

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressources Hydrauliques

Thème :

**Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique
de l'eau de robinet cas de la commune de Kouba.**

Présenté par :

SADOUDI Imane

et

BOUHENNI Amina

Devant le jury composé de :

M.BOUIKNI.A

MCA, U. de Blida

Président

M.EDDOUAOUDA.K .

MCB, U. de Blida

Examineur

M.HADDAD.A

MCB, U. de Blida

Examineur

M. BENSALIA.DJ

MCB, U. de Blida

Promoteur

Promotion 2018/2019

DEDICACE

À tous ceux qui, à un titre ou un autre par leurs affections leurs encouragements et leurs patiences nous ont aidé à terminer ce travail

à.

Nos chers parents

Nos frères et sœurs

Et à nos familles

Ainsi que notre encadreur Mr. Bensafia. dj

Nos professeurs et notre promotion 2019

Imane

&

Amina

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions ALLAH, tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés et terminer ce modeste travail.

Cette étude a été réalisée en étroite collaboration avec les deux Monsieur BENSAFIA. D et MEKHATRI. A. Nous tenons à les remercier vivement pour la confiance qu'ils nous ont témoignée, pour leur disponibilité ainsi pour leur précieux conseils qui nous ont permis de mener à bien ce travail. . Nos sincères reconnaissances vont à nos familles et surtout les parents qui nous ont soutenus.

Nos vifs remerciements vont aussi à l'équipe de la SEEAL, les différents laboratoires où nous avons effectué les analyses. Nous remercions vivement tous les responsables et leurs équipes respectives pour leurs disponibilités et leurs contributions à la réalisation de ce travail.

Nous ne pourrions pas terminer sans remercier tous les enseignants de notre Département des Sciences de l'Eau et Environnement qui ont participé à notre formation tout au long de notre parcours universitaire, ainsi, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qu'ont contribués de près ou de loin à la réalisation de cette humble étude.

ملخص

تهدف هذه الدراسة أساسا إلى تقييم نوعية المياه الفيزيوكيماوية و البكتيريولوجية لمياه الشرب على مستوى بلدية القبة- ولاية الجزائر- مع الأخذ بعين الاعتبار تآكل القنوات الناتجة عن نوعية المياه. بناء على ذلك فإنه تم أخذ عينات مياه خام و أخرى معالجة. نتائج التحاليل الفيزيوكيماوية أثبتت أن هذه المياه لا تشكل أي خطر على صحة الانسان ، بينما النتائج البكتيريولوجية أثبتت وجود بعض البكتيريا (22% منها غير موافقة للمعايير الدولية) مما يحول دون استعمالها قبل إجراء تحاليل أخرى تكميلية. في المقابل، أثبتت مؤشرات Langelier و Larson أن هذه المياه لها تأثير على قنوات المياه المستعملة.

كلمات مفاتيح: تقييم، نوعية فيزيوكيماوية، نوعية بكتيريولوجية تآكل، بلدية القبة .

Résumé

La présente étude s'est consacrée à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation au niveau de la commune de Kouba wilaya d'Alger, en tenant compte des problèmes liés à la distribution de l'eau, à savoir, la corrosion des conduites. Pour atteindre cet objectif, des prélèvements d'eau ont été menés, au niveau des différents points d'eau à savoir : les eaux brutes, les usines de production ainsi que les lieux de stockage de l'eau. Les résultats obtenus au cours de cette étude indiquent que la qualité physico-chimique de l'eau sur l'ensemble des échantillons analysés est conforme aux normes de potabilité. Par contre, sur le plan microbiologique, la recherche et le dénombrement des bactéries ont révélé un taux de 22% de non-conformité d'où ces eaux ne peuvent être consommées qu'après une confirmation pour affirmer les résultats obtenus. Sur le plan d'agressivité et de corrosivité des matériaux en contact avec l'eau, les indices de Langelier et de Larson, il en ressort que l'eau produite par la station d'El-Hamma présente des caractéristiques de corrosivité et d'agressivité importante, quand aux eaux distribuées par le SPIK et le champs captant de Baraki, elles ont un potentiel d'entartrage et de corrosivité important.

Mots clés : évaluation, qualité physico-chimique, qualité bactériologique, corrosion, commune de Kouba.

Abstract

This study aims to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of water at the municipality of kouba, taking into consideration the problems related to the distribution of water namely the corrosion of pipes. to achieve this objective, water samples were taken at different water points such as: raw water, production plants as well as water storage places, The results obtained during this study indicate that the physicochemical quality of water on the samples analysed is in compliance with the standards, on the other hand ,at a microbiological level, the search and enumeration of bacteria revealed a rate of 22% of non-conformity from which these waters can only be consumed after a confirmation to affirm the results obtained. in terms of aggressiveness and corrosion of the materials in contact with water, the Langelier and Larson indication show that the water produced by El-Hamma station has corrosion and significant aggression, when water distributed by the SPIK and the field capturing Baraki, they a significant potential for scaling and corrosion.

Keywords: evaluation, quality physicochemical, quality bacteriological, corrosion, municipality of Kouba.

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable

AHA : Les acides haloacétiques

ASR : germe anaérobie sulfito-réducteur

B.E.A : gélose bile esculine azide

CCA : gélose chromogène pour bactéries coliformes

CEP : certificat de conformité à la pharmacopée européenne.

DPD : N, N-diéthylphénylène-1.4 diamine

E. Coli : Escherichia coli

LR : Indice de Larson

LSI : Indice de Langelier

NTU : unité Néphélométrique de Turbidité

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : gélose glucosée à l'extrait de levure

PE : polymérisation de l'éthylène

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PEX(PER) : polyéthylène réticulé

pHs : Potentiel d'Hydrogène de saturation

PVC : Poly Vinyle Chlorite

SEEAL : Société des Eaux et d'Assainissement d'Alger

SPC : Sous-produit de chloration

SPIK : Système de production Isser kdarra

TAC : Taux alcalimétrique complet

THM : Trihalométhane

UCV : Unité de Couleur Vraie

UFC : unités formants colonies

VF : gélose Viande-Foie

μS/cm : micro siemens par centimètre

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau.1. 1. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences | 17 |
| Tableau.1. 2. Echelle d'évaluation du risque de corrosion des éléments métalliques..... | 20 |
| Tableau.1. 3. Echelle d'évaluation du risque de dégradation | 21 |
| Tableau.1. 4. Revêtements associés à un relargage de substances organiques utilisables par les microorganismes (croissance bactérienne observée en exploitation ou en laboratoire) (SCHOENEN – 1989)..... | 22 |
| Tableau.1. 5. Normes d'interprétation physico-chimiques..... | 24 |
| Tableau.1. 6. Normes d'interprétation microbiologiques..... | 24 |
| Tableau.2. 1. Répartition des sorties en fonction de période de prélèvement | 31 |
| Tableau.2. 2. Méthodes d'analyse bactériologiques..... | 41 |
| Tableau.3. 1. Résultats d'Analyse du chlore résiduel (2015-2018) | 50 |
| Tableau.3. 2. Résultats d'Analyse du chlore résiduel 2019..... | 51 |
| Tableau.3. 3. Résultats des analyses bactériologiques des eaux des points étudiés | 51 |
| Tableau.3. 4. Concentrations des germes de bactéries isolées dans les échantillons d'eau analysés..... | 52 |
| Tableau.3. 5. Résultats des analyses bactériologiques 2019..... | 55 |
| Tableau.3. 6. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (de 2012 à 2017) | 57 |
| Tableau.3. 7. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (2018)..... | 57 |
| Tableau.3. 8. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (2019)..... | 58 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Fig.1. 1. Schéma de traitement des eaux de surface..... | 2 |
| Fig.1. 2. Schéma de traitement de l'eau souterraine de la ville de Trois-Rivières..... | 3 |
| Fig.1. 3. Schéma général d'une installation de dessalement..... | 4 |
| Fig.1. 4. Schéma de la station de traitement de Koudiat Medaouar. (Batna2016.)..... | 5 |
| Fig.1. 5. Origine des différentes pollutions rencontrées dans l'eau..... | 15 |
| Fig.1. 6. Images en microscopie laser d'un acier montrant différents stades de développement de biofilm (solution anti-tarte, 2019)..... | 19 |
| Fig.1. 7. Microstructure Acier Galvanisé (SEAAL)..... | 19 |
| Fig.1. 8. Phénomènes d'entartrage..... | 21 |
| Fig.2. 1. Situation géographique de la commune de Kouba (SEAAL, 2019)..... | 26 |
| Fig.2. 2. Plan de situation de l'étage 117 (SEAAL, 2012)..... | 28 |
| Fig.2. 3. Plan de situation de l'étage 158 (SEAAL, 2012)..... | 29 |
| Fig.2. 4. Carte de prélèvement des échantillons d'eau | 30 |
| Fig.2. 5. Turbidimètre..... | 31 |
| Fig.2. 6. Multiparamètres..... | 32 |
| Fig.2. 7. L'Automate METHROM..... | 33 |
| Fig.2. 8. Spectrophotomètre..... | 34 |
| Fig.2. 9. Appareil de mesure de Nitrate..... | 35 |
| Fig.2. 10. Méthode de Mohr | 36 |
| Fig.2. 11. ICP-OES..... | 36 |
| Fig.2. 12. Photomètre..... | 37 |
| Fig.2. 13. Système de filtration sur membrane..... | 38 |
| Fig.3. 1. Variation spatiale des valeurs moyennes de pH et de la conductivité..... | 44 |
| Fig.3. 2. Variation spatiale des valeurs moyennes de la turbidité et de l'O2 dissous..... | 45 |
| Fig.3. 3. Variation spatiale des valeurs moyennes de la température et des nitrates..... | 46 |
| Fig.3. 4. Variation spatiale des valeurs moyennes du calcium et du magnésium..... | 47 |
| Fig.3. 5. Variation spatiale des valeurs moyennes de chlorures et des sulfates..... | 48 |
| Fig.3. 6. Variation spatiale des valeurs moyennes de sodium et du potassium..... | 48 |
| Fig.3. 7. Variation spatiale des valeurs moyennes de TAC..... | 49 |
| Fig.3. 8. Variation spatiale des valeurs moyennes de pH et conductivité..... | 53 |
| Fig.3. 9. Variation spatiale des valeurs moyennes d'O2 dissous et Turbidité..... | 53 |
| Fig.3. 10. Variation spatiale des valeurs moyennes de température et Nitrates..... | 54 |
| Fig.3. 11. Variation spatiale des valeurs moyennes de chlorures et sulfates..... | 55 |

Table des Matières

Dédicace

Remerciements

Résumé

Listes abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction Générale | 1 |
| Chapitre 1 : Généralité sur les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux | |
| 1.1. Introduction..... | 2 |
| 1.2. Les différents types d'eau..... | 2 |
| 1.2.1. Eaux de surface..... | 2 |
| 1.2.2. Eaux souterraines..... | 3 |
| 1.2.3. Eaux de mer..... | 3 |
| 1.2.4. Eaux destinées à la consommation humaine..... | 4 |
| 1.3. Paramètres de qualités des eaux potables | 5 |
| 1.4. Facteurs de dégradation de la qualité de l'eau..... | 6 |
| 1.4.1. Facteurs physico-chimiques | 6 |
| 1.4.2. Paramètres organoleptiques | 10 |
| 1.4.3. Facteurs microbiologiques | 10 |
| 1.5. La pollution des eaux | 12 |
| 1.6. Les principaux organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux | 15 |
| 1.7. Les maladies à transmissions hydrique (MTH) | 16 |
| 1.8. Les facteurs favorisant le développement algal | 16 |

| | |
|--|----|
| 1.9. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau..... | 17 |
| 1.10. Formation du biofilm et caractéristique | 18 |
| 1.11. Influence des phénomènes de corrosion | 19 |
| 1.12. Indice de Larson | 20 |
| 1.13. Influence des phénomènes d'entartrage sur la qualité de l'eau | 20 |
| 1.14. Indice de Langelier | 21 |
| 1.15. Qualités des matériaux en contact avec l'eau potable..... | 21 |
| 1.16. Exemples de matériaux utilisés en réseau | 22 |
| 1.17. Désinfection de l'eau | 23 |
| 1.18. Normes d'interprétation | 23 |
| 1.19. Conclusion | 25 |

Chapitre 2 : matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 2.1. Introduction..... | 26 |
| 2.2. Présentation de la zone d'étude..... | 26 |
| 2.3. Système d'adduction | 27 |
| 2.4. Système de distribution | 28 |
| 2.5. Prélèvement, transport et conservation des échantillons | 29 |
| 2.6. Périodicité d'échantillonnage..... | 30 |
| 2.7. Méthodes d'analyses | 31 |
| 2.7.1. Détermination de mesure des paramètres physico-chimiques | 31 |
| 2.7.2. Analyse des paramètres bactériologiques..... | 37 |
| 2.8. Conclusion | 42 |

Chapitre3 : Résultats et discussion

| | |
|--|-----------|
| 3.1. Introduction | 43 |
| 3.2. Exploitation des données historiques..... | 43 |
| 3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique des points d'eau analysés | 43 |
| 3.3. Analyse du chlore résiduel | 49 |
| 3.4. Suivi de la qualité bactériologique des points d'eau analysés en 2015-2018..... | 51 |
| 3.5. Suivi de la qualité bactériologique des points d'eau analysés en 2019..... | 55 |
| 3.6. Qualité des eaux et l'agressivité des matériaux : quelle relation ?..... | 57 |
| 3.7. Conclusion..... | 60 |
| Conclusion générale | 61 |

Référence

Annexe

Introduction générale

L'eau constitue non seulement un élément indispensable pour le développement socio-économique et durable, mais également un véritable réacteur, où l'eau et son contenant sont le siège d'interactions physico-chimiques et microbiologiques. L'homme doit l'avoir à sa disposition en quantité suffisante et en qualité satisfaisante. Pour répondre à ces besoins, l'évaluation de la qualité de l'eau constitue jusqu'au bout un enjeu prioritaire, faisant l'objet de nombreux travaux partout dans le monde. Cette évaluation nécessite la connaissance des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ces eaux afin d'avoir des meilleures connaissances surtout sur le plan de vulnérabilité à une éventuelle pollution. Il est cependant à noter que les consommateurs renoncent fréquemment à consommer l'eau de robinet, en raison de la perception du risque et la non-satisfaction de la qualité esthétique de l'eau. A cet égard, l'évaluation de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans la région de Kouba fait l'objet de cette humble étude. Pour atteindre cet objectif, la structuration de ce modeste travail est fondée sur trois principales étapes :

Dans la première étape, on s'intéresse à une étude bibliographique sur la qualité des eaux, leurs caractéristiques et les différentes formes de dégradation de celle-ci.

Dans un second volet, on va présenter la zone d'étude, les techniques et les modes appliqués pour l'analyse d'eau.

Quand à la dernière partie, elle est consacrée aux résultats et discussion.

Chapitre 1

Généralité sur les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux

1.1. Introduction :

L'eau peut être une source de maladies en cas de pollution. Elle constitue donc un danger de plus en plus important pour l'homme. A cet état de fait, nous nous proposons de présenter dans ce présent chapitre quelques notions de base sur la qualité de l'eau, les différents facteurs influençant la qualité de l'eau dans les réseaux ainsi que les normes d'interprétation.

1.2. Les différents types d'eau :

1.2.1. Eaux de surface :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,... etc.).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature du terrain traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne et donc non potable et doivent subir un traitement (fig1.1) [1].

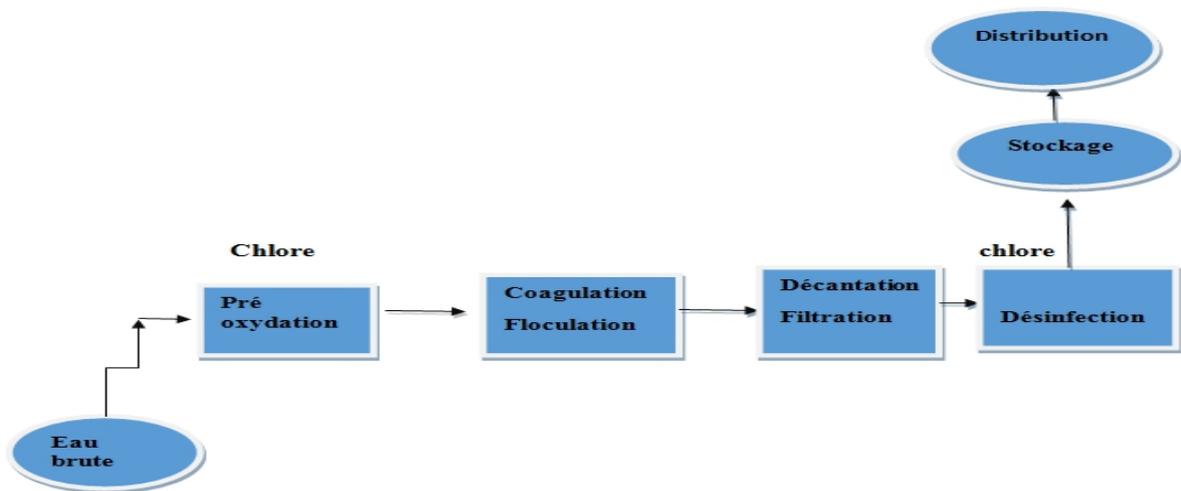


Fig.1. 1. Schéma de traitement des eaux de surface.

1.2.2. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont généralement protégées contre les pollutions. Elles se trouvent au plus profond des nappes et sont donc de bonne qualité à l'exception de certains cas d'accident où ces eaux se trouvent contaminées par infiltration. En général, elles se caractérisent par une turbidité faible, une concentration bactérienne faible et l'absence de matières organiques.

Leur traitement (fig1.2) lorsqu'elles ne renferment pas de micropolluants spécifiques en teneur importante ; est généralement plus simple [2].

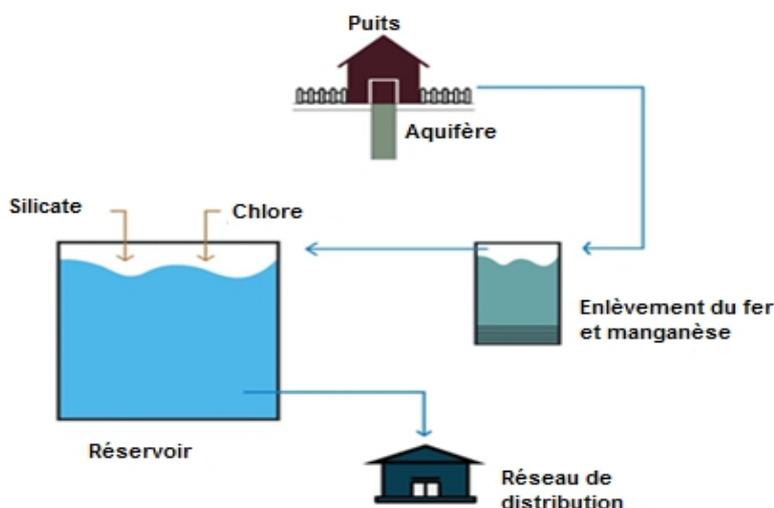


Fig.1. 2. Schéma de traitement de l'eau souterraine de la ville de Trois-Rivières.

1.2.3. Eau de mer :

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg/l) et naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline et est caractérisée par une grande salinité(30 à 35 mg/l). Elle est parfois dénommée aussi «eaux saumâtres», ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (Fig.1.3) [3].

