



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciencesagronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Intitulé :

Analyses physico chimiques et bactériologiques des eaux
des puits de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (la commune
de Zemmoura).

Présenté par :

Khababa Dounia Manel&TabetManel

Soutenu le 25 /06/ 2023, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	Mme. SALAMANI Amel	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	Mme. BAAZIZ Naima	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj
Examineur:	Mme. BOULEKROUNE Hasna	MCB	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2022/2023

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

À mes chers parents : Abdelaziz et

Dounia. À mes beaux-parents :

Abdenour et Fatiha.

À mon Mari : Ridha.

À mes frères : Chafik et Yacine.

À mes sœurs : Hadia et Douaa.

À ma belle-sœur : Sara.

À mon binôme Manel.

Merci d'être toujours là pour moi.

K.D.Manef

Dédicace

Je dédie ce travail :

*À mes parents pour tous les sacrifices
consentis, pour ces encouragements et son
soutien moral.*

À mes frères : Ayoub et Ishak

À mes sœurs : Imane et Rim

À mon binôme Manel.

Merci d'être toujours là pour moi.

T.Manel

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances à Mme. **BAAZIZ NAIMA** notre encadrant pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre recherche.

Nos sincères remerciements aux membres de juré :

Mme. SALAMANI Amel d'avoir accepté l'honneur de présider ce jury et évaluer ce modeste travail

Mme. BOULEKROUNE Hasna d'avoir accepté de participer à ce jury et d'examiner ce travail

On tient aussi à remercier Mr. MAKHOUKH N pour son aide ainsi ses conseils, qu'il trouve ici notre sincères gratitude. Ainsi les ingénieurs de laboratoire de l'université Mohammed EL