour la 4^{ème} campagne, sont notés à un taux >300 UFC/ml à 22°C seulement au niveau du P_{3,3} (tab. I). Les réglementations algériennes précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inférieure ou égale à 10 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C [15].

Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. La présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau [26]. Les microorganismes qui se développent à 20°C, sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau. Celles qui se développent à 37°C, température du corps humain, proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud [8,27]. Cette distinction n'est pas très rigoureuse car de nombreux germes, considérés généralement comme saprophytes, sont capables de se développer à 37°C et au-delà comme des *Bacillus*, des *Pseudomonas*, des *Aeromonas*, des *Staphylococcus*, etc. [8]. Typiquement, les bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives sont constituées des germes du genre comme *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia* et *Xanthomonas* [26].

Au niveau du forage F, il y a absence de germes. Cela semble confirmer la protection de la source. Au vu de la consommation notable dans les zones Z₁, Z₂ et Z₃, celle-ci qui ne donne pas l'occasion au phénomène de stagnation dans le réservoir R, qui peut entraîner une augmentation spectaculaire de bactéries totales, en particulier, lorsque le résiduel de chlore libre disparaît de l'eau stockée [8,28,29].

Un réseau de distribution n'est malheureusement pas un simple outil de transport de l'eau potable [30,31]. Il se comporte comme un réacteur biologique dans lequel toutes les conditions sont réunies [32,33]. La présence des germes totaux à P_{1,3}, à P_{3,1} et P_{2,1}, indique une défaillance dans le traitement à la 3^{ème} campagne avec un taux de chlore résiduel ≤ 0.1

mg chlore libre/l. Le maintien d'un désinfectant résiduel est nécessaire pour prévenir la qualité de l'eau contre la détérioration, et le taux de désinfectant nécessaire pour le contrôle de l'activité microbienne, peut dépendre de l'instabilité biologique microbienne. De même les conditions locales (composition de l'eau, le volume du réseau de distribution, la température de l'eau), ont aussi une grande influence [29,34,35].

Il est admissible qu'il y a une pollution non spécifiée dans le réseau. Car l'eau sortant de la station de traitement qui est le réservoir R, est de bonne qualité bactériologique d'où l'absence de genres (bactérie) pendant les 4 campagnes d'analyse. Une augmentation de la concentration bactérienne en aval de la station de pompage (F) ou de traitement (R), peut être interprétée soit comme une multiplication interne de bactéries existant à l'entrée du réseau, soit comme une intrusion de l'extérieur dans celles-ci, au niveau des réservoirs ou des canalisations. Le développement d'un biofilm sur la paroi des canalisations est un phénomène inévitable. DJELLOULI et TALEB (2005) [36,37], notent que l'entartrage des conduites d'eau, est la cause de la qualité d'eau dure, comme les eaux distribuées dans la cuvette de Ouargla. Il est un support favorable à la réception et à la prolifération des micro-organismes pathogènes. Ces derniers peuvent être la cause de maladies d'origine hydrique pouvant conduire à des épidémies. En milieu entartrant, l'action des désinfectants peut être inefficace, car les micro-organismes peuvent être protégés par les dépôts présents [36,37]. LAMACHE *et al.* (2020) [38], ont confirmé l'inefficacité de désinfection en présence de biofilms bactériens dans les conduites de distribution d'eau potable en PVC et en PEHD et cela semble défavorable pour les tuyaux en cuivre.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des germes totaux à 22°C (tab. IX) (F de Fisher=7.310; 0.001<Pr < 0.01), et un effet très hautement significatif des germes totaux à 37°C (tab. 26) (F de Fisher = 228.652; Pr < 0.0001) sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla. La qualité hygiénique est sensiblement influencée par la présence de germes totaux.