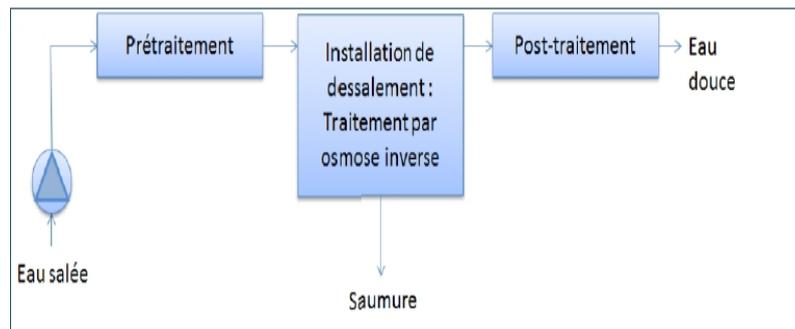


Fig.1. 3. Schéma général d'une installation de dessalement.

1.2 .4. Eaux destinées à la consommation humaine :

L'eau destinée à la consommation humaine est une eau dont la consommation ne présente pas de danger pour la santé [4]. Une eau est dite potable lorsqu'elle présente certaines caractéristiques et qui ne doit pas contenir des micro-organismes pathogènes et des substances toxiques. Les eaux de consommation sont définies comme étant : toutes les eaux, soit en état, soit après traitement, destinées à la boisson (eaux de robinet, eaux conditionnées), à la cuisine, à la préparation d'aliments, ou à d'autres usages domestiques. Quelle que soit leur origine et qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion citerne, ou d'une bateau citerne, en bouteille ou en conteneurs [4].

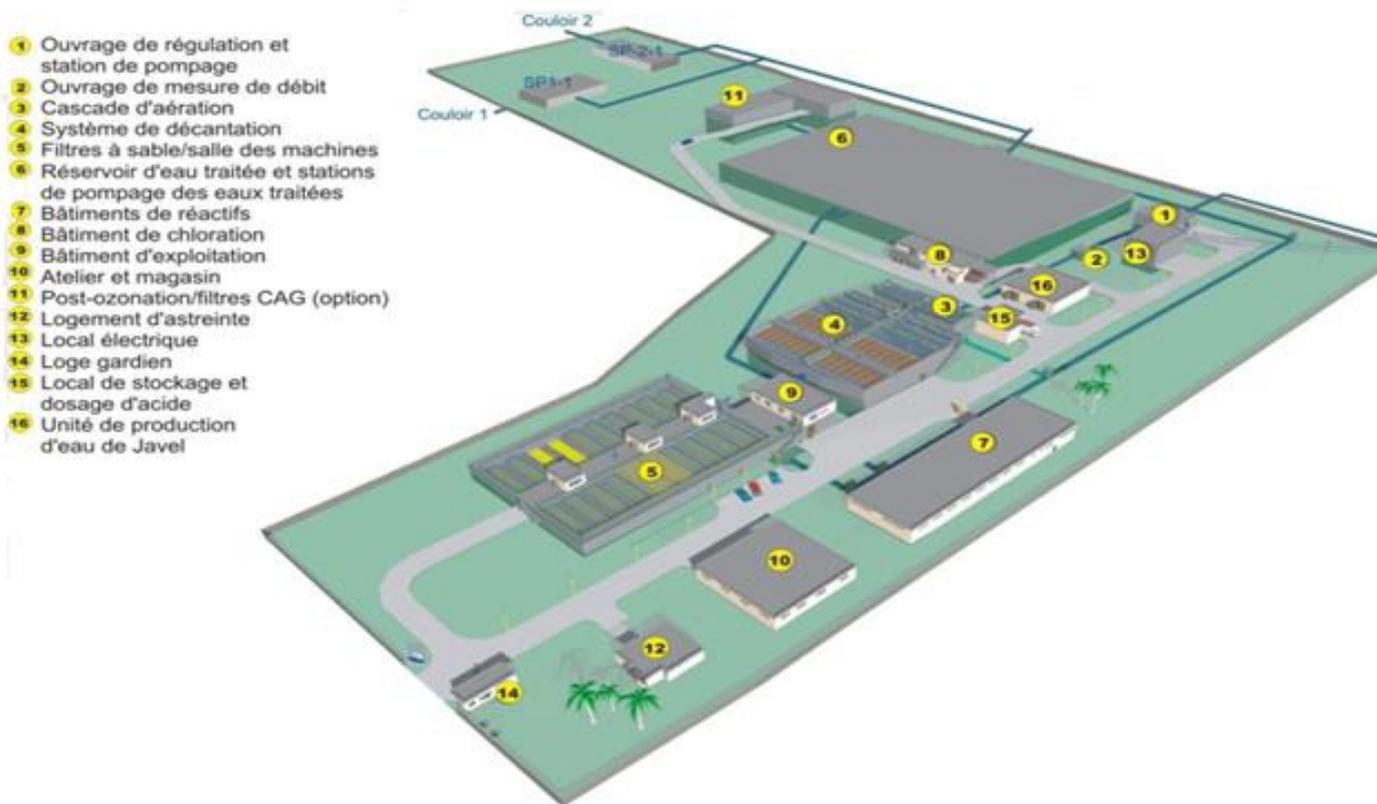


Fig.1. 4. Schéma de la station de traitement de Koudiat Medaouar.(Batna2016)

1.3. Paramètres de qualités des eaux potables (critères de potabilité) :

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricte fixée par le ministère de la santé. Ces critères portent essentiellement sur les paramètres suivants :

1.3.1. Les paramètres physico-chimiques:

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau telles que le pH, la température et la conductivité. Ils concernent donc tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments, notamment des ions comme les chlorures, le potassium et les sulfates [5].

1.3.2. Les paramètres microbiologiques :

Permettent de vérifier que l'eau ne contient pas de germes pathogènes (c'est-à-dire bactéries, virus, parasites...etc.) qui provoqueraient des maladies chez les consommateurs. C'est le critère le plus important concernant la potabilité de l'eau [5].

1.3.3. Paramètres concernant les substances indésirables:

Concernent des substances dont la réglementation tolère la présence en faible quantité. On peut citer par exemple la teneur maîtrisée en fluor, en nitrates, en nitrites et en sels minéraux.

1.3.4. Les paramètres concernant des substances toxiques :

Telles que les pesticides, les métaux lourds comme le plomb ou le chrome...etc. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles car ce sont des poisons mortels pour l'homme. [5].

1.4. Facteurs de dégradation de la qualité de l'eau :

Parmi les facteurs qui participent à la dégradation de la qualité de l'eau de consommation, on distingue :

1.4.1. Facteurs physico-chimiques :

1.4.1.1. pH et minéralisation :

Le pH mesure la concentration des ions H_3O^+ dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5. Selon l'OMS, des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et la survie des micro-organismes aquatiques. Le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité d'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous [6]. Le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO_2 dissous. L'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium. Il convient de distribuer une eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium pour favoriser la formation de ce dépôt protecteur [7].

1.4.1.2. Température :

Bien que l'OMS ne fixe pas une valeur guide, la température influence particulièrement les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et l'acceptabilité de l'eau de boisson [8]. De même, la température est un facteur clé dans la formation des SPC. Une température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables et l'activité bactérienne s'accroît nettement lorsque la température dépasse 15°C [7].

1.4.1.3. Turbidité :

La turbidité traduit la présence de particules en suspension (les résidus organiques, argiles, organismes microscopiques) et colloïdales dans l'eau [9]. De plus, une forte turbidité peut entraîner une réduction de l'efficacité du désinfectant et une augmentation de la consommation du chlore, ce qui engendre une contrainte majeure pour la chloration et une formation des composés toxiques [10]. La turbidité peut se révéler être un indicateur de pollution. Dans le réseau de distribution, après le traitement de l'eau, la turbidité peut s'accroître par la post-floculation de coagulants résiduels dissous, la recroissance de micro-organismes, la remise en suspension de la matière déposée dans les canalisations ainsi que par la corrosion de la tuyauterie [11].

1.4.1.4. Conductivité électrique :

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdes ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration. Ce paramètre permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau [12].

1.4.1. 5. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous de l'eau naturelle varie avec la température, la salinité, la turbulence, l'activité photosynthétique des algues et des plantes et la pression atmosphérique. Il en résulte des phénomènes de fermentation et bio-éduction (transformation de nitrate en nitrite), à l'origine de saveurs désagréables ou de

corrosion. Il peut aussi varier suite à la prolifération des bactéries qui la fait diminuer ou en cours de distribution en raison des différentes réactions d'oxydation [7].

1.4.1.6 Azote (ammonium, nitrites, nitrates) :

Les composés de l'azote jouant un rôle prédominant dans les systèmes aquatiques sont l'ammonium/ammoniac, les nitrates et les nitrites. Des concentrations plus élevées en ammonium/ammoniac peuvent indiquer la présence d'une pollution des eaux usées. Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries, puis en nitrates par d'autres bactéries [13].

1.4.1.7 Alcalinité :

L'alcalinité de l'eau, appelée aussi -titre alcalimétrique- est liée à son contenu en caractère alcalin, c'est-à-dire à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, elle est dûe la plupart du temps à la présence de bicarbonates (HCO_3^-) et de carbonates (CO_3^{2-}). À ce constat général, le risque de se tromper est faible et peut être dû à un pH élevé ($\text{pH} > 9.5$) ou à la présence d'une substance chimique inhabituelle dans l'eau. Le gaz carbonique (CO_2) présent dans le sol ou dans l'atmosphère est la principale source d'alcalinité dans les eaux souterraines ou les eaux de surface [14].

1.4.1.8 Taux alcalimétrique complet TAC :

Le taux alcalimétrique complet traduit l'alcalinité d'une eau. Il permet de connaître la quantité d'hydroxydes, de carbonates ou, d'hydrogencarbonates. La connaissance de la valeur de ce paramètre est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau. Le TAC d'une eau potable ne doit pas être inférieur à $2,5^\circ \text{F}$ [14].

1.4.1.9 Chlorure

Les chlorures présents dans l'eau potable proviennent des eaux usées et des effluents industriels. L'apport de cette source est généralement supérieur à celui de l'eau de boisson. Les concentrations excessives de chlorure augmentent les taux de corrosion des métaux dans le système de distribution, cela peut conduire à une

augmentation des concentrations de métaux dans les systèmes d'alimentation en eau potable [15].

1.4.1.10 Sulfates :

Naturellement présents dans les eaux, en concentration très variable (importante au contact de terrains gypseux ou proches de mines de fer), ils sont parfois le témoin d'une pollution industrielle (textile, papeterie...etc.). Un taux élevé de sulfates cause des diarrhées à l'être humaine, il peut aussi causer une agression de la flore intestinale [16].

1.4.1.11. Phosphates :

Les phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle à travers la décomposition de la matière organique et le lessivage des minéraux, industrielle, en l'occurrence l'agroalimentaire, ou domestiques (poly-phosphate des détergents). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles. Leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante [6].

1.4.1.12. Matières organiques :

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau, une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du biofilm [7].

1.4.13. Métaux lourds :

Certains éléments sont rarement présents dans les eaux à l'état naturel mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer, car, la toxicité de ces éléments est surtout d'origine cumulative. Les principaux d'entre eux sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc ...etc. ils peuvent présenter un danger pour la santé [17].

1.4.2. Paramètres organoleptiques :

1.4. 2.1. Couleur :

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Les algues, de la famille des cyanobactéries, des diatomées, des chrysophytes et des chlorophycées qui peuvent apporter un mauvais goût et odeur nauséabonde à l'eau brute. le réseau de distribution, la présence de chlore résiduel, la recroissance microbienne, les matériaux constituant les conduites, les réactions secondaires avec les désinfectants utilisés lors du traitement et les interventions en réseau peuvent apporter des molécules générant des goûts et des odeurs et le traitement des eaux sont responsables des goûts et des odeurs de l'eau potable [18].

1.4. 2.2. Odeur :

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est peu être un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines et ammoniacque, mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H_2S), qui possède une odeur caractéristique d'œuf pourri [14].

1.4.2.3. Saveur :

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie [14].

1.4.3. Facteurs microbiologiques :

1.4.3.1. Coliformes totaux :

Les coliformes totaux ne sont pas nécessairement des bactéries originaires du système intestinal. Plusieurs bactéries qui font partie du groupe des coliformes totaux

se retrouvent en fait sur les feuilles des arbres et sur toute autre forme de végétation, d'où, la présence de coliformes totaux ne veut pas dire à coup sûr que l'on se retrouve devant une contamination d'origine fécale [19].

1.4.3.2 Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux sont en fait des coliformes qui poussent à des températures plus élevées, soit à partir de 44,5°C. Ces coliformes fécaux sont des bactéries que l'on retrouve dans la flore intestinale des animaux à sang chaud. La bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) fait partie des coliformes fécaux. Comme la présence de ces bactéries dans une source d'eau ne peut pas être considérée comme normale, elle peut donc représenter une menace ou l'indication d'une éventuelle dégradation de la qualité microbiologique de l'eau, due à la présence d'une contamination fécale. Le mécanisme de transport de ces bactéries dans l'eau serait surtout le ruissellement des eaux de pluies sur le bassin versant, entraînant avec lui les microorganismes contenus dans la terre [19].

1.4.3.3 Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de *streptocoques fécaux* donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution [20].

1.4.3.4. Les anaérobies sulfite-réducteur (ASR) :

Ce sont des germes permettant d'apprécier la qualité hygiénique des bactéries anaérobies strictes, ils sont présents dans le sol sous forme de spores, ainsi que dans l'intestin des hommes et des animaux. Ils sont sporulés et sont des agents de putréfaction à l'origine de mauvais goût et de mauvaises odeurs, on les incube à 46° C [19].

N.B :

La législation en vigueur, dans la plupart des pays de l'OMS, recommande de rechercher et de dénombrer quatre indicateurs bactériens :

- ✓ Les coliformes fécaux ;
- ✓ Les coliformes totaux ;
- ✓ Les streptocoques fécaux ;
- ✓ Les clostridium sulfito-réducteurs.

En fait, on distingue deux principaux types d'indicateurs :

-Les indicateurs de contamination : qui permettent d'apprécier avec plus ou moins de sûreté ou de précocité le risque d'une contamination éventuelle par les micro-organismes pathogènes.

-Les indicateurs d'efficacité de traitement : qui permettent d'évaluer la qualité d'un traitement vis-à-vis d'un micro-organisme ou de plusieurs micro-organismes pathogènes, dont la présence peut être redoutée. Il en résulte que pour servir d'indicateur de contamination fécale, un organisme doit présenter un certain nombre de caractéristiques :

- ✓ Il doit avoir une croissance supérieure à celle des pathogènes éventuellement présent dans l'échantillon et présenter des propriétés culturales et biochimiques uniformes et stables. De plus, il doit être facile à isoler, à identifier et à énumérer en analyse de routine.
- ✓ Il est souhaitable qu'il soit plus résistant aux agents de désinfection et au milieu aquatique que les pathogènes, afin que sa destruction marque avec certitude celles des pathogènes [21].

1.5. La pollution des eaux :

1.5.1. Sources ponctuelles :

La pollution de source ponctuelle provient d'une source unique identifiable, qui rejette des polluants à des endroits spécifiques par des tuyaux, des fossés ou des égouts dans des eaux de surface [22]. Les exemples incluent les usines de traitement des eaux usées (qui éliminent certains polluants mais pas tous), les mines souterraines

actives et abandonnées,...etc. Comme les sources ponctuelles se trouvent à des endroits spécifiques, elles sont facilement identifiables et de ce fait, facile à surveiller et à réglementer [24].

1.5.2. Source non ponctuelle (diffuse) :

Les sources de pollution non ponctuelles sont des sources à faible concentration couvrant une vaste zone. Les eaux de ruissellement provenant des terres agricoles entraînent du limon, de l'argile, des engrais, des pesticides ainsi que des matières organiques et des bactéries dans les cours d'eau. Les sources de pollution non ponctuelles ont été identifiées comme la principale cause de pollution de l'eau dans de nombreux pays. Quatre-vingt-dix pour cent (80%) des masses d'eau altérées ne répondent pas aux normes de qualité de l'eau, en raison d'une pollution de source non ponctuelle. Elles sont difficiles à contrôler et à gérer. Il a en outre noté que la solution à long terme à ce problème consistait à modifier l'utilisation et la gestion des terres [24].

1.5.1 Principaux types de pollution des eaux :

1.5.1.1. Pollution biologique :

La pollution biologique est définie comme étant la présence des agents pathogènes c'est-à-dire, des microorganismes : bactérie, virus, protozoaires et autres champignons et des macro- organismes. Le risque le plus important pour l'eau récupérée à partir des toitures ou d'écoulement au sol est la contamination microbienne, en particulier par les pathogènes intestinaux. La grande majorité des problèmes de santé liés à l'eau et surtout les plus graves résultent d'une contamination microbiologique. Le risque microbiologique est majoritairement associé à l'ingestion d'eau contaminée avec les matières fécales humaines ou animales [22], ou par des insectes et d'autres animaux morts [24].

1.5.1.2 Pollution chimique :

La pollution chimique est définie comme la présence des substances dissoutes indésirables ou dangereuses. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau Contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne

devaient pas qu'ils causent la pollution. Par rapport à la santé. La plupart des éléments chimiques dans l'eau de boisson ont un effet sur celle-ci, surtout après une consommation à long terme [23]. La contamination chimique de l'eau de pluie est causée par la pollution de l'air (émission industrielle des voitures,...etc.), l'écoulement ou l'extraction de matières chimiques (en provenance de l'agriculture ou d'autres activités humaines) et l'utilisation des matériaux toxiques. Les pluies acides représentent une forme de pollution de l'atmosphère qui intervient au niveau du sol lors des précipitations (pluie, neige). Cette pollution atmosphérique se forme lorsque des oxydes de soufre (SO_2) et d'azote (NO_2) se combinent avec l'humidité de l'air pour créer respectivement de l'acide sulfurique (H_2SO_4) et de l'acide nitrique (HNO_3) [24].

1.5.1.3. Pollution physiques :

La contamination physique est causée par des matières (inorganiques) telles que le sable, le limon, l'argile ou de la matière végétale. La contamination physique affecte la couleur, l'odeur ou le goût de l'eau. Cependant, il est possible que les usagers refusent d'utiliser l'eau s'ils se trouvent que la couleur, l'odeur ou le goût ne sont pas satisfaisants. Outre, un autre risque important est la reproduction des moustiques dans ou près des CEP. Les moustiques peuvent se développer dans un réservoir de stockage, mais aussi dans des gouttières bouchées, dans des flaques d'eau autour des réservoirs, à cause de l'utilisation inappropriée du système CEP ou à cause de défauts de construction. Les espèces de moustiques qui peuvent transmettre des maladies sont les problèmes principaux. Il y'a une liaison apparente entre la présence de larve de moustiques et l'absence de couvertures appropriées pour les réservoirs de stockage d'eau de pluie [24].

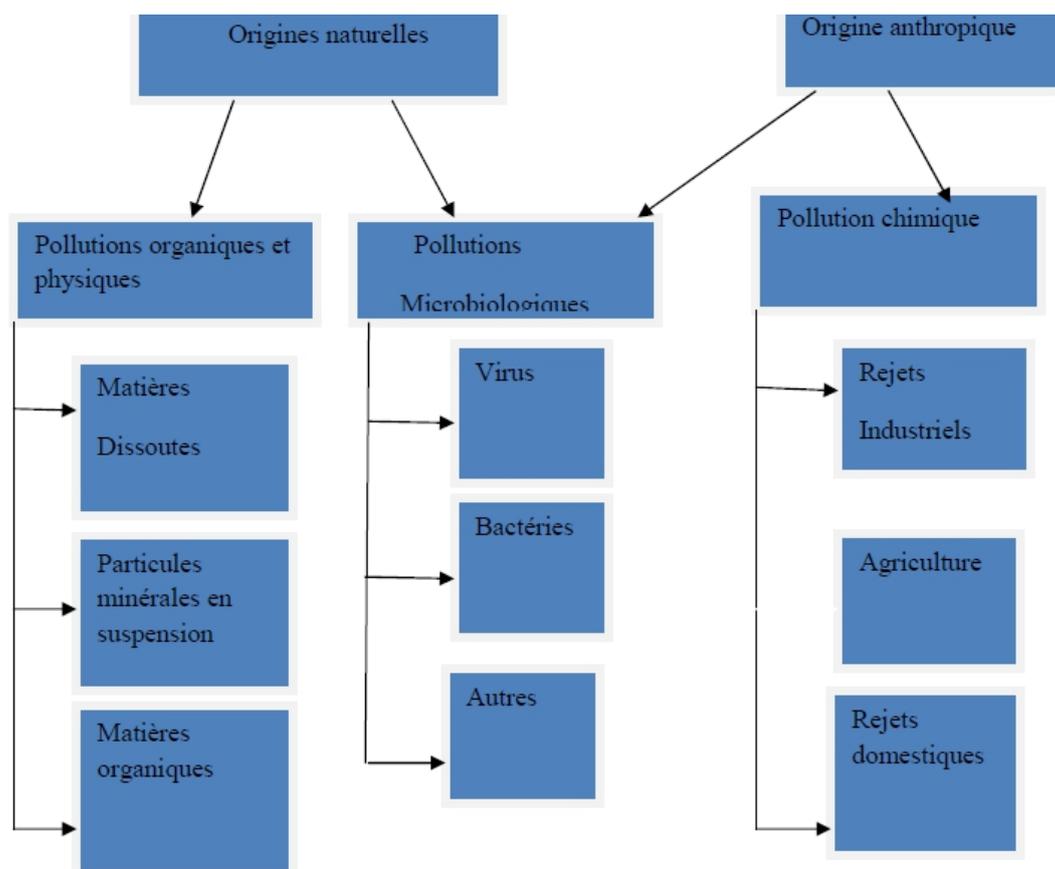


Fig.1. 5. Origine des différentes pollutions rencontrées dans l'eau.

1.6. Les principaux organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux :

Parmi les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution d'eau potable, on distingue : les bactéries, les virus, les champignons et les organismes pluricellulaires dont leur source principale dans la majorité des cas c'est les biofilms.

1.6.1. Les virus : provenant souvent des matières en suspension, ils sont rarement libres. On les retrouve si l'oxydation par le chlore et ses dérivés, ou par l'ozone sont appliquées dans de mauvaises conditions.

1.6.2. Les bactéries : généralement, les bactéries aérobies qui sont recherchées. Quand aux bactéries anaérobies. Elles se développent en absence d'oxygène et sont recherchées du fait de leur caractère pathogène (*clostridium perfringens*), de leur capacité à sporuler d'où leur résistance aux désinfectants, ou des réactions métaboliques défavorables à la qualité de l'eau (bactéries réductrices de nitrates en

nitrite et des sulfates en sulfures). Ces dernières, elles participent avec d'autres bactéries aérobies en formant un complexe à la perforation des parois de conduites. Les bactéries pathogènes opportunistes telles que les *Pseudomonas* sont considérées comme indicateur de la présence de matières organiques assimilables et les *Klebsi* et la *Pneumoniae* sont des bactéries identifiées dans un biofilm ou bien dans les réseaux mal entretenus [7].

1.7. Les maladies à transmissions hydrique (MTH)

Les maladies hydriques sont des maladies causées par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Parmi elles, on distingue entre autre : Les maladies diarrhéiques hydriques d'origine bactériennes telles que : Le choléra, La salmonellose ou fièvre typhoïde, la shigellose ou dysenterie bacillaire, les maladies hydriques d'origine parasitaire sont : protozoaires, helminthes et les virus et les maladies hydriques d'origine virale. Ces agents pathogènes souvent d'origine fécale , pourraient provenir de sources ponctuelles telles que les stations d'épuration des eaux usées municipales, de sources non ponctuelles telles que la défécation d'animaux domestiques et sauvages, le mauvais fonctionnement des systèmes d'égouts et des fosses septiques, le drainage des eaux pluviales et le ruissellement urbain. Le nombre d'épidémies signalées dans le monde montre que la transmission d'agents pathogènes par l'eau potable reste une cause importante de maladie [25].

1.8. Les facteurs favorisant le développement algal :

Les algues sont des organismes chlorophylliens ayant besoin d'eau ou d'humidité, d'air, de lumière et de sels minéraux. Elles prospéreront partout où se trouvent réunies ses conditions dans les eaux de mers, des lacs, des eaux courantes et thermales, parfois, elles donnent à l'eau potable des goûts et odeurs indésirables, mais leur production d'O₂ est considérable. elles sont également de précieux indicateurs biologiques de pollution en renseignant assez rapidement sur l'état sanitaire des collections d'eau, sur l'évolution d'eutrophisation et sur les modifications physicochimiques des milieux aquatiques. Les algues élaborent leur propre substance à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et du CO₂, c'est le principe de la photosynthèse. Ainsi, leur croissance se trouve limitée à la présence de l'eau, de la lumière et du CO₂ [26].

1.9. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau :

En dehors des cas liés à la contamination de l'eau brute ou de défauts de fonctionnement dans l'unité de production, les facteurs de dégradation de la qualité de l'eau depuis l'usine de production jusqu'au robinet de l'utilisateur sont décrits de façon récapitulative dans le tableau 1.1 [7].

Tableau.1. 1. Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et conséquences

| Origines | Causes | Conséquences | Dangers |
|--|---|---|---|
| Réservoirs | Mauvaise étanchéité de l'ouvrage | Infiltration de l'eau de pluie | Contamination microbiologique |
| | Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées | Pénétration d'insectes ou autres animalcules | Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou microbiologique |
| | Mauvais entretien (nettoyage notamment) | Apports nutritifs du fait de l'encrassement, ou de sédiments organiques | Développement de germes (clostridium, ...) |
| | Surdimensionnement, points bas courts-circuits de l'eau entrée-sortie, ... | Stagnation de l'eau | Altération des qualités initiales pour divers paramètres |
| | Réservoir exposé à la lumière du jour | Croissance d'algues | Apports de matières organiques |
| | Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, | Eau potable souillée | Contamination microbiologique |
| Retours d'eau | Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise en pression dans une installation privée, ...) | Siphonage ou refoulement des substances indésirables ou polluantes | Pollutions toxiques, microbiologiques, organoleptique |
| Environnement extérieur de la conduite | Fuites, usures au joint et dépression Perméation | Intrusion d'eaux terreuses Introduction de polluants | Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique |
| Défauts du réseau | Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable | Relargage de polluants Apports nutritifs Adhérence trop importante des germes corrosion | Pollution toxique Favorise le biofilm Contamination microbiologique Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb Cu, Cd, ...) |
| interventions sur le réseau | Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement Manœuvre de réseau, coups de bélier Erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable) | Développement de germes Mise en suspension de dépôts | Contamination microbiologique Pollution organoleptique voire microbiologique Contamination microbiologique entre autres |
| Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare) | Ventouse mal située | Eau potable souillée | Contamination microbiologique |
| Installation intérieure | Matériau inadéquat Juxta position de matériaux inadéquats Dysfonctionnement des dispositifs de traitement domestiques (sur dosage, cartouches saturées ou colonisées par des bactéries, Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude Sur dimensionnement (faible consommation, longueur, ...) | Corrosion ou relargage Corrosion Stagnation de l'eau | Pollution toxique organoleptique Altération des paramètres métaux Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique (Legionella) Pollution microbiologique, chimique (NH ₃), organoleptique |

1.10. Formation du biofilm et caractéristique :

Le biofilm constitue un habitat pour les micro-organismes, alimentés par les nutriments organiques et inorganiques (précipités de CaCO_3 et autres précipités venant du matériau et de la phase aqueuse) présents sur le réseau d'eau potable. Le biofilm devient alors un endroit privilégié de métabolisme et de reviviscence (à partir d'une spore, par exemple). A l'interface solide-liquide, le biofilm représente une protection, à la fois hydraulique et chimique puisqu'il limite la diffusion des désinfectants tels que le chlore. Il assure aussi le maintien d'une activité bactériologique même en présence de concentrations élevées de chlore ou même d'un nettoyage incomplet, suite aux effets d'agrégation des bactéries dans les conduites, encapsulation et attachement [7]. Cependant, des travaux antérieurs ont montré que le matériau des tuyaux de distribution, la température, le niveau de carbone organique disponible, la vitesse de l'eau et le désinfectant utilisé dans un système sont parmi les facteurs pouvant influencer sur la formation et la structure de la communauté d'un biofilm (des virus, des protozoaires, des champignons et des algues). Les principaux problèmes de ces biofilms sont leur impact potentiel sur la santé humaine, les problèmes d'hygiène et de nettoyage, ainsi que des pertes d'énergie, des blocages dans les systèmes et une corrosion induite par les microbes [7].

La formation de biofilms peut être limitée par :

- ✓ le taux de matière organique entrant dans le système de distribution ;
- ✓ le matériau utilisé soit à la fois chimiquement et biologiquement stable ;
- ✓ l'entretien d'un résidu de désinfection par le système de distribution ;
- ✓ Prévention des eaux non facturées (stagnation) et de l'accumulation de sédiments dans les systèmes de distribution.

Cependant, il reste à noter que la meilleure stratégie pour contrôler l'accumulation de biofilms ; est le maintien dans le réseau d'une concentration élevée de désinfectant résiduel (avec précaution) comme moyen chimique à travers le réseau qui agit surtout sur la flore libre circulante. Les moyens curatifs sont physiques (racleurs, mélange air-eau, ...etc.) [7].

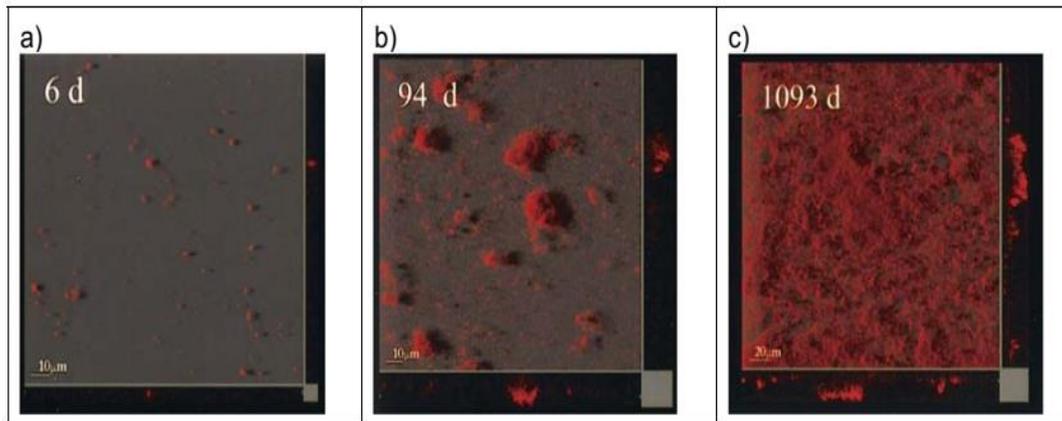


Fig.1. 6. Images en microscopie laser d'un acier montrant différents stades de développement de biofilm (solution anti-tarte, 2019)

1.11. Influence des phénomènes de corrosion :

La corrosion altère les matériaux par transformation chimique ou physicochimique. Elle est considérée comme l'une des causes principales de rupture de canalisations d'eau potable. L'influence de la concentration en NaCl sur la corrosion du fer dans l'eau saturée en oxygène à température ambiante, la vitesse de corrosion augmente rapidement avec la concentration. L'augmentation de la température accélère les phénomènes de corrosion, car, elle diminue les domaines de stabilité des métaux et accélère les cinétiques de réactions et de transport. L'importance de son influence diffère cependant en fonction du milieu corrosif. Pour protéger un réseau de distribution de la corrosion, il est recommandé de maintenir l'alcalinité totale et la dureté calcique entre 40 et 80 mg de CaCO_3/l [27].

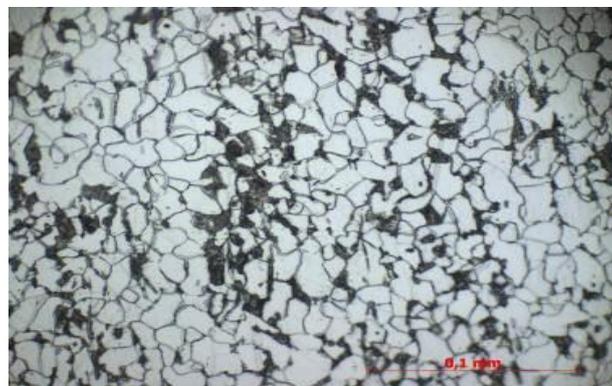


Fig.1. 7. Microstructure Acier Galvanisé (SEAAL)

1.12 .Indice de Larson :

L'indice de Larson est défini de la façon suivante :

$$(LR) = \frac{2 [SO_4^{-2}] + [Cl^-]}{[HCO_3^-]}$$

Les concentrations sont exprimées en mol/l. Cette formule empirique est basée sur de nombreuses expérimentations effectuées par les américains Larson et Skold, qui ont estimé que cet indice ne devrait pas dépasser 0,2 ou 0,3. Le tableau (1.2) montre l'interprétation que l'on peut faire des valeurs de l'indice : [27].

Tableau.1. 2. Echelle d'évaluation du risque de corrosion des éléments métalliques

| Valeur d'Indice de Larson | Niveau de risque de corrosion interne |
|---------------------------|--|
| LR ≤ 0.5 | Faible taux de corrosion |
| 0.5 < LR ≤ 0.8 | Taux de corrosion acceptable |
| 0.8 < LR ≤ 1.2 | Taux de corrosion modéré |
| LR > 2 | Tendance a des taux de corrosion élevé |

1.13. Influence des phénomènes d'entartrage sur la qualité de l'eau :

L'entartrage est un phénomène naturel influencé non seulement par plusieurs paramètres extérieurs tels que le changement de la pression atmosphérique, mais également par la variation de la température du milieu. Vu la complexité du problème d'entartrage, il est difficile de prédire la susceptibilité du dépôt sur la surface solide en contact avec l'eau. La précipitation du carbonate de calcium est favorisée par l'augmentation de la concentration en calcium, l'augmentation de la température, et l'élévation du pH qui entraîne une augmentation de la concentration en carbonates. Les tartres ont des conséquences néfastes sur les conduites et le fonctionnement des installations, citons par exemple, l'accumulation d'une épaisseur de tartre sur les équipements qui conduit à une diminution des sections de passage de l'eau [28].



Fig.1. 8. Phénomènes d'entartrage

1.14. Indice de Langelier :

Cet indice est défini de la façon suivante : $IL = pH - pH_s$

Une eau agressive est caractérisée par un indice de Langelier négatif, ce qui signifie que le pH de l'eau mesuré est inférieur au pHs de saturation : l'eau, sous saturée en $CaCO_3$, dissout le calcaire sous l'action du CO_2 agressif. Si (IL) est positif, il y a une formation d'une couche de carbonate de calcium qui protège les tuyauteries [28].

Tableau.1. 3. Echelle d'évaluation du risque de dégradation

| Valeur d'indice de langelier | Niveau de risque de corrosion interne |
|------------------------------|--|
| $LI < -2$ | Eau fortement agressive Risque élevé |
| $-2 \leq LI < 0$ | Eau modérément agressive Risque modéré |
| $LI \geq 0$ | Eau non agressive Risque faible |

1.15. Qualités des matériaux en contact avec l'eau potable :

Certains matériaux en contact avec l'eau potable, peuvent favoriser la croissance bactérienne, cela présente un risque important pour la santé humaine. Nous pouvons citer ici l'exemple des travaux portés sur les matériaux polymères à partir des tests dynamiques alternant des périodes journalières de stagnation et d'écoulement, les résultats montrent une bonne répétabilité pour l'ensemble des paramètres physico-

chimiques mesurés ainsi que pour les médianes des bactéries hétérotrophes (à 22 °C et à 36 °C) en suspension. Les paramètres microbiologiques montrent que les matériaux PEHD 100 et PE 80-1 révèlent une grande sensibilité avec une croissance importante des bactéries, peu propices au développement du biofilm. Les matériaux polymères PVC et PEX sont comparables et favorisent peu la croissance bactérienne que le PE, le PEX apparaît comme comparable au matériau PVC vis-à-vis de la croissance bactérienne, devant les mêmes conditions dynamiques [29].

1.16. Exemples de matériaux utilisés en réseau :

L'utilisation des revêtements bitumineux a posé d'énormes problèmes comme la saveur et relargage de produits organiques aromatiques, suspectés d'être cancérigènes (phénols, en particulier). Les problèmes associés avec quelques revêtements sont récapitulés dans le Tableau [7].

Tableau.1. 4. Revêtements associés à un relargage de substances organiques utilisables par les microorganismes (croissance bactérienne observée en exploitation ou en laboratoire) (SCHOENEN – 1989)

| Type de revêtement | Origine et conséquence du problème |
|--|---|
| Bitume | Certains types de bitume relarguent du solvant progressivement, résultant en une croissance microbienne et teneurs élevées en PAH |
| Caoutchouc chloré | Relargage du solvant, produisant des saveurs et odeurs désagréable |
| Résine époxy | Présence de solvants et/ou accélérateurs comme additifs. Croissance bactérienne et coloration observées dans les réservoirs |
| Polyester | Décomposition chimique possible |
| Polyvinylchloride (PVC)(films, coating | Présence de solvants et plastifiants en certains revêtements en PVC pour assurer une flexibilité |
| Mortier de ciment | Des additifs peuvent être présents pour l'amélioration des performances du ciment (ex.accélérateurs, additifs anti-corrosions |

1.17. Désinfection de l'eau :

La chloration est le procédé de désinfection le plus répandu pour le traitement final de l'eau destinée à la consommation humaine. Elle permet d'éliminer ou de désactiver tous les microorganismes pathogènes. Notons qu'un désinfectant doit avoir un effet bactéricide c'est-à-dire la capacité de détruire les germes et autres organismes indésirables en une étape donnée du traitement et un effet rémanent, c'est l'effet du désinfectant qui se maintient dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité biologique de l'eau. Le chlore et ses dérivés se montrent utiles aussi dans le contrôle des odeurs et des goûts, notons ici que les trihalométhane (THM) et les acides haloacétiques (AHA) constituent les deux principaux groupes de sous-produits de chloration (SPC) que l'on trouve dans l'eau potable, et leurs concentrations y sont en général le plus élevées. La formation de THM et d'AHA pendant les opérations de potabilisation est la plus problématique dans la mesure où ces composés sont toxiques pour l'homme [28].

1.18. Normes d'interprétation :

Les normes de potabilité physico-chimiques et bactériologiques (Algériennes et Européennes) sont présentées dans les tableaux 1.5 et 1.6.