Tableau IX.- Analyse de la variance appliquée aux germes totaux à 22°C et à 37°C sur la qualité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Germes totaux à 22°C	Modèle	2	31329.403	15664.701	7.310	0.002
	Résidus	41	87857.143	2142.857		
	Total	43	119186.545			
Germes totaux à 37°C	Modèle	2	25086.403	12543.201	228.652	< 0.0001
	Résidus	41	2249.143	54.857		
	Total	43	27335.545			

Il est à signaler une absence de coliformes totaux au niveau du forage F, le réservoir R, la zone Z₁, la zone Z₂ et la zone Z₃ (tab. X). La probabilité d'une contamination fécale dans la source d'alimentation (F), dans le réservoir R et pendant le transport jusqu'au consommateur, est à écartée. Les normes algériennes exigent l'absence de coliformes totaux, sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais dans des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inférieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux non traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution [15]. Les principaux genres inclus dans le groupe des coliformes totaux sont *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Serratia*

et *Citrobacter* [39]. Mais les données taxonomiques modernes (hybridation ADN/ARN) montrent que ce nombre est en réalité beaucoup plus élevé [8]. Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale [39].

Les coliformes fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés dans la cuvette de Ouargla, du point de captage (F), de la production (R) et de la distribution jusqu'au robinet du consommateur (tab. X). Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation [15]. Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. La présence de coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. *E. coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'homme et des animaux [8,6]. L'OMS (2004, 2022) [40,41], à énoncé que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente. Ils sont sensibles au traitement de désinfection et ce micro-organisme doit être totalement absent de l'eau de boisson. La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles et le virus de Norwalk. Leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et leur densité, est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales [42]. La fièvre typhoïde et la dysenterie sont les principales maladies à transmission hydrique noté en Algérie ces dernières années [43].

Les résultats des analyses des eaux recueillis durant les 4 campagnes dans quelques localités de la cuvette de Ouargla (tab. X), montre l'absence de germes du genre Streptocoques fécaux. La réglementation algérienne impose l'absence de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevés [15]. La présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation [8,6]. Par exemple, les espèces *E. casseliflavus* et *E. mundtii*, sont communément rencontrées sur les végétaux et dans les sols incultes [8,28]. Leur présence serait le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants [28], qui est plus importante, probablement du fait de leur mode de groupement en chainettes. Ils sont comparables à celles des entérovirus. Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente [27,31,32]. ZMIROU *et al.* (1987) [44], ont mis en évidence un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml).

La recherche des spores de bactéries Anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR) et les Clostridium Sulfite-Réducteurs, laisse apparaître que les échantillons d'eau étudiées pour les 4 campagnes, ne présentent pas de micro-organismes anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR). Ils sont totalement absents (tab. X). Les normes algériennes tolèrent 1 spore d'anaérobie Sulfite-Réducteur (ASR) dans 20 ml d'échantillon analysée [15]. Les spores de Clostridium Sulfite-Réducteurs renferment une grande variété de Clostridium comme *C. perfringens*, *C. sporogenes*, *C. fallax*, *C. septicum*, *C. bifermentans*, *C. roseum*, etc. [8], qui sont largement répandues dans l'environnement. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très

spécifique [8,6].

D'après VAN DER KOOIJ (2003) [34], l'absence des indicateurs de pollution ne garantit pas toujours la bonne qualité hygiénique. La méthode de recherche d'indicateurs, présente des limites, ce qui nécessite l'utilisation et le développement des méthodes de biologie moléculaire pour créer des méthodes spécifiques et rapides à la détection d'une large variété de bactéries, virus, et parasites (séquençage) [34]. Au niveau des examens bactériologiques, il faut noter que la présence de microorganisme d'origine et d'appartenance taxonomique très variées n'entraîne pas obligatoirement la manifestation clinique de maladies redoutées. Comme pour les substances chimiques, intervient la notion de dose. De nombreuses expériences ont montré qu'il faut en général absorber un grand nombre de microorganismes pour que la maladie se manifeste, mais il n'a pas été possible d'établir une dose minimale infectante précise [8].

Conclusion

Les échantillons d'eau prélevés au niveau de 11 points, allant de la source à la consommation, révèlent que, les taux de chlore allant de la station de traitement (R) au robinet des consommateurs, varient entre 0.6 mg/l et 0.1 mg/l, voir même parfois à l'état de traces dans certains cas. Le pH est proche de la neutralité avec un caractère alcalin bicarbonaté. Les eaux de la source du forage F, sont thermiquement stables, mais subissent des variations dans le réservoir R et le réseau de distribution pouvant atteindre 16.4°C durant les périodes hivernales et 28.7°C durant les périodes tempérées. L'ammonium est absent ou négligeable. Il semble au cours de la présente étude que les paramètres biochimiques indiquent une certaine susception de contamination. Les analyses microbiologiques, laissent remarquer la présence de germes totaux à P_{1,3}, à P_{3,1}, à P_{2,1} au cours de la 3^{ème} campagne, et aussi au P_{3,3} en 4^{ème} campagne. La présence de germes totaux peut émaner, soit de l'insuffisance ou inefficacité du traitement, soit d'une contamination du réseau de distribution par le biofilm existant, soit au vu de l'hydraulique instable du réseau de distribution par intrusion de l'extérieur. La nature et l'origine des eaux, les variations saisonnières du milieu saharien et l'hydraulique du réseau de distribution, influent sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla.