Tableau.1. 5. Normes d'interprétation physico-chimiques.

| Substances | Unité | Norme Algérienne(2014) | Norme OMS (2006) |
|---------------------------------|---------------------------|---|------------------|
| Ammonium | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Oxydabilité | mg/l O ₂ | 5 | |
| Nitrates | mg/l | 50 | 50 |
| Nitrites | mg/l | 0,2 | 0,5 |
| Turbidité | NTU | 5 | |
| Alcalinité | mg/l CaCO ₃ | 65 pour les eaux dessalées ou déminéralisées n(valeur | |
| Chlorure | mg/l | 200 | 250 |
| Phosphore | mg/l | 5 | 5 |
| Sulfates | mg/l | 400 | 250 |
| Température | °C | 25 | 25 |
| Dureté (TH) | mg/l en CaCO ₃ | 500 | |
| Concentration en ions hydrogène | Unité pH | ≥6,5 et ≤9 | ≥6,5 et ≤9,2 |
| Conductivité | µs/cm | 2800 | 2100 |
| Aluminium | mg/l | 0,2 | 0,2 |
| Cadmium | µg/l | 3 | |
| Cuivre | mg/l | 2 | 2 |
| Zinc | mg/l | 5 | 5 |
| Plomb | mg/l | 10 | 10 |
| Calcium | mg/l | 200 | 270 |
| fer tale | | 0,3 | 0,2 |
| Potassium | mg/l | 12 | |
| Sodium | mg/l | 200 | 200 |
| Manganèse | µg/l | 50 | <50 |

Tableau.1. 6. Normes d'interprétation microbiologiques.

| Substance | Unité | Norme Algérienne | Norme Européenne |
|--|----------|------------------|------------------|
| Escherichia Coli | n/100 ml | 0 | 0 |
| Entérocoques | n/100 ml | 0 | 0 |
| Bactéries sulfito-réductives bactéries coliformes | n/100 ml | 0 | 0 |

1.19. Conclusion :

Il est important de rappeler qu'une meilleure évaluation de la qualité de l'eau nous a permis de conclure, si l'eau potable que consomment les populations est loin d'être polluée ou bien polluée. Il s'agit donc de traduire, les nuisances qui pourraient être engendrées en la matière.

Chapitre 2

MATERIEL ET METHODES

2.1. Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons mettre en évidence la collecte des données géographiques, ainsi que le matériel et les méthodes d'analyse, adoptés au laboratoire central de la SEAL -Alger- en vue d'examiner la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potable.

2.2. Présentation de la zone d'étude :

La commune de Kouba est située au sud-Est d'Alger. Elle est limitée au nord par la commune d'Hussein Dey, au nord-est par la commune de Magharia et de Badjerah, au nord-ouest par les communes d'El-Madania et de Belouizdad, au sud par la commune de Gué de Constantine (Fig.2.1) .Elle s'étend par une superficie de 16 km² avec une population de 104708 habitants (RGPH 2008), la commune est caractérisée par une topographie accidentée avec de fortes dénivelées. Notons qu'il y a des problèmes de fortes pressions sur une bonne partie des zones basses de Kouba.

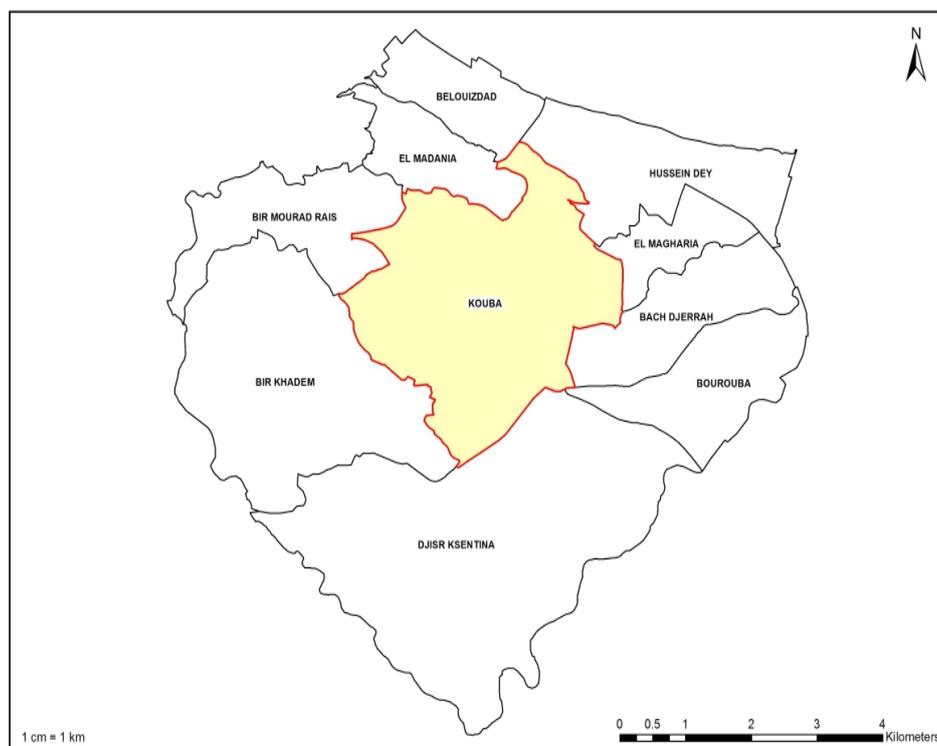


Fig.2. 1. Situation géographique de la commune de Kouba (SEAL, 2019).

Les eaux alimentant le système d'alimentation en eau potable de la commune de Kouba proviennent de trois types de ressources en eau : Eau de surface (SPIK), eau souterraine (champ de captage de Baraki) et eau dessalée (El-Hamma). Le système se compose essentiellement de :

- Système d'adduction.
- Système de distribution.

2.3. Système d'adduction :

Le système d'adduction possède trois entrées principales de la production : Boudouaou, Garidi, la prise d'eau El Harrach.

2.3.1. Système d'adduction de Boudouaou : La station de Boudouaou reçoit dans des conduites 2x1500 BPAT les eaux de surface du SPIK et du barrage du Teksebt (Tizi-Ouzou).

Les eaux de SPIK sont traitées puis envoyées sur deux réservoirs de 50.000 m³. L'eau de barrage de Taksebt est traitée au niveau du barrage et elle arrive sur le site de Boudouaou dans deux réservoirs de 25 000m³.

Deux conduite DN 1500 BPAT font la liaison entre les réservoirs de Boudouaou et la prise d'eau EL'Harrach sur une longueur de 27 Km. ces conduites transfèrent les eaux du système de production Isser-Keddara (SPIK) ainsi que les eaux du Teksebt.

Les débits dans les conduites SPIK en sortie de Boudouaou varient entre 2300 m³/h et 13 410 m³/h et les vitesses varient entre 0,4 m/s et 2,1 m/s.

2.3.2. Système d'adduction de Garidi : Il reçoit les eaux dessalées par refoulement de la station de dessalement El-Hamma dont la capacité de production est de 200.000m³/j. Elle alimente par refoulement le réservoir de Garidi, les réservoirs de kouba 97 et le réservoir Kouba158 et gravitairement le réservoir de Kouba 117 et les eaux de surface de SPIK via une seule conduite DN 1100 BPAT.

2.3.3. Système d'adduction de la prise d'eau d'El Harrach : Il reçoit les eaux du système Isser-Keddara par 2 conduites en DN 1200 BPAT raccordées sur les conduites SPIK 2xDN 1500 et les eaux de Baraki (32 forages reliés en eux par un système de conduites de diamètre 200mm à 700mm) par 2 conduites DN 800 FD et DN 1 000. Elle alimente 4 usines de pompage : U2, U3, U5, et U6.

2.4. Système de distribution :

Le système de distribution dans la région de Kouba est assuré par deux étages : Kouba 158 et Kouba 117.

2.4.1. Réservoir Kouba 117 :

L'étage Kouba 117 appartient à la zone de distribution d'Alger Centre. Actuellement, il est alimenté gravitairement à partir du réservoir de Garidi ($V= 25\ 000\ m^3$) via la conduite de refoulement DN1000 AC. Par pompage à partir de l'usine 6 du complexe d'El Harrach via deux conduites de refoulement DN1000 BPAT et DN700 BPAT et par pompage à partir des usines 2 et 3 du complexe d'El Harrach via deux conduites de refoulement DN400 F et DN500 F.



Fig.2. 2 . Plan de situation de l'étage 117 (SEAAL, 2012).

2.4. 2. Kouba 158 (les Sources) :

L'étage Kouba 158 appartient à la zone de distribution d'Alger Sud (Fig.2.3). Actuellement le réseau de l'étage Kouba 158 est alimenté par les réservoirs de Kouba158 (10 000 m³), eux-mêmes alimentés par pompage à partir de la station Kouba 107 via une conduite DN1000 BPAT raccordée au niveau du complexe de distribution les Annasser.



Fig.2. 3 . *Plan de situation de l'étage 158 (SEAL, 2012).*

2.5. Prélèvement, transport et conservation des échantillons :

Afin d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau distribuée au niveau de la zone d'étude, les échantillons d'eau ont été prélevés dans les points suivants :

Barrage Kaddara, Station de production de Boudouaou, la Prise d'eau d'El-Harrach (Arrivée Baraki et Mélange usine El-Harrach), Station de pompage de Garidi (Arrivée SPIK, Arrivée El-Hamma et Départ mélange), Kouba 117 (cote 150), Kouba 158 (Les Sources) (Fig.2. 4).

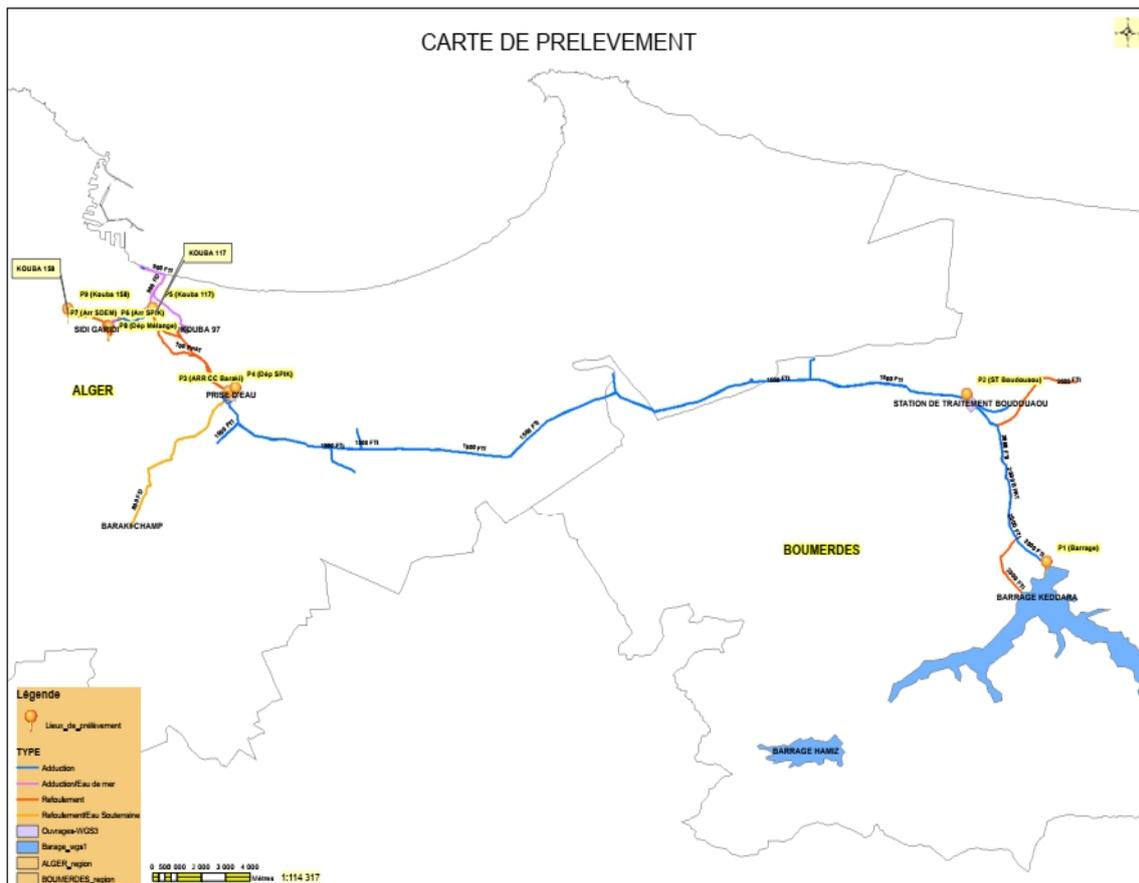


Fig. 2. 4 . Carte de prélèvement des échantillons d'eau .

La mise en flacon est effectuée dans des bonnes conditions (Bouteilles stériles, étiquetage des flacons, équipement approprié, nettoyage des robinets, maintien de la température). Les échantillons d'eau sont acheminés vers un laboratoire agréé. Comme dans notre cas le laboratoire central de la SEAAL, pour analyse complète. Il est à noter que les flacons sont remplis à ras bord de telle manière qu'aucune bulle d'air ne soit laissée au-dessus de l'échantillon.

2.6. Périodicité d'échantillonnage :

L'échantillonnage a été réalisé au cours de la période de stage à partir du mois du mars jusqu'à la fin de mois de juin 2019. Trois (03) sorties ont été effectuées pour l'exploitation des résultats.

Tableau.2. 1. Répartition des sorties en fonction de période de prélèvement

| Sorties | dates | Nombre de prélèvement |
|---------|------------|-----------------------|
| 1 | 29/04/2019 | 9 |
| 2 | 21/05/2019 | 9 |
| 3 | 10/06/2019 | 9 |

2.7. Méthodes d'analyses :**2.7.1. Détermination des paramètres physico-chimiques :**

Les analyses effectuées au cours de notre étude ont été faites au niveau du laboratoire Central de la SEAAL.

2.7.1.1. Mesure de la Turbidité par méthode nephelométrique :

La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre 2100N de marque HACH. Une cuvette de mesure propre est remplie par l'échantillon à analyser jusqu'à trait de jauge, la cuvette est insérée par la suite dans le puits de mesure, en plaçant la flèche de la cuvette face au repère. Les résultats sont affichés en NTU automatiquement sur l'appareil en appuyant sur « ENTRER ».

**Fig.2. 5 . Turbidimètre.**

2.7.1.2. Mesure de la Conductivité :

La conductivité a été mesurée par la méthode électrochimique à l'aide d'un multiparamètre muni par une électrode de mesure de la conductivité.

L'échantillon a été conservé dans de bonnes conditions (température ambiante, hygiène). Une fois l'électrode soigneusement stabilisée et calibrée, la mesure doit être comme suit :

On rince plusieurs fois la cellule de conductivité avec l'eau distillée en la plongeant dans un récipient contenant l'eau à examiner. On sélectionne dans le menu 'affichage automatique'. Le résultat est exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cet appareil permet de mesurer de la même façon l' O_2 dissous en mg/l .



Fig.2. 6 . Multiparamètres.

2.7.1.3. Détermination du PH, de la température et du bicarbonate par l'Automate METHROM par potentiométrique :

On met dans un Godet, l'eau à analyser, la placer dans la table d'échantillonneur, après l'étalonnage de l'appareil, l'emplacement des solutions tampon et enregistrement des données (date, nom et de l'élément analysé). on part sur la partie « détermination en série » et on remplit la table d'échantillon comme suit :

la méthode d'analyse (pH , T° et bicarbonate) en tenant compte la position de chaque échantillon. Après la mise en marche du logiciel associé aux échantillons, un rapport détaillé est affiché sur l'écran, échantillon par échantillon.



Fig.2. 7 . L'Automate METHROM.

2.7.1.4. Dosage des paramètres chimiques :

2.7.1.4.1. Dosage des Sulfates :

La détermination de la teneur en sulfate SO_4^{2-} a été fait par la méthode de spectrophotométrie de la manière suivante :

Dans une fiole de 100 ml, on prend 20 ml d'échantillon d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de la solution stabilisante. Après une agitation mécanique lente (1-2 min), on ajoute 2 ml de chlorure de baryum et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Laisser pendant 1min sous l'agitation mécanique rapide et puis on remplit la cuvette avec l'échantillon à analyser et on le met dans le spectromètre 650nm en appuyant sur START. La concentration de SO_4^{2-} est affichée sur l'écran en mg/l.

2.7.1.4.2. Dosage de l'Ammonium par spectrométrie :

Le dosage de l'ammonium a été fait par la méthode de spectrophotométrie moléculaire à l'aide d'un spectrophotomètre.

On prend 40 ml de l'échantillon à analyser, on ajoute 4 ml de réactif coloré et 4 ml de réactif de dichloro-isocyanurate de sodium. Compléter à 50 ml avec l'eau distillée. Après le développement de la couleur pendant au moins 1heure, on entame la lecture au spectrophotomètre à 655nm.

2.7.1.4.3. Dosage de Nitrite par spectrophotométrie d'adsorption moléculaire :

On introduit 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée, on ajoute 1ml de réactif mixte. Ensuite, on attend 10 minutes. Après l'apparition de la coloration rose qui montre la présence du NO_2^- , on effectue la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à 543nm. Le résultat est donné directement en milligrammes par litre d'eau (mg.l^{-1}).

2.7.1.4.4. Dosage des ortho-phosphates par spectrophotométrie (Méthode au molybdate d'ammonium) :

Dans une fiole jaugée de 50 ml, on verse 40ml de l'eau à analyser, et on ajoute respectivement 1 ml d'acide ascorbique à 100g/l et 2 ml d'heptamolibdate d'ammonium, le volume final c'est 42 ml, après agitation en quelques secondes, et après 30 minutes d'environ (le temps nécessaire pour le développement de la couleur). Une fois que la couleur bleu est apparue, on fait la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde 880 nm, sinon on indique comme résultat : < 0,09mg/l de phosphate. Si la concentration dépasse 1,5 mg/l, on fait une dilution jusqu'au avoir une valeur comprise entre 0,09 et 1,5mg/l. Le résultat obtenu est multiplié par le facteur de dilution.



Fig.2. 8 . Spectrophotomètre.

2.7.1.4.5. Détermination des nitrates par analyse à flux continu :

Après la préparation du matériel ainsi que les réactifs à utiliser durant la manipulation (solution puffer, réactif coloré +eau distillée et Brij), on place nos échantillons à analyser dans la table d'échantillonneur. On met en marche les équipements avec passage des réactifs et enregistrement des données (Date et nom de l'élément à analyser). On exécute le logiciel Flow Access qui est en contact direct avec l'échantillonneur et l'interface et en fin. On sélectionne l'élément à analyser (nitrates comme dans notre cas) pour permettre l'exécution des résultats.



Fig.2. 9 .Appareil de mesure de Nitrate.

2.7.1.4.6. Dosage des Chlorures par titrage au nitrates d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr) :

Le dosage des échantillons se fait comme suit :

On introduit, au moyen d'une fiole de 100 ml de l'échantillon V_a dans un bécher conique placé sur un fond blanc.

On ajoute 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et on titre la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prend une couleur brun rougeâtre. On note le volume V_s de nitrate d'argent versé.

La concentration des chlorures exprimée en mg/l est donnée par la relation :

$$C_{Cl^-} = (V_s - V_b) C \times F \cdot F_c / V_a.$$

V_b = Nitrate d'argent utilisé pour le dosage de blanc

C = Concentration réelle (mol/l) de solution de nitrate d'argent éventuellement corrigée du coefficient correcteur.

F = 35453 (masse molaire de $Cl^- \cdot 1000$, mg/mol).

F_c = facteur de correction de la solution d' $AgNO_3$.

Le résultat à 1mg près avec seulement 3 chiffres significatifs.



Fig.2. 10 . Méthode de Mohr .

2.7.1.4.7. Dosage du potassium et sodium par ICP-OES (spectromètre à émission optique avec plasma induit par haut fréquence) :

Les échantillons prélevés sont acidifiés avec l'acide nitrique (0,5%). Après la mise en marche de l'appareil (équipement, l'ordinateur en en exécutant le logiciel Winlab, ouvrir les gaz Argon et Air, le choix d'élément à analyser), on remplit les tubes avec les standards et les échantillons avec enregistrement des données (date, nom de l'élément analysé). Les codes de notre échantillon à analyser et la position des échantillons sont mis de telle manière que chaque tube soit attribué à une position dans la palette de l'échantillonneur. L'emplacement de la gamme d'étalonnage et les échantillons dans l'échantillonneur est important en couchant sur 'Analyse All' afin de commencer l'analyse tout en sachant que cette analyse est réalisée dans des conditions opératoire pour les eaux propre bien déterminées (Plasma Gaz Flow : 10/min, vitesse de la pompe péristaltique : 1,5 ml/min...etc.). les résultats sont indiqués directement sur le logiciel.

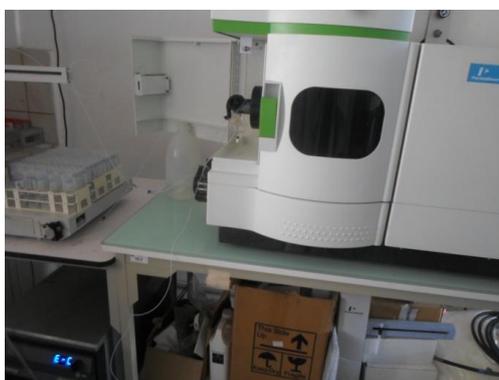


Fig.2. 11 . ICP-OES.

2.7.1.4.8 Test de chlore résiduel :

Après avoir l'appareil en marche (photomètre MD 100), on prélève l'eau à analyser dans la cuve de 10 ml et la mettre dans la chambre de mesure. On ferme la couve de la cuvette en appuyant sur la touche zéro. Le message '0.00' apparait sur l'affichage. Après retiré la cuvette, on ajoute une pastille de DPD N01 et l'écrase à l'aide d'un agitateur propre. On ferme le couvercle de la cuve à nouveau et la placer dans la chambre de mesure pour lire la valeur du chlore résiduel. Quand un chlore total, il est déterminé au niveau de la station de traitement de Boudouaou.



Fig.2. 12 . Photomètre.

2.7.2. Analyse des paramètres bactériologiques :

Les analyses bactériologiques d'une eau destinée à la consommation humaine sont basées sur la recherche et dénombrement des germes suivants :

- Germes revivifiables ;
- Coliformes totaux ;
- Coliformes fécaux et E-Coli ;
- Streptocoques fécaux
- Les anaérobies sulfite-réducteurs, par méthode de filtration sur membrane.

Ces germes recherchés sont spécifiques à des milieux de culture dans lesquels ils se développent à une température d'incubation adaptée pendant un temps favorable au développement. La présence des bactéries se révèle à travers les types des colonies qui sont caractéristiques à chaque groupe des bactéries.

2.7.2. 1. Méthodes d'analyse :

La filtration sur membrane est une méthode numérique adaptée pour énumérer des bactéries présentes à des concentrations très faibles dans les échantillons d'eaux. Pour dénombrer ces bactéries, il est alors nécessaire d'analyser les échantillons d'eaux aux volumes adéquates. L'unité de filtration comprend un entonnoir cylindrique qui reçoit l'échantillon à analyser. Un support de filtre sur lequel la membrane est déposée, d'une fiole réceptrice qui récupère le filtrat et une pompe qui sert à faire le vide. La figure 2.13 montre le système de filtration sur membrane.



Fig.2. 13 . *Système de filtration sur membrane.*

Le système doit être placé près d'un Bec Bunsen, de manière à ménager une zone de travail stérile et à pouvoir stériliser le matériel à la flamme. Flamber les supports filtres, flamber aussi les entonnoirs cylindriques. Une fois, les supports filtre et les entonnoirs refroidissent, posez stérilement les membranes filtrantes à l'aide d'une pince stérilisée et posez les entonnoirs sur les supports sans léser les membranes.

2.7.2. 2. Mise en culture – Incubation :

Retirer les membranes, les poser sur les milieux choisis, sans faire des bulles et sans les retourner (la nutrition des bactéries se fait au travers). Incuber aux températures adéquates. Pour une autre manipulation, flamber l'ensemble entonnoir-support : il est prêt à resservir.

2.7.2.3. Lecture :

Après 24h à 72h d'incubation, les boîtes de pétries sont retirées de l'étuve pour les comptages de colonies caractéristiques.

2.7. 2.4. Recherche et dénombrement des Germes revivifiables par méthode filtration sur membrane :

Sur chacune des deux boîtes de pétri, on ajoute 15 à 20 ml de milieu de culture (fondu et refroidi). On mélange avec précaution, par rotation lente en forme de 8. On laisse se solidifier. Le dénombrement dans chaque échantillon est effectué par incubation à 22 et 36 °C pendant 48H et l'autre à 22 pendant 68H en tenant compte les boîtes (colonies).

2.7. 2.5. Recherche et dénombrement des E-Coli et des bactéries coliformes par méthode filtration sur membrane :

Le dénombrement des bactéries coliformes s'est effectué par filtration sur membrane (100, 10 et 1ml) dont le diamètre de la membrane filtrante est de porosité de 0,45µm. Les bactéries retenues ont été déposées sur le milieu de culture CCA puis incubées à 36°C. Après 24h, on dénombre les colonies caractéristiques. Pour les CF, on a fait un test de confirmation en versant sur le disque d'oxydation sur un, 2 à 3 gouttes d'eau distillée (à l'aide d'une pipette pasteur), la réaction est considérée comme positive s'il y a apparition d'une couleur violette. Sinon se sont que des coliformes.

2.7.2.6. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux par méthode filtration sur membrane :

Pour la recherche des entérocoques, les éventuelles bactéries ainsi retenus présentes dans l'eau à analyser ont été déposées sur le milieu de culture Slanetz. En suite, on passe à la filtration sur la rampe dont le diamètre de la membrane filtrante est de 0,45µm, puis on incube à 36°C pendant 48h. Après incubation, les entéro (en cas de présence) donnent des colonies rouges ou Marrou. Dans ce cas-là, un test de confirmation peut être nécessaire en transférant le filtre ainsi déposé dans le 1^{er} milieu sur la boîte de pétri contenant la gélose BEA. On fait l'incubation à nouveau à 44°C pendant, les boîtes pétries vont retirer après incubation et on complète les colonies entourées d'un halo noir. Le dénombrement des entérocoques est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane ayant une porosité de 0,45 µm. Le filtre est placé sur un milieu sélectif (Slanetz). Pour confirmation de la présence d'entérocoques. Le filtre est ensuite transféré sur la gélose contenant la BEA donnent une coloration noire. Les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau.

2.7.2.7. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par méthode filtration sur membrane :

Après destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à 75± 5°C. Dans un bain marie pendant 15 min, on filtre 20ml de l'échantillon à analyser sur membrane de 0,22 µm. Après filtration, les éventuelles bactéries sont retenues dans le filtre, à l'aide d'une pince stérile, on les enlève. On place la face supérieure (tourné vers le bas) dans le fond d'une boîte de pétri, et on ajoute le milieu de culture viande foie liquéfié avec les additifs soigneusement (en évitant d'effectuer des bulles d'air entre la membrane et le milieu de culture. Ce dernier sera incubé pendant 24h. Entre chaque échantillon la rampe sera stérilisé pour les bactéries. la zone de stérilisation autour du bec bunsen est de 30 cm, la rampe de filtration est posée à la flamme pour chaque utilisation (la rampe a été utilisée à la flamme).

Tableau.2. 2. Méthodes d'analyse bactériologiques.

| Paramètres | Matériel et réactifs | Méthodes | Norme et résultat | Caractéristique des colonies |
|---|--|-------------------------|--------------------------------|---|
| Germes revivifiables à 22° et 36° par incubation | PCA, gélose gluconique, rampe de filtration, bains marie, filtre 0.45µm, boîtes pétri, trompe à vide, pipettes, pasteur, incubateur, pinces, étuve à 22° et 35°c, bec bunsen, trompe à vide. | Filtration sur membrane | ISO 222 NA 763 | colonies |
| Coliformes totaux Coliformes fécaux et E-coli | CCA, rompe de filtration, bains marie, filtre 0.45µm, boîte bétri, trompe à vide, pipettes, pasteur, incubateur, pinces, étuve à 36° et 44°c, bec bunsen | Filtration sur membrane | NF EN ISO 93 09_1 | E-coli : bleu CF : violet CT : Rose à Rouge |
| Entérocoque intestinaux | Slanetz, BEA pour confirmation, rampe de filtration, bains marie, filtre 0.45µm, boîte bétri, trompe à vide, pipettes, pasteur, incubateur, pinces, étuve à 36°c, bec bunsen, tromp à vide | Filtration sur membrane | NF ISO 7899_2_NA 766 :2010 | Rouge présomptif |
| ASR | Gélose VF, additifs Alun de fer et sulfate du sodium, bain marie, filtre 0.22µm, boîte bétri, trompe à vide, pipettes, pasteur, incubateur, pinces, étuve à 36°c, bec bunsen, tromp à vide | Filtration sur membrane | NF EF 26461_ISO 6461-2.1993 | Colonie noire |

2.8. Conclusion :

Le chapitre matériel et méthodes , en plus de collecter les données géographiques, nous a permis de mettre en relief les méthodes ainsi que le matériel utilisé dans le but d'établir une base d'analyse permettant à la fois l'interprétation des résultats ainsi que leur reproductibilité.

Chapitre 3

Résultats et discussion.

3.1. Introduction :

Dans ce dernier chapitre, on procède dans un premier temps à la présentation et à l'interprétation des données historique de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans la commune de Kouba consigné dans les années 2012-2018. Dans un second temps, on va aborder nos propres résultats accompagnés par des interprétations et une discussion générale.

3.2. Exploitation des données historiques :

Les données historiques des paramètres physico-chimiques et microbiologiques sur les 04 dernières années sont regroupées respectivement dans les tableaux 3.1 et 3.2 via les indicateurs de prévention présentés en annexe A.

3.2.1. Suivi de la qualité physico-chimique des points d'eau analysés:

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques effectuées sur les différents échantillons d'eau prélevés au cours du période 2015-2018 sont présentés dans les figures 3.1 à 3.7.

3.2.1 .1. pH :

Il conditionne un grand nombre d'équilibre calco-carbonique et dépend de multiples facteurs. On peut citer la température, l'origine de l'eau...etc. Il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau. Les mesures de pH dans l'ensemble des échantillons durant les années 2015-2018 sont comprises entre 7,1 et 8,39, ce qui témoigne une légère alcalinité du milieu. La décroissance de l'alcalinité est en relation direct avec l'oxydation de la matière organique ou à l'augmentation de la présence du CO₂ qui fait diminuer le pH.

3.2.1.2. Conductivité :

C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et spécialement de leur concentration en minéraux. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous. La conductivité moyenne de 939,57. Elle est varié entre 1321,36 et 939,57. Les valeurs les plus importantes sont observées au niveau du champ captant El-Harrach et le barrage Kaddara mais restent toujours dans la gamme d'interprétation Algérienne.

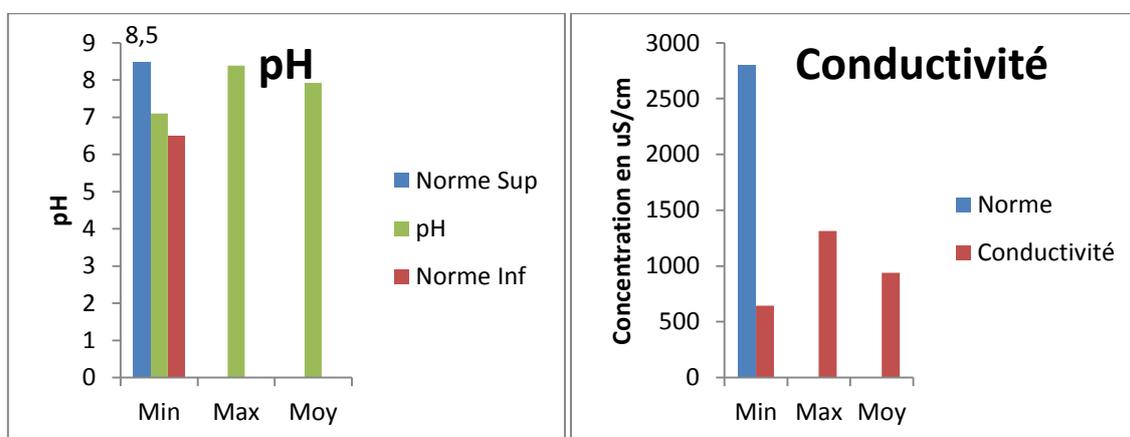


Fig.3. 1 . Variation spatiale des valeurs moyennes de pH et de la conductivité.

3.2.1.3. Turbidité :

Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées comme les argiles, limons et MO...etc. Les taux de la turbidité sont compris entre 1,37 et 23 NTU. Les valeurs max (23 NTU) ne répondent pas aux normes d'interprétation sont enregistrées que dans l'eau brute.

3.2.1.4. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre important. Il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique, sa teneur est dépend de la température, de la pression et de la salinité. Elle constitue un indicateur de l'activité biologique (photosynthèse). L'O₂ en faible quantité favorise le développement des

microorganismes pathogènes. D'après la figure 3.2, les teneurs en O₂ dissous varient entre 4,19 et 9,83 mg/l.

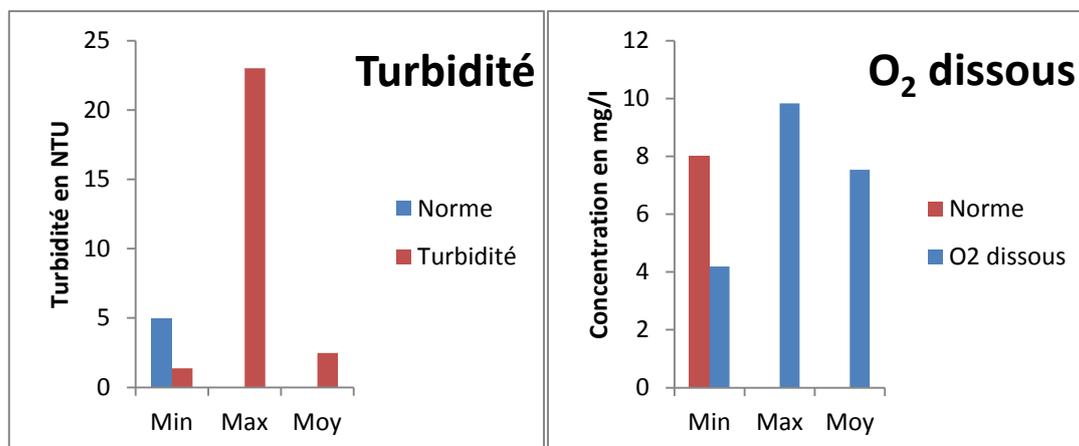


Fig.3. 2 . Variation spatiale des valeurs moyennes de la turbidité et de l'O₂ dissous.

3.2.1.5. Température :

La température est un paramètre limitant. Elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz notamment l'O₂ dissous, de la dissolution des sels dissous et dans la détermination de pH. Les valeurs de la température s'écartent avec une légère augmentation pour quelques cas des normes Algériennes, sinon dans l'ensemble. Les valeurs de la température enregistrées répondent aux exigences de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

3.2.1.6. Nitrate :

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais, il ressort de la figure 3.3 que les nitrates varient entre 3,04 et 27,81 mg/l. Les teneurs en nitrates sont inférieurs aux valeurs guides ce qui nous permet de conclure que ces eaux étudiées ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les nitrates.

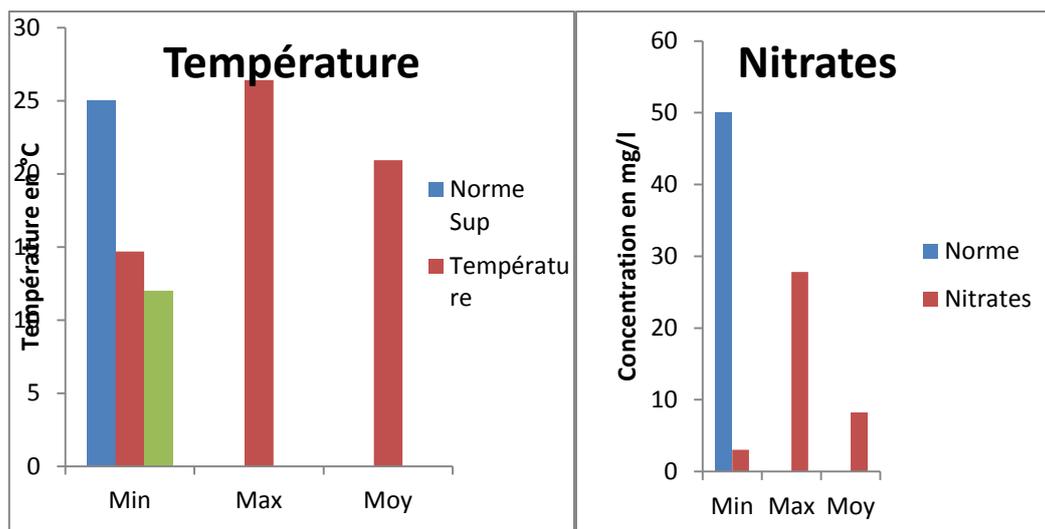


Fig.3.3. Variation spatiale des valeurs moyennes de la température et des nitrates.

3.2.1.7. Calcium :

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. La présence des ions Ca^{+2} dans l'eau est liée à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 , soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). Les concentrations en ions calcium dans les échantillons d'eau à analyser fluctuent entre 51,1 et 118,99 mg/l. Ces valeurs enregistrées sont inférieures aux normes algériennes.

3.2.1.8. Magnésium :

Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il donne un goût désagréable à l'eau. Quand aux valeurs de magnésium, elles oscillent entre 94,68 et 11,83 mg/l avec une moyenne 33,14 mg/l. Comparées aux normes Algérienne, ces teneurs sont conformes aux normes édictées par l'OMS et la norme Algérienne.

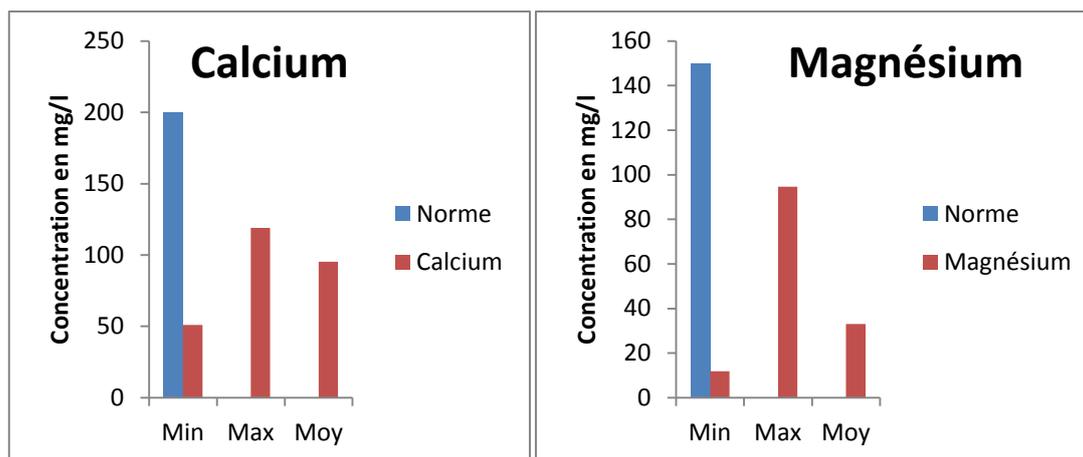


Fig.3. 4 . Variation spatiale des valeurs moyennes du calcium et du magnésium.