Références bibliographiques

- [1].- Nezli I. E., Djabri L. et Djidel M., 2010.- Origines et spéciation du fluor dans les eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara Septentrional Algérien). *Annales des Sciences et Technologie*, 2 (2): 135-142.
- [2].- Boeglin J. C., 2000.- *Contrôle des eaux douces et de consommation humaine*. Ed. Techniques de l'ingénieur, 24 p.
- [3].- Squinazi F., 2004.- *Biofilm et matériaux des canalisations des réseaux de distribution d'eau*. Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, 52 p.
- [4].- DPAT, 2006.- *Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla*. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, Pp 8-12.
- [5].- Rouvilloi-Brigol M., 1975.- *Le pays de Ouargla (Sahara Algérien), valorisation et organisation d'un espace rural en milieu désertique*. Département de géographie de l'université de paris-Sorbonne, Paris, Pp 3-208.

- [6].- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 2005.- L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, 8^{ème} édition, Paris, 1384 p.
- [7].- Larpent J. P., 1997.- Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- [8].- Figarella J. et Leyral G., 2002.- Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.
- [9].- ISO, 1990.- Qualité de l'eau, Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.
- [10].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [11].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.
- [12].- ISO, 1994.- Qualité de l'eau, Dosage du phosphore. Dosage par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.
- [13].- Lebres E. A. et Mouffok F., 2008.- Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, 53 p.
- [14].- Guergazi S. et Achour S., 2011.- Effet de la désinfection par le chlore sur la pollution des eaux de surface de la région de Biskra. Larhyss Journal, 09: 131-138.
- [15].- JORADP, 2000.- Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne démocratique N°51, 20 août 2000, Alger, 4 p.
- [16].- GHEID S., BAHROUN S., BENABDALLAH A. et GHEID A., 2021.- Evaluation of Mexa dam water quality in El Tarf region (extreme north-east Algeria). Food and Environment Safety, XX (3): 262 – 273
- [17].- Dimane F., Haboubi K., Hanafi I. et El Himri A., 2017.- Impact Des Facteurs De Pollution Sur La Qualité Des Eaux De La Zone Aval De La Vallée De L'oued Nekor (Al-Hoceima, Maroc). European Scientific Journal,13(3): 1857 – 7881.
- [18].- Bengarnia B., Henni J. E., Al Aboudi A. K. et Kihal M., 2008.- Evaluation de la Qualité Sanitaire des Eaux Brutes de Consommation : cas de la Ville de Béni-Abbès du Sud Ouest Algérien. Géographie et Aménagement Bulletin de l' A.G.A.T, 13, 67 p.
- [19].- Guergazi S. et Achour S., 2005.- Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra, pratique de la chloration. Larhyss Journal, Pp 119-127.

- [20].- Rodier J., Legube B. et Merlet N., 2016.- L'analyse de l'eau, contrôle et interprétation. 10^{ème} édition. Ed. Dunod, Paris, 1297 p.
- [21].- Fan A.M., Willhite C.C. et Book S.A., 1987.- Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicity. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 7: 135–148.
- [22].- Umer Y., Shahid I., Asif S., Munawar I., Arif N., Sajida N., Karamat M. et Numrah N., 2017.- Fertilizer industrial effluents: Physico-chemical characterization and water quality parameters evaluation. *Acta Ecologica Sinica* 37: 236–239.
- [23].- Amadou H., Laouali M.S. et Manzola A.S., 2014.- Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de Tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées. *Larhyss Journal*, 20: 25-41.
- [24].- Benamar N., Mouadhih N. et Benamar A., 2011.- Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.
- [25].- Fernandez-Nava Y., Maranon E., Soons J. et Castrillon L., 2008.- Denitrification of wastewater containing high nitrate and calcium concentrations. *Bioresour. Technol.* 99 (17): 7976–7981.
- [26].- Levallois P., 2003.- Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- [27].- Larpent J. P., 1997.- Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- [28].- Haslay C. et Leclerc H., 1993.- Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, Pp 70-72.
- [29].- Soro G., Soro T. D., Fossou N. M. R., Adjiri O. A. et Soro N., 2019.- Application des méthodes statistiques multivariées à l'étude hydrochimique des eaux souterraines de la région des lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(3): 1870-1889.
- [30].- Celerier J. L., Faby J. A., 1998.- La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE, Office International de l'Eau SNIDE, Paris, 98 p.
- [31].- Gauthier F., 2002.- Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution. Mémoire de DESS, Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie, Amiens, 69 p.
- [32].- Levi Y., 1995.- Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable. Ed. Technique Science et Méthode, 3 : 240-245.