3.2.1.9. Chlorure :

Les teneurs en chlorures des eaux de consommation sont liés à la nature du terrain traversé et/ou faute d'un surdosage du chlore. Il donne une saveur désagréable à une concentration plus ou moins élevée et susceptible de générer la corrosion des conduites. Les concentrations en ions chlorures dans l'ensemble des points d'eau varient de 55,7 à 345,6 mg/l. Ces teneurs en chlorures sont inférieures à celles rapportées par la norme Algérienne.

3.2.1.10. Sulfates :

Naturellement présent dans les eaux et dépendent du terrain traversé. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (Chlorothiobactérie...etc.). Les résultats obtenus montrant des concentrations plus ou moins faibles en sulfates avec une valeur moyenne de 154,17mg/l. Cette teneur de sulfates comparée aux valeurs guides n'est pas caractéristique de pollution.

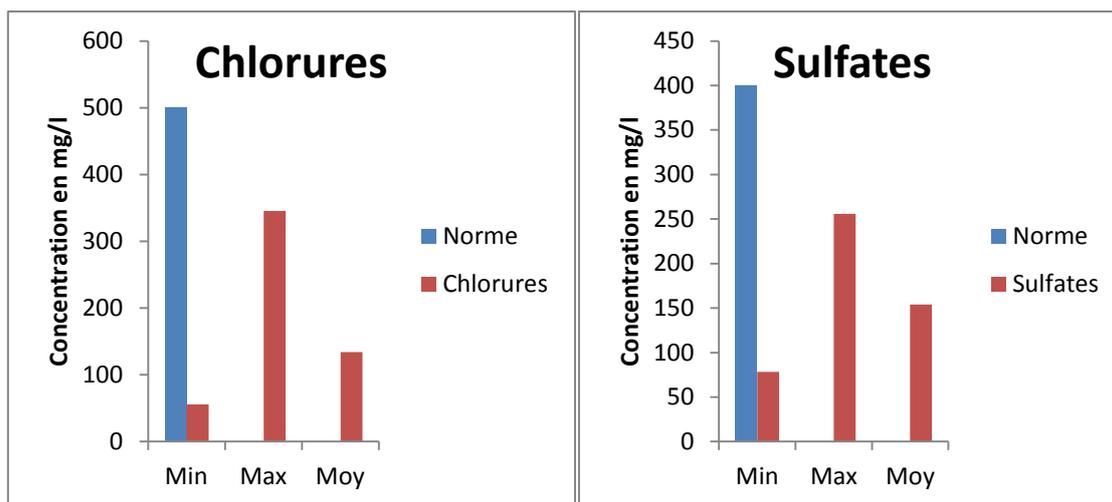


Fig.3. 5. Variation spatiale des valeurs moyennes de chlorures et des sulfates.

3.2.1.11. Sodium :

Il est présent toujours dans les eaux avec des teneurs variables. Les teneurs en sodium sont très importantes avec un maximum de 197,34 mg/l mais ne dépassent pas les valeurs limites déterminées par les normes Algériennes.

3.2.1.12. Potassium :

Les teneurs en potassium varient entre 1,36 et 5,34 mg/. Comparées aux normes Algériennes, elles sont moins importantes et ne présentent pas une source de pollution.

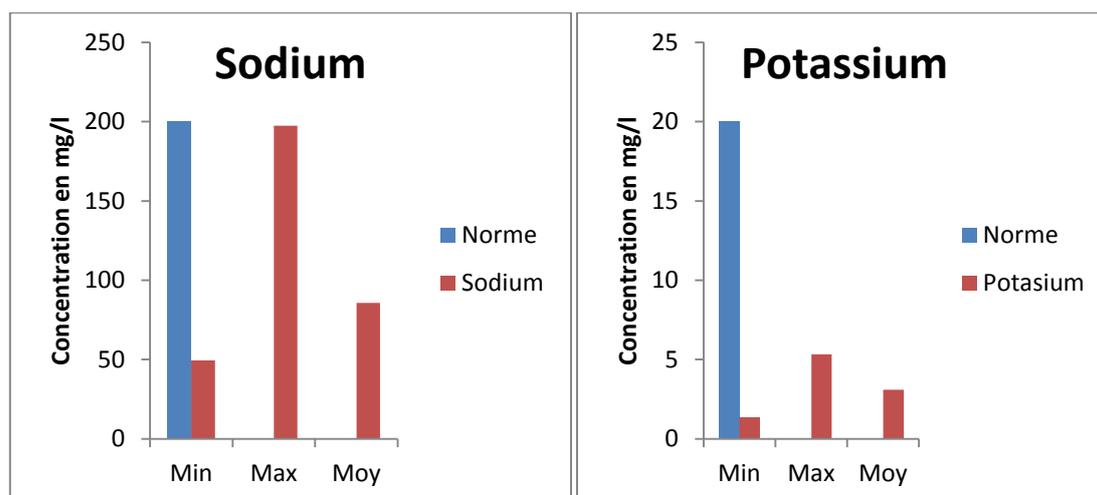


Fig.3. 6 . Variation spatiale des valeurs moyennes de sodium et du potassium.

3.2.1.13. TAC :

Il Correspond à la présence des espèces basiques telles que : les ions hydrogène (OH^-), les ions carbonatés (CO_3^{2-}), et les ions bicarbonates (HCO_3^-). A la lumière des résultats obtenus, les valeurs de TAC sont comprises entre 9,25 et 24,54 °F .

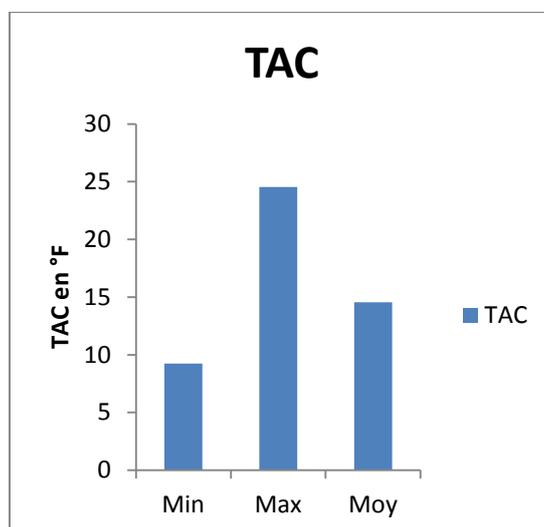


Fig.3. 7 . Variation spatiale des valeurs moyennes de TAC.

3.2.1.14. Orthophosphates, Ammonium, Nitrites et Fer :

les résultats obtenus pour tous les échantillons analysés sont présents à de très faibles concentrations et restent toujours dans les normes de potabilité Algérienne.

3.3. Analyse du chlore résiduel :

Les résultats d'analyse du chlore résiduel de la période 2015-2018 et 2019 sont présentés dans les tableaux 3.1 et 3.2.

Tableau.3. 1. Résultats d'Analyse du chlore résiduel (2015-2018)

| Echantillon | Chlore résiduel mg/l | | | Norme OMS |
|--------------------|----------------------|------|------|------------|
| | Min | Max | Moy | |
| Barrage Kaddara | 0 | 0 | 0 | / |
| Dép Boudouaou | 0,8 | 1,75 | 1,07 | 0,6-1 mg/l |
| Mélange El-Harrach | 0,6 | 1 | 0,82 | 0,6-1 mg/l |
| Arr Baraki | 0 | 0 | 0 | / |
| Arr SPIK | 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,6-1 mg/l |
| El-Hamma | 0,22 | 0,95 | 0,53 | 0,6-1 mg/l |
| Mélange Garidi | 0,28 | 1 | 0,53 | 0,6-1 mg/l |

La mesure du chlore résiduel est effectuée en tout point de réseau car, il constitue une forme de sécurité contre les contaminations éventuelle de l'eau. Il est aussi considéré comme indicateur d'une bonne désinfection de l'eau. Les valeurs du dosage du chlore résiduel sont très variables allant des valeurs nulles pour les eaux brutes jusqu'à des valeurs dépassant légèrement 1 mg/l à la sortie de la station de traitement de Boudouaou. Alors que L'OMS (2006) recommande un niveau de chlore résiduel de 0,6 à 1,0 mg/l pour protéger le réseau de distribution. En comparaison avec les normes de l'OMS. Les teneurs en chlore résiduel pour certains points d'échantillonnage ont été trouvés en dessous de 0,6 mg/l (El-Hamma et Mélange Garidi). Ladite teneur est insuffisante pour une désinfection efficace et cela pourrait aboutir à la croissance de bactéries pathogènes dans le système de distribution. Il est à noter que la présente étude a montré qu'il existe une diminution progressive du chlore résiduel dans le système de distribution. Cette diminution est probablement due à la nature instable du chlore, le diamètre de la canalisation et le temps de séjour de l'eau dans la canalisation. La dose de chlore introduite est insuffisante ou peut être expliqué par la présence dans le réseau de micro organismes et de composés organiques et minéraux réducteurs, consommant fortement le chlore.

Tableau.3. 2. Résultats d'Analyse du chlore résiduel 2019.

| Echantillon | Chlore résiduel mg/l | | | Moyenne (mg/l) | Norme OMS (mg/l) |
|--------------------|----------------------|------------|------------|----------------|------------------|
| | 29/04/2019 | 21/05/2019 | 10/06/2019 | | |
| Barrage Kaddara | 0 | 0 | 0 | 0 | / |
| Dép Boudouaou | 1,05 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 0,6-1 mg/l |
| Mélange El-Harrach | 0,42 | 0,77 | 0,68 | 0,62 | 0,6-1 mg/l |
| Arr Baraki | 0 | 0 | 0 | 0 | / |
| Arr SPIK | 0,85 | 0,74 | 0,75 | 0,78 | 0,6-1 mg/l |
| El-Hamma | 0,33 | 0,22 | 0,64 | 0,4 | 0,6-1 mg/l |
| Mélange Garidi | 0,56 | 0,46 | 0,47 | 0,5 | 0,6-1 mg/l |
| Kouba 117 | 0,73 | 0,46 | 0,49 | 0,56 | 0,6-1 mg/l |
| Kouba 158 | 0,534 | 0,39 | 0,5 | 0,47 | 0,6-1 mg/l |

Les concentrations moyennes du chlore résiduel des points d'eau au cours de la période d'échantillonnage sont élevées dans l'unité de traitement Boudouaou (1,08 mg/l) que dans les réservoirs d'eau (0,62 mg/l pour Mélange El-Harrach, 0,78 mg/l pour Arr. SPIK). De plus, le chlore résiduel dans ces derniers est supérieur à celui des châteaux d'eau (0,56 mg/l pour Kouba 117 et 0,47 mg/l pour Kouba 158). Cette diminution pourrait s'expliquer par l'accumulation des particules dans les réservoirs et les châteaux faute de nettoyage de ceux-ci ou encore par l'évaporation du chlore résiduel au cours du temps.

3.4. Suivi de la qualité bactériologique des points d'eau analysés en 2015-2018 :

Les résultats détaillés des analyses bactériologiques effectuées sur les différents échantillons d'eau prélevés sont présentés dans les figures (3.1 à 3.8).

Tableau.3. 3. Résultats des analyses bactériologiques des eaux des points étudiés

| Echantillon | Coliformes totaux | | | Coliformes fécaux | | | E-Coli | | | Normes |
|--------------------|-------------------|-----|--------|-------------------|------|-------|--------|-----|-----|------------------|
| | Min | Max | Moy | Min | Max | Moy | Min | Max | Moy | |
| Barrage Kaddara | 30,63 | 287 | 143,41 | abs | 67,5 | 13,48 | abs | abs | abs | <10000 UFC/100ml |
| Dép Boudouaou | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr Barraki | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Mélange El-Harrach | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr SPIK | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr El-Hamma | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Kouba 158 | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Kouba 117 | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Départ Mélange | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |

Tableau.3. 4. Concentrations des germes de bactéries isolées dans les échantillons d'eau analysés

| Echantillon | Entérocoques intestinaux | | | ASR | | | Normes |
|--------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----------------------------------|
| | Min | Max | Moy | Min | Max | Moy | |
| Barrage Kaddara | abs | abs | abs | abs | 2 | 0,35 | <20000UFC/100ml pour entérocoques |
| Dép Boudouaou | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr Barraki | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Mélange El-Harrach | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr SPIK | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Arr El-Hamma | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Kouba 158 | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Kouba 117 | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |
| Départ Mélange | abs | abs | abs | abs | abs | abs | abs |

3.4.1. Discussion :

A la lumière des résultats et illustrés par les tableaux 3.3 et 3.4, il ressort que, tous les échantillons d'eau pour chacun des sites étudiés sont conformes aux normes bactériologiques et ne contiennent pas des germes pathogènes à l'exception du barrage de Kaddara. Dans ce dernier site, le nombre de coliformes totaux retrouvé varie entre 30,63 et 287 UFC avec une valeur moyenne de 143,41 UFC, les coliformes fécaux fluctuent entre 0 et 67,5 UFC. Quand aux anaérobies (ASR) retrouvés dans le même site, elles sont comprises entre 0 et 2 UFC mais restent toujours conformes aux normes de qualité des eaux de surface selon la norme Algérienne.

3.4.2. Qualité physico-chimique :

Les résultats détaillés des analyses physico-chimiques effectuées sur les différents échantillons d'eau prélevés au cours de notre étude sont présentés dans les figures 3.9 à 3.13. via les indicateurs de prévention présentés en annexe A.

3.4.2.1. pH :

Les résultats du pH obtenus varient entre 7,1 (E7) et 7,93 (E3), en se référant aux normes de la potabilité Algérienne. Les valeurs enregistrées sont conformes aux normes. Ce sont donc des eaux légèrement alcalines.

3.4.2.2. Conductivité :

Les valeurs de la conductivité mesurée fluctuent 874 $\mu\text{c}/\text{cm}$ et 1232,33 $\mu\text{c}/\text{cm}$ et sont conformes aux normes d'interprétation Algérienne.

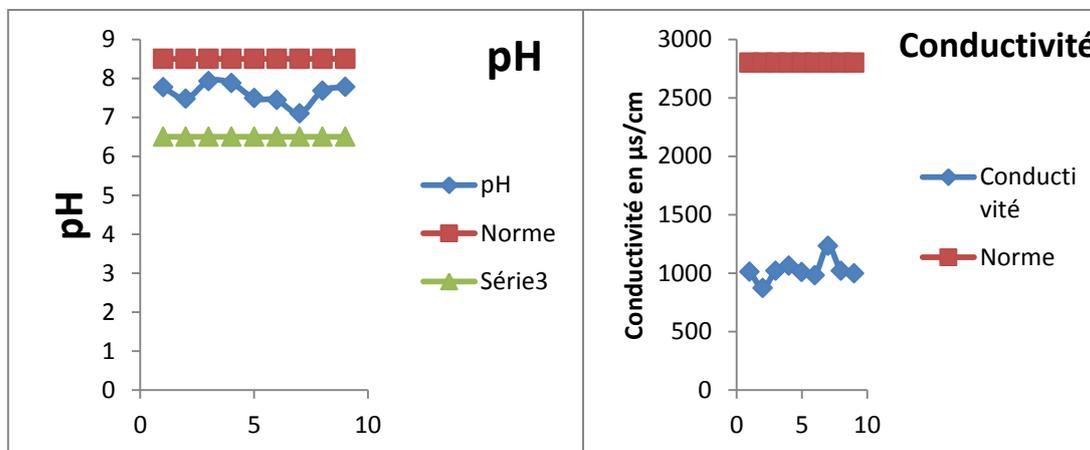


Fig.3. 8 . Variation spatiale des valeurs moyennes de pH et conductivité.

3.4.2.3. Oxygène dissous :

Les concentrations de l' O_2 dissous sont comprises entre 4.82 et 9.54 mg/l.

3.4.2.4. Turbidité :

Tous les échantillons analysés présentent des valeurs (Max= 2,77 NTU et Min= 0,39 NTU) inférieurs à celles fixées par la norme Algérienne.

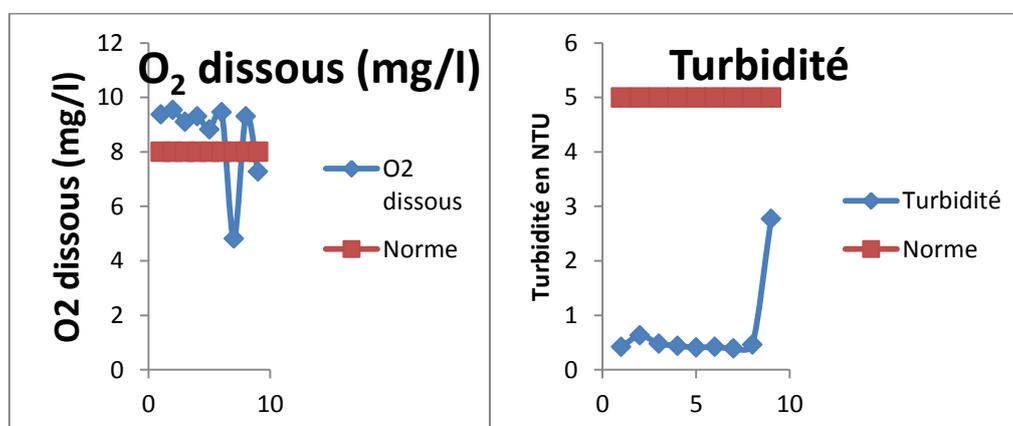


Fig.3. 9. Variation spatiale des valeurs moyennes d' O_2 dissous et Turbidité.

3.2.4.5. Température :

Les valeurs représentées dans la figure 3.11 montrent une variation de la température avec une valeur maximum observée dans l'échantillon 4 et minimum dans l'échantillon 8. Les deux valeurs sont conformes à normes suscitées.

3.2.4.6. Nitrates :

Toutes les valeurs des nitrates enregistrées sont inférieures à 20mg/l et sont relativement faibles par rapport à la valeur fixée par la norme Algérienne qui est 50mg/l.

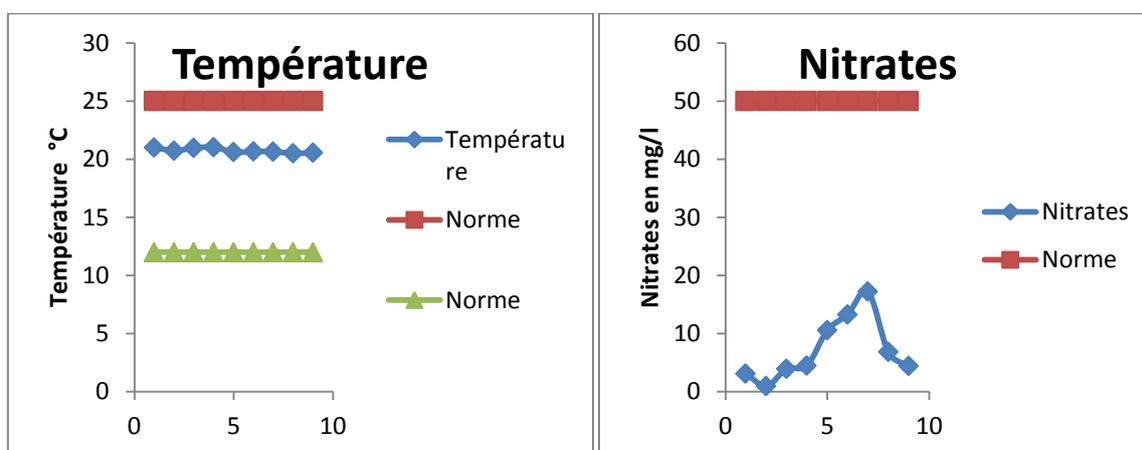


Fig.3. 10. Variation spatiale des valeurs moyennes de température et Nitrates

3.4.2.7. Chlorures :

La teneur en chlorures de nos échantillons varie entre 13,5 mg/l (E9) et 244,79 mg/l (E4). Ces teneurs ne dépassent pas les normes d'interprétations.

3.4.2.8. Sulfates :

Les concentrations des sulfates mesurés fluctuent de 8,36 mg/l (E3) et 157,1mg/l (E7). Ces valeurs sont relativement faibles comparées à la norme Algérienne recommandée (400mg/l).

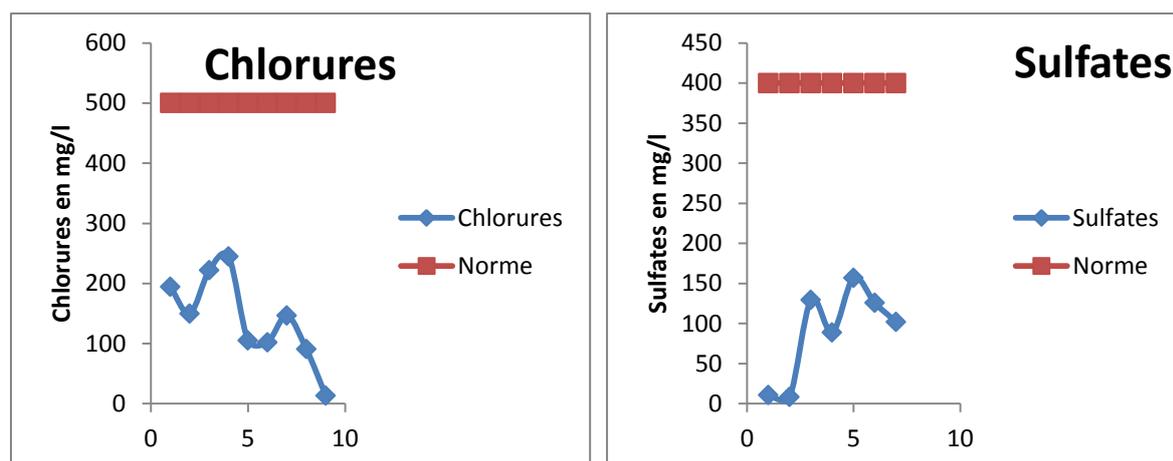


Fig.3. 11. Variation spatiale des valeurs moyennes de chlorures et sulfates

3.4.2.9. Orthophosphates, Ammonium, Nitrites et Fer :

Comme le montre la figure 3.13, les résultats obtenus pour tous les échantillons analysés sont présents à de très faibles concentrations et restent toujours dans les normes de potabilité Algérienne.

3.5. Suivi de la qualité bactériologique des points d'eau analysés en 2019 :

Les résultats détaillés des analyses bactériologiques effectuées sur les différents échantillons d'eau prélevés sont présentés dans le tableau 3.5.

Tableau.3. 5. Résultats des analyses bactériologiques 2019

| Echantillon | CT | CF | E-Coli | Norme | Echantillon | Entérocoques | ASR | Norme |
|--------------------|--------|-------|--------|---------------------|--------------------|--------------|-----|---------------------|
| Barrage Kaddara | 217 | 4 | 1 | <10000 UFC/100ml | Barrage Kaddara | 13,48 | 2 | <20000 UFC/100ml |
| Dép Boudouaou | abs | abs | abs | abs | Dép Boudouaou | abs | abs | abs |
| Arr Barraki | 166,66 | abs | abs | abs | Arr Barraki | abs | abs | abs |
| Mélange El-Harrach | abs | abs | abs | abs | Mélange El-Harrach | abs | abs | abs |
| Arr SPIK | abs | abs | abs | abs | Arr SPIK | abs | abs | abs |
| Arr El-Hamma | abs | abs | abs | abs | Arr El-Hamma | abs | abs | abs |
| Kouba 158 | 21 | 17,33 | 3,66 | abs | Kouba 158 | abs | abs | abs |
| Kouba 117 | 4,66 | abs | abs | abs | Kouba 117 | abs | abs | abs |
| Départ Mélange | 0 | abs | abs | abs | Départ Mélange | abs | abs | abs |

3.5.1. Discussion :

Les valeurs des analyses bactériologiques des eaux au cours des trois campagnes de prélèvement ont révélé qu'elles sont comparables et similaires. C'est pour quoi, nous nous limiterons dans ce qui suit à l'interprétation des valeurs moyennes de ces analyses :

La présence de coliformes totaux dans l'eau n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale ni un risque sanitaire (mais leur présence dans les eaux de distribution indique une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Le nombre des coliformes totaux dans les points étudiés (166 UFC/100ml pour Arrivée Barraki, 21 UFC/100ml pour Kouba 158 et 4,66 pour Kouba 117) est probablement due à une reviviscence bactérienne (formation d'un biofilm sur les parois des conduites d'eau potable). Dans certains cas, le manque d'entretien des installations et les matériaux utilisés peuvent eux-mêmes être mis en cause (vieillesse prématuré...etc.), entraînant une détérioration de la qualité microbiologique par une augmentation du nombre de germes pathogènes.

Les résultats d'analyse montrent une absence totale de coliformes fécaux dans les points d'eau traitée à l'exception Kouba 158. Le nombre de coliformes fécaux retrouvés au niveau du site Kouba 158 est de 17,33 UFC/100ml. Leur présence indique qu'une contamination fécale récente s'est introduite dans le réseau.

La présence de l'*Escherichia coli* et des entérocoques dans l'eau met en évidence une pollution d'origine fécale ancienne. Toute eau contenant ces bactéries ne doit pas être consommée (Norme : <1 UFC/100 ml). Les résultats d'analyses des E-Coli dans les points d'eau traitée montrent une absence totale de ce type de germe sauf Kouba 158, où il a été enregistré une concentration de 3,66 UFC/100ml.

Quant à la recherche et le dénombrement des spores d'anaérobie sulfite-réducteurs, les résultats obtenus montrent que 100% des échantillons d'eau traitée ne contiennent pas des ASR. Dans le cas des eaux brutes de surface destinées à la potabilisation, leur recherche n'a d'intérêt que pour la mesure de l'efficacité d'un traitement de potabilisation par filtration. Cependant, les concentrations des coliformes totaux, fécaux, E-Coli et ASR retrouvés dans le barrage de Kaddara sont

respectivement : 217 UFC/100ml, 4 UFC/100ml, 1 UFC/100ml, 2 UFC/100ml. Ces concentrations sont inférieures à celles exigées par la norme Algérienne.

3.6. Qualité des eaux et l'agressivité des matériaux : quelle relation ?

Les caractéristiques de l'eau produite par le SPIK, El-Hamma et Baraki vis-à-vis de son potentiel d'agressivité et de corrosivité sur les sept (07) dernières années (2012 à 2019) sont récapitulées dans les Tableaux, il s'agit des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux présentés en annexe A (Les indices usuels les plus pertinents calculés).

Tableau.3. 6. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (de 2012 à 2017)

| provenance d' eau | Ressources d'eau | Langelier | Larson | Qualité d'eau |
|-------------------|-------------------|-----------|--------|---------------------------------------|
| SPIK | eaux de surface | 0,2 | 2,2 | Incrustante et corrosive |
| Baraki | eaux souterraines | 0,31 | 1,76 | Incrustante et corrosive |
| Hamma | eaux déssalées | -0,3 | 6,3 | très corrosive et fortement agressive |

Tableau.3. 7. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (2018)

| provenance d' eau | Ressources d'eau | Langelier | Larson | Qualité d'eau |
|-------------------|-------------------|-----------|--------|---------------------------------------|
| SPIK | eaux de surface | 0,35 | 2,2 | Incrustante et corrosive |
| Baraki | eaux souterraines | 0,29 | 2,14 | incrustante et corrosive |
| Hamma | eaux déssalées | -0,6 | 5,98 | très corrosive et fortement agressive |

Tableau.3. 8. Moyenne des indicateurs usuels de prévention des risques matériaux (2019)

| provenance d' eau | Ressources d'eau | Langelier | Larson | Qualité d'eau |
|-------------------|-------------------|-----------|--------|---------------------------------------|
| SPIK | eaux de surface | 0,33 | 8 | Incrustante et corrosive |
| Baraki | eaux souterraines | 0,18 | 1,5 | Incrustante et corrosive |
| Hamma | eaux déssalées | -0,5 | 6 | très corrosive et fortement agressive |

3.6.1. SPIK- Système de production Isser-Kaddara :

Sur la base des résultats au cours des périodes 2012-2017, 2018 et 2019, les indices moyens de Langelier et de Larson sont respectivement : 0,2, 0,35, et 0,33 (indice de Langelier) et 2,2, 2,2 et 2,58 (indice de Larson). Au regard de cet indice, il en ressort que :

L'eau est légèrement entartrant, Cependant, au vue de l'évolution de cet indice sur l'année, la survenue récurrente de période d'eau agressive ne permet pas de s'affranchir d'un risque probable de détérioration prématurée des matériaux constitutifs du réseau de distribution.

Une eau corrosive au regard de l'indice de Larson. Un indice de Langelier moyen traduisant une eau à tendance incrustante sur la période.

De ce fait, il apparait que l'eau distribuée par le SPIK présente des caractéristiques de corrosivité non négligeables face aux risques de détérioration des matériaux constitutifs des réseaux d'adduction et de distribution de la zone étudiée. Pour cette raison, il est suggéré :

De corriger le caractère d'agressivité de l'eau en sortie des usines de BOUDOUAOU et de TAKSEBT par une correction de pH (recommandations SUEZ : indice de Langelier = $0 < LSI < 0,3$)

3.6.2. Station d'El-Hamma :

L'analyse de la qualité de l'eau sur les 07 dernières années (2012 à 2017), 2018 et 2019 est regroupée dans le Tableau 3.8 via les indicateurs de prévention présentés en annexe (les indices usuels les plus pertinents calculés).

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que :

Les valeurs de l'indice de Langelier des trois périodes sont excessivement -0,3, -0,6 et -0,5 qui traduisent une eau nettement agressive.

Les périodes à forts risques de corrosion correspondent à des LSI (Indice de Langelier) négatifs.

Sur ce, il apparaît que l'eau introduite dans le système AEP qui alimente la commune de Kouba depuis ladite station a un potentiel d'agressivité et de corrosivité important. L'impact de cette eau même lors de sa dilution dans le réservoir de mélange de Garidi n'est pas négligeable mais reste fonction du rapport de dilution et des caractéristiques des autres eaux alimentant ce réservoir. Dans l'optique de limiter cet impact, il est important de demander à l'exploitant de l'usine d'El-Hamma de délivrer une eau à l'équilibre (SEAAL n'étant pas exploitant de la station). Si ce n'est pas le cas, il pourrait être envisagé de limiter l'utilisation de l'eau provenant de cette ressource.

3.6.3. Champ captant de Baraki :

Selon des résultats obtenus :

Un indice de Langelier moyen (0,31, 0,29 et 0,18) traduisant une eau à tendance incrustante sur la période.

Il apparaît que l'eau introduite dans le système AEP d'Alger via les champs captant de BARAKI présente majoritairement un caractère incrustant, ce caractère incrustant s'il se confirmait, pourrait être intéressant dans l'objectif d'atténuer, voir maîtriser, l'agressivité potentielle des eaux de mélange au sein du réservoir El Harrach.

3.7. Conclusion

Nous l'avons décrit précédemment, les résultats obtenus nous ont permis de dire qu'il y a une relation entre la qualité de l'eau, l'agressivité et la corrosivité du matériau.

Conclusion générale

A la lumière des résultats obtenus sur la qualité physico-chimiques et bactériologique des eaux potables de la région de Kouba, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

De point de vue physico-chimiques, les résultats d'analyses d'eau durant la période 2015-2019 montrent que la qualité de cette eau est salubre et propre, car, elles ne contiennent pas des substances constituant un danger potentiel pour notre la santé publique.

De point de vue bactériologique : les résultats d'analyses des travaux antérieurs durant la période 2015-2018 montrent que 100% des échantillons d'eau ne contiennent pas des concentrations des micro-organismes, ni autres substances constituant un risque sanitaire. Cependant, les résultats du contrôle sanitaire durant la période de notre stage révèlent un taux de 78% de conformité et 22% de non conformité. Dans l'ensemble de ces résultats, on trouve les coliformes totaux, les coliformes fécaux, Escherichia-coli. La présence de coliformes totaux dans l'eau n'indique généralement pas une contamination d'origine fécale, ni un risque sanitaire mais leur présence dans les eaux de distribution indique une dégradation de la qualité bactériologique de l'eau. Les coliformes fécaux sont probablement dus à une contamination fécale, ou à l'environnement des systèmes de récupérations de ces eaux. Cependant la présence d'E-coli permet d'écarter le facteur environnement (La présence d'Escherichia-coli confirme une contamination fécale récente dans le site Kouba 158). Sur le plan d'agressivité et de corrosivité des matériaux en contact avec l'eau, il en ressort que l'eau produite par la station d'El-Hamma présente des caractéristiques de corrosivité et d'agressivités importantes, car, l'indice de Langelier est inférieur à 0. Quand aux eaux distribuées par le SPIK et le champ captant Baraki, elles ont un potentiel d'entartrage et de corrosivité important à l'égard de l'indice de Larson.

Recommandations :

Suite à l'interprétation et à l'analyse des principaux résultats de cette étude, il est possible de formuler les recommandations suivantes :

- Prise en considération les résultats d'analyses bactériologiques obtenus en 2019 via une confirmation de ceux-ci pour affirmer ces résultats.
- Corriger le caractère d'agressivité de l'eau en sortie des usines de Boudouaou et de Taksebt par une correction de pH.

Il est important de demander à l'exploitant de l'usine d'El-Hamma de délivrer une eau à l'équilibre. Si ce n'est pas le cas, il pourrait être envisagé de limiter l'utilisation de l'eau provenant de cette ressource ou de faire changer ce type de matériau par d'autres matériaux qui résistent mieux que ceux utilisés actuellement.

Référence bibliographique

- [1] **DEGREMONT.**, Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P : 5, 24,25.
- [2] **MARGAT. J.**, (2015). Exploitation et utilisation des eaux souterraines dans le monde coédition : UNESCO et BRGM volume 52.
- [3] **BOEGLIN. J.**, Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110
- [4] **Orelien. F.**, 2017. Etude de la qualité de l'eau destinée a la consommation humaine dans le sous bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau). MEMOIRE de Master, UNIV catholique de Louvain, 85P.
- [5] **LES NORMES DE POTABILITES-TPE.**, les traitements de L'eau potable. URL: <http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/i-l-eau-potable/i-b-les-normes-de-potabilite/>.
- [6] **OMS.**, 2004. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2e édition, volume 1, Recommandations, Organisation mondiale de la santé, Genève 2004.
- [7] **CELERIER.J et ANTONIE FABY,J.**, la dégradation de la qualité de l'eau potable dans le réseau. Document technique fndae hors-série N°12, direction de l'espace rural et de la forêt, 98p.
- [8] **LALANNE. F.** 2012. Etude de la qualité de l'eau le long de la chaîne d'approvisionnement au niveau des consommateurs dans 10 villages de la Province du Ganzourgou, (Région du Plateau Central, Burkina Faso). Rapport d'étude. 71:p34
- [9] **BENHADDOU. I., and BOUAMAMA, M.** 2007., Etude comparative entre trois coagulants utilisés dans le traitement des eaux le sulfate d'alumine, le chlorure ferrique et le polychlorosulfate basique d'aluminium (Onap Rabat: Université Sidi Mohamed Ben Abdellah).p55-56

[10] **MIQUEL . G., 2003.** Office Parlementaire d'évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques. Rapport sur la qualité de l'eau et l'assainissement en France. . Rapport N°215. Tome I. Sénat

[11] **Santé Canada, 1993.** Les trihalomethanes. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.19:p10

[12] **PESCOD, 1985; RODIER, 1996 .,** L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire Et Eaux De Mer)

[13] **Djalika. D., 2016.** Etude de l'influence des caractéristiques de l'eau brute et de l'eau traitée sur l'efficacité de la chloration : cas de la station de traitement de pasapanga de l'onea au Burkina Faso. Mémoire de master, office nationale de l'eau et de l'assainissement, 83p.

[14] **RODIE.J., Legude B., Merlet N. et coll., 2009.** L'analyse de l'eau. 9th Edition. Dunod.1579p.

[15] **GOODBURM. C., & Wallace. C. A., (2013).** The microbiological efficacy of d contamination, methodologies for fresh produce: a review. *Food Control*, 32(2), 418-427.

[16] **QUENEAU. P et HUBERT. J., (2009),** Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie national de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale France, pp 175-220.

[17] **DEGREMONT, «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1., (2005)**

[18]**PROULX/F., 2010.** Les goûts et les odeurs dans l'eau potable : revue des composés responsables et des techniques de mesure. Document generated, Univ du Québec, 22P.

[19] **BOUCHARD. M., (2008).** Évolution temporelle et modélisation des coliformes dans une Source d'eau potable. Mémoire (M. Sc). *Université de Laval.* Québec. 98p.

[20] MEHANNED. S., ZAID A., & CHAHLAOUI. A., (2014). Caractérisation bactériologique du lac réservoir du barrage Sidi Chahed. *Larhyss Journal*.17 : 215-225.

[21] RODIER .J., Legude B., Merlet N. et coll., 1996. L'analyse de l'eau.

[22]MARQUITA ., (1997).

[23] OMS., 2006. Guidelines for Drinking-Water Quality. 2e édition, volume 1, Recommandations, Organisation mondiale de la santé, Genève 2006.

[24] EN HEALTH. 2004-EnHealth. *La sous comité de partenariat de santé nationale publique du Gouvernement australien.*

[25] NWABOR OZIOMA. F et al Authors' contributions. 2016. College of Medicine, University of Illinois, Peoria, IL, USA. Reviewers, 5p.

[26] CAPBLANCO. J, DECAMPS. H., 2002-Centre d'écologie des systèmes aquatiques continentaux. *Ed scientifiques et médicales. Article. N°2. 6. 17.*

[27] GOYER-DESROSIERS, PH ., 2016. Impact du changement de source d'approvisionnement sur la qualité de l'eau dans le réseau de distribution. Ecole polytechnique de Montréal., 172p.

[28]TLILI.M., « étude des mécanismes de précipitation de carbonate de calcium. Application à l'entartrage », thèse de doctorat, université de SFAX(TUNISIE), (2002).

[29] CHAUVEHEID.E., 2012. L'évaluation des matériaux en contact avec l'eau potable chez Vivaqua : de l'approche statique vers une approche dynamique. TSM numéro, 50P.

[29] Gérard Gruau, Patrice Petit .j, and PANAGET .TH., 2007. Groupe d'Etude sur la Pollution des Eaux par les Matières Organiques. Etat des lieux, Trajectoires d'évolution et causes possibles. Dans "Savoirs et pratiques dans les bassins versants", Ph. Mérot, Coordinateur. Publication de l'INRA, Collection Update Sciences & Technologies, pp 61-66

Annexe

Annexe A

Tableaux récapitulatif des données de qualité d'eau utilisées pour l'étude (Période 2015-2018)

| Paramètres | Unité | Départ Boudouaou | | | Norme Algérienne | Paramètres | Unité | El-Hamma | | | Norme Algérienne |
|--|-------|------------------|--------|--------|------------------|--|-------|----------|--------|--------|------------------|
| | | Mini. | Maxi. | Moy. | | | | Mini. | Maxi. | Moy. | |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | | Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | |
| Température | °C | 15 | 27 | 20,90 | 12 à 25 | Température | °C | 14 | 28 | 21,20 | 12 à 25 |
| PH | | 7,3 | 8,4 | 7,7 | 6,5 - 8,5 | PH | | 7,1 | 9 | 8,2 | 6,5 - 8,5 |
| Conductivité | uS/cm | 699 | 1293 | 970 | 2800 | Conductivité | uS/cm | 447 | 1075 | 703 | 2800 |
| Turbidité | NTU | 0,16 | 0,52 | 1,9 | 5 | Turbidité | NTU | 4,9 | 5,26 | 4,86 | 5 |
| Oxygène | mg/l | 8,89 | 13,73 | 11,59 | 8 | Oxygène | mg/l | | | | 8 |
| Minéralisation | | | | | | Minéralisation | | | | | |
| TAC | °F | 12,9 | 21,2 | 18 | | TAC | °F | 3,6 | 29,8 | 5,1 | |
| Calcium Ca | mg/l | 58 | 123,3 | 83,7 | 200 | Calcium Ca | mg/l | 13 | 92 | 24,1 | 200 |
| Magnésium | mg/l | 20 | 71 | 42,4 | 150 | Magnésium | mg/l | 1,4 | 41 | 8,7 | 150 |
| Chlorure | mg/l | 37,50 | 237 | 111,6 | 500 | Chlorure | mg/l | 14,60 | 962,3 | 194,6 | 500 |
| Bicarbonates | mg/l | | | | | Bicarbonates | mg/l | | | | |
| Sulfate | mg/l | 130 | 280 | 212,9 | 400 | Sulfate | mg/l | 3,2 | 178,9 | 23,6 | 400 |
| CO2 libre | mg/l | | | | | CO2 libre | mg/l | | | | |
| Paramètres de pollutions | | | | | | Paramètres de pollutions | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 2,00 | 6,18 | 3,92 | 50 | Nitrate | mg/l | 4,50 | 5,90 | 5,00 | 50 |
| Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 | Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 |
| Ammonium N | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 | Ammonium N | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 |
| Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 | Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 |
| Métaux | | | | | | Métaux | | | | | |
| Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 | Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 |
| contrôle process | | | | | | contrôle process | | | | | |
| Chlore rés.lib | mg/l | - | - | - | | Chlore rés.lib | mg/l | - | - | - | |
| Résultats laboratoire central | | | | | | Résultats laboratoire central | | | | | |
| Na+ | mg/l | 24,6 | 428,5 | 69,1 | 200 | Na+ | mg/l | 48,2 | 203,8 | 111,1 | 200 |
| K+ | mg/l | 0,4 | 5,1 | 3,1 | 20 | K+ | mg/l | 1,4 | 6,8 | 4,1 | 20 |

| Paramètres | Unité | Mélange El-Harrach | | | Norme Algérienne | Paramètres | Unité | Arr Baraki | | | Norme |
|--|-------|--------------------|--------|--------|------------------|--|-------|------------|--------|--------|-----------|
| | | Mini. | Maxi. | Moy. | | | | Mini. | Maxi. | Moy. | |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | | Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | |
| Température | °C | 16 | 26 | 20,90 | 12 à 25 | Température | °C | 17 | 27 | 25,00 | 12 à 25 |
| PH | | 7,2 | 8,1 | 7,6 | 6,5 - 8,5 | PH | | 7 | 8 | 7,5 | 6,5 - 8,5 |
| Conductivité | uS/cm | 415 | 1270 | 889 | 2800 | Conductivité | uS/cm | 1000 | 1920 | 1254 | 2800 |
| Turbidité | NTU | 0,45 | 0,77 | 0,58 | 5 | Turbidité | NTU | 0,61 | 1,28 | 0,93 | 5 |
| Oxygène | mg/l | | | | 8 | Oxygène | mg/l | | | | 8 |
| Minéralisation | | | | | | Minéralisation | | | | | |
| TAC | °F | 12,5 | 31,4 | 16,8 | | TAC | °F | 20,6 | 32,9 | 24,2 | |
| Calcium Ca | mg/l | 31 | 82,2 | 140 | 200 | Calcium Ca | mg/l | 80,9 | 205,2 | 125,6 | 200 |
| Magnésium | mg/l | 5 | 64 | 32,5 | 150 | Magnésium | mg/l | 10 | 270,2 | 43 | 150 |
| Chlorure | mg/l | 77,70 | 224 | 122 | 500 | Chlorure | mg/l | 105,50 | 340 | 162,6 | 500 |
| Bicarbonates | mg/l | | | | | Bicarbonates | mg/l | | | | |
| Sulfate | mg/l | 90 | 270 | 158 | 400 | Sulfate | mg/l | 132,5 | 242,5 | 189,4 | 400 |
| CO2 libre | mg/l | | | | | CO2 libre | mg/l | | | | |
| Paramètres de pollutions | | | | | | Paramètres de pollutions | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 2,40 | 10,00 | 5,10 | 50 | Nitrate | mg/l | 6,40 | 124,10 | 29,90 | 50 |
| Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 | Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 |
| Ammonium N | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 | Ammonium N | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 |
| Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 | Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 |
| Métaux | | | | | | Métaux | | | | | |
| Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 | Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 |
| contrôle process | | | | | | contrôle process | | | | | |
| Chlore rés.lib | mg/l | - | - | - | | Chlore rés.lib | mg/l | - | - | - | |
| Résultats laboratoire central | | | | | | Résultats laboratoire central | | | | | |
| Na+ | mg/l | 38,1 | 104,8 | 61,6 | 200 | Na+ | mg/l | 34,2 | 145,6 | 84,1 | 200 |
| K+ | mg/l | 1,2 | 4,4 | 2,9 | 20 | K+ | mg/l | 0,4 | 5,1 | 1,2 | 20 |

Annexe

| Paramètres | Unité | Mélange Garidi | | | Norme Algérienne | Paramètres | Unité | Arr SPIK | | | Norme Algérienne |
|--|-------|----------------|--------|--------|------------------|------------------|-------|----------|--------|--------|------------------|
| | | Mini. | Maxi. | Moy. | | | | Mini. | Maxi. | Moy. | |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | | | | | | | |
| Température | °C | 14 | 27 | 21,00 | 12 à 25 | Température | °C | 15 | 27 | 20,90 | 12 à 25 |
| PH | | 6,3 | 8,6 | 7,9 | 6,5 - 8,5 | PH | | 7,4 | 8,4 | 7,7 | 6,5 - 8,5 |
| Conductivité | uS/cm | 536 | 1123 | 772 | 2800 | Conductivité | uS/cm | 427 | 1287 | 900 | 2800 |
| Turbidité | NTU | 0,26 | 2,34 | 0,62 | 5 | Turbidité | NTU | | | | 5 |
| Oxygène | mg/l | | | | 8 | Oxygène | mg/l | | | | 8 |
| Minéralisation | | | | | | | | | | | |
| TAC | °F | 3,5 | 25,7 | 13,7 | | TAC | °F | 7,3 | 20,3 | 15,9 | |
| Calcium Ca | mg/l | 31 | 100 | 58,9 | 200 | Calcium Ca | mg/l | 37 | 110 | 78,5 | 200 |
| Magnésium Mg | mg/l | 1,5 | 72 | 25,1 | 150 | Magnésium Mg | mg/l | 8,3 | 92 | 37,2 | 150 |
| Chlorure | mg/l | 31,00 | 273 | 130,1 | 500 | Chlorure | mg/l | 49,10 | 234 | 108,2 | 500 |
| Bicarbonates | mg/l | | | | | Bicarbonates | mg/l | | | | |
| Sulfate | mg/l | 8,9 | 260 | 108,6 | 400 | Sulfate | mg/l | 46 | 300 | 187,6 | 400 |
| CO2 libre | mg/l | | | | | CO2 libre | mg/l | | | | |
| Paramètres de pollutions | | | | | | | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 2,00 | 16,30 | 6,30 | 50 | Nitrate | mg/l | 2,00 | 26,00 | 3,60 | 50 |
| Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 | Nitrite | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,1 |
| Ammonium N | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 | Ammonium NH | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 |
| Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 | Phosphate | mg/l | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 |
| Métaux | | | | | | | | | | | |
| Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 | Fer | mg/l | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 |
| contrôle process | | | | | | | | | | | |
| Chlore rés.libre | mg/l | - | - | - | | Chlore rés.libre | mg/l | - | - | - | |
| Résultats laboratoire central | | | | | | | | | | | |
| Na+ | mg/l | 58,4 | 149 | 102,5 | 200 | Na+ | mg/l | 32,7 | 239,7 | 61,3 | 200 |
| K+ | mg/l | 2,7 | 7,8 | 4,2 | 20 | K+ | mg/l | 0,4 | 5,2 | 3,1 | 20 |

| Paramètres | Unité | Barrage Kaddara | | | Norme Algérienne |
|--|-------|-----------------|--------|--------|------------------|
| | | Mini. | Maxi. | Moy. | |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | |
| Température | °C | 11,76 | 22,87 | 16,61 | 12 à 25 |
| PH | | 7,42 | 8,2 | 7,86 | 6,5 - 8,5 |
| Conductivité | uS/cm | 985,75 | 1218,5 | 1089 | 2800 |
| Turbidité | NTU | 1,28 | 132,72 | 6,76 | 5 |
| Oxygène | mg/l | 0,69 | 12 | 6,88 | 8 |
| Minéralisation | | | | | |
| TAC | °F | 15,67 | 18,85 | 17,78 | |
| Calcium | mg/l | 68,72 | 93,25 | 84,63 | 200 |
| Magnésium | mg/l | 36,63 | 52,38 | 43,11 | 150 |
| Chlorure | mg/l | 74,47 | 148,9 | 108,49 | 500 |
| Bicarbonates | mg/l | 187,91 | 229,99 | 207,4 | |
| Sulfate | mg/l | 137,01 | 259,75 | 199,11 | 400 |
| CO2 libre | mg/l | 3,02 | 4,79 | 3,91 | |
| Paramètres de pollutions | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 1,96 | 6,18 | 3,92 | 50 |
| Nitrite | mg/l | <0,02 | 0,092 | 0,023 | 0,1 |
| Ammonium | mg/l | <0,015 | 0,097 | 0,031 | 0,05 |
| Phosphate | mg/l | <0,015 | 0,106 | 0,026 | 0,5 |
| Métaux | | | | | |
| Fer | mg/l | <0,02 | 0,34 | 0,100 | 0,3 |
| contrôle process | | | | | |
| Chlore rés.libre | mg/l | - | - | - | |
| Demande en C | mg/l | 1,02 | 1,85 | 1,35 | |
| Résultats laboratoire central | | | | | |
| Na+ | mg/l | 110 | 110 | 110 | 200 |
| K+ | mg/l | 3 | 3 | 3 | 20 |

Annexe

Tableau récapitulatif des données de qualité d'eau utilisées pour l'étude (2019)

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | NORME |
|------------------------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| O2 dissous (mg/l) | 9,38 | 9,54 | 9,1 | 9,3 | 8,82 | 9,46 | 4,82 | 9,3 | 7,28 | 8 |
| pH | 7,77 | 7,48 | 7,93 | 7,88 | 7,49 | 7,44 | 7,1 | 7,68 | 7,78 | 6,5_8,5 |
| T° C | 21 | 20,73 | 20,96 | 21,03 | 20,6 | 20,66 | 20,63 | 20,5 | 20,55 | 12_25 |
| sulfate (mg/l) | 10,77 | | 8,36 | | 129,52 | 88,8 | 157,1 | 125,67 | 102,01 | 400 |
| turbidité (NTU) | 0,42 | 0,63 | 0,48 | 0,44 | 0,41 | 0,42 | 0,39 | 0,46 | 2,77 | 5 |
| conductivité (µs/cm) | 1013,33 | 874 | 1021 | 1064 | 1010,33 | 983,33 | 1232,33 | 1019,66 | 997,5 | 2800 |
| chlorure (mg/l) | 194,56 | 149,91 | 221,7 | 244,79 | 105,08 | 101,88 | 146,29 | 90,9 | 13,5 | 500 |
| nitrate (mg/l) | 3,1 | 0,96 | 3,92 | 4,45 | 10,55 | 13,29 | 17,2 | 6,81 | 4,42 | 50 |
| TAC | 10,6 | 13,5 | 10,75 | 7 | 19,7 | 19,3 | 24,35 | 18,3 | 18,6 | |
| Orthophosphates (mg/l) | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,5 |
| Ammonium (mg/l) | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | <0,015 | 0,05 |
| Fer (mg/l) | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,3 |
| nitrite (mg/l) | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | |

Tableau récapitulatif des données de qualité d'eau utilisées pour l'étude (2012-2018)

| Paramètres | Unité | Eaux de surface | | | Norme Algérienne | Paramètres | Unité | Eaux Souterraines | | |
|--|-------|-----------------|------|-------|--|-----------------|-------|-------------------|-------|--------|
| | | Moy | Min | Max | | | | Moy | Min | Max |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | |
| Température | °C | 20,9 | 15 | 27,00 | 12 à 25 | Température | °C | 20,5 | 17 | 27,00 |
| PH | | 7,7 | 7,3 | 8,4 | 6,5 - 8,5 | PH | | 7,5 | 7 | 8 |
| Conductivité | uS/cm | 970 | 699 | 1293 | 2800 | Conductivité | uS/cm | 1254 | 1000 | 1920 |
| Minéralisation | | | | | Minéralisation | | | | | |
| TAC | °F | 18 | 12,9 | 21,2 | | TAC | °F | 24,2 | 20,6 | 32,9 |
| Calcium Ca | mg/l | 83,7 | 58 | 123,3 | 200 | Calcium Ca 2+ | mg/l | 125,6 | 80,9 | 205,2 |
| Magnésium | mg/l | 42,4 | 20 | 71 | 150 | Magnésium Mg 2+ | mg/l | 43 | 10 | 270,2 |
| Chlorure | mg/l | 111,60 | 37,5 | 237 | 500 | Chlorure | mg/l | 162,60 | 100,5 | 340 |
| Sulfate | mg/l | 212,9 | 130 | 280 | 400 | Sulfate | mg/l | 189,4 | 132,5 | 242,5 |
| Paramètres de pollutions | | | | | Paramètres de pollutions | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 3,90 | 2,00 | 28,00 | 50 | Nitrate | mg/l | 29,90 | 6,40 | 124,10 |
| Résultats laboratoire central | | | | | Résultats laboratoire central | | | | | |
| Na+ | mg/l | 69,1 | 24,6 | 428,7 | 200 | Na+ | mg/l | 84,1 | 34,2 | 145,6 |
| K+ | mg/l | 3,1 | 0,4 | 5,1 | 20 | K+ | mg/l | 1,2 | 0,4 | 5,1 |

Annexe

| Paramètres | Unité | Eaux de surface+Eaux dessalées | | | Paramètres | Unité | Eaux dessalées | | |
|--|-------|--------------------------------|------|-------|--|-------|----------------|------|-------|
| | | Moy | Min | Max | | | Moy | Min | Max |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | Paramètres physiques et organoleptiques | | | | |
| Température | °C | 21 | 14 | 27,00 | Température | °C | 21,2 | 14 | 28,00 |
| PH | | 7,9 | 6,3 | 8,6 | PH | | 8,2 | 7,1 | 9 |
| Conductivité | uS/cm | 272 | 536 | 1123 | Conductivité | uS/cm | 703 | 447 | 1075 |
| Minéralisation | | | | | Minéralisation | | | | |
| TAC | °F | 13,7 | 3,5 | 25,7 | TAC | °F | 5,1 | 3,6 | 29,8 |
| Calcium Ca 2+ | mg/l | 58,9 | 31 | 100 | Calcium Ca 2+ | mg/l | 24,1 | 13 | 92 |
| Magnésium Mg 2+ | mg/l | 25,1 | 1,5 | 72 | Magnésium Mg 2+ | mg/l | 8,7 | 1,4 | 41 |
| Chlorure | mg/l | 130,10 | 31 | 273 | Chlorure | mg/l | 194,60 | 14,6 | 962,3 |
| Sulfate | mg/l | 108,6 | 8,9 | 260 | Sulfate | mg/l | 23,6 | 3,2 | 178,9 |
| Paramètres de pollutions | | | | | Paramètres de pollutions | | | | |
| Nitrate | mg/l | 6,30 | 2,00 | 16,30 | Nitrate | mg/l | 5,00 | 4,50 | 5,90 |
| Résultats laboratoire central | | | | | Résultats laboratoire central | | | | |
| Na+ | mg/l | 102,5 | 58,4 | 149 | Na+ | mg/l | 111,1 | 48,2 | 203,8 |
| K+ | mg/l | 4,2 | 2,7 | 7,8 | K+ | mg/l | 4,1 | 1,4 | 6,8 |

| Paramètres | Unité | Eaux de surfaces+Eaux dessalées+ Eaux Souterraines | | | Norme Algérienne | Paramètres | Unité | Eaux de surface+Eaux Souterraines | | |
|--|-------|--|------|-------|--|-----------------|-------|-----------------------------------|------|-------|
| | | Moy | Min | Max | | | | Moy | Min | Max |
| Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | Paramètres physiques et organoleptiques | | | | | |
| Température | °C | 21,2 | 15 | 27,00 | 12 à 25 | Température | °C | 20,9 | 16 | 26,00 |
| PH | | 7,8 | 7,1 | 9 | 6,5 - 8,5 | PH | | 7,6 | 7,2 | 8,1 |
| Conductivité | uS/cm | 807 | 619 | 1134 | 2800 | Conductivité | uS/cm | 889 | 415 | 1270 |
| Minéralisation | | | | | Minéralisation | | | | | |
| TAC | °F | 12,7 | 7,5 | 27,5 | | TAC | °F | 16,8 | 12,5 | 31,4 |
| Calcium C | mg/l | 60 | 10 | 100 | 200 | Calcium Ca 2+ | mg/l | 82,2 | 31 | 140 |
| Magnésium | mg/l | 26,2 | 2,4 | 58 | 150 | Magnésium Mg 2+ | mg/l | 32,5 | 5 | 64 |
| Chlorure | mg/l | 127,90 | 57,6 | 267 | 500 | Chlorure | mg/l | 122,00 | 77,7 | 224 |
| Sulfate | mg/l | 107,3 | 28 | 260 | 400 | Sulfate | mg/l | 158 | 90 | 270 |
| Paramètres de pollutions | | | | | Paramètres de pollutions | | | | | |
| Nitrate | mg/l | 4,10 | 1,10 | 13,00 | 50 | Nitrate | mg/l | 5,10 | 2,40 | 10,00 |
| Résultats laboratoire central | | | | | Résultats laboratoire central | | | | | |
| Na+ | mg/l | 95,8 | 59,7 | 153 | 200 | Na+ | mg/l | 61,6 | 38,1 | 104,8 |
| K+ | mg/l | 3,6 | 1,6 | 6,3 | 20 | K+ | mg/l | 2,9 | 1,2 | 4,4 |

Annexe

Annexe B :



Annexe



Annexe



Annexe



Annexe