- [33].- Sibille I., 1998.- Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. *Année biologique*, 78: 117-161.
- [34].- Van Der Kooij D., 2003.- Heterotrophic Plate Count and Drinking water safety. Ed. World Health Organization, IWA Publishing, London, Pp 117-161.
- [35].- Akoteyon I. S., 2013.- Characterization of groundwater hydrochemistry and quality assessment in Eti-Osa, Lagos-Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 6(2): 201-214.
- [36].- Djellouli H. M., Taleb S., 2005.- Qualité chimique et bactériologique des eaux de consommation du Sud Algérien. Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS), 12 et 13 décembre 2005, Ouargla, Algérie, 26 p.
- [37].- Paquin J. L., Block J. C., Haudidier K., Hartemann P., Colin F., Miazga J. et Levi Y., 1992.- Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau. *Revue des sciences de l'eau*, 5 (3): 399-414,
- [38].- Lamache A., Doghri I., Jacques M. et Boudjenah-Haroun S., 2020.- Etude des biofilms bactériens isolés à partir du système de distribution d'eau potable dans la région sud-est de l'Algérie. *Revue des Sciences de l'Eau* 32(4): 447-461
- [39].- Chevalier P., 2003a.- Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
- [40].- OMS, 2000.- Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 1050 p.
- [41].- OMS, 2022.- Elaboration de réglementations et normes pour la qualité de l'eau de boisson, Orientations générales avec un accent particulier sur les pays dotés de ressources limitées. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 68 p.
- [42].- Chevalier P., 2003b.- Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
- [43].- Kherifi W. et Bekiri F., 2017.- Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)*, 14:74-83.
- [44].- Zmirou D., Kelley J. P., Collin J. F., Charrel M., Berlin J., 1987.- A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*, 77: 582-584.

Tableau X.- Quelques caractéristiques hygiéniques des eaux d'adduction de la cuvette de Ouargla pour les 4 compagnes

	Localité		Germes totaux 22°C UFC/ml	Germes totaux 37°C UFC/ml	Coliformes totaux UFC/100 ml	Coliformes fécaux UFC/100 ml	Streptocoques fécaux UFC/100 ml	Clostridium sulfito- réducteurs spores/20 ml
1 ^{ère} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 2	P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
P _{3.3}		00	00	00	00	00	00	
2 ^{ème} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 2	P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00
	Zone 3	P _{3.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00
P _{3.3}		00	00	00	00	00	00	
3 ^{ème} campagne	Forage	F	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
	Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.2}	00	00	00	00	00	00
		P _{1.3}	160	160	00	00	00	00

	Zone 2	P _{2.1}	00	26	00	00	00	00	
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00	
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00	
	Zone 3	P _{3.1}	104	48	00	00	00	00	
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00	
		P _{3.3}	00	00	00	00	00	00	
	4 ^{ème} compagnie	Forage	F	00	00	00	00	00	00
		Réservoir	R	00	00	00	00	00	00
		Zone 1	P _{1.1}	00	00	00	00	00	00
P _{1.2}			00	00	00	00	00	00	
P _{1.3}			00	00	00	00	00	00	
Zone 2		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00	
		P _{2.1}	00	00	00	00	00	00	
		P _{2.3}	00	00	00	00	00	00	
Zone 3		P _{3.1}	00	00	00	00	00	00	
		P _{3.2}	00	00	00	00	00	00	
	P _{3.3}	>300	00	00	00	00	00		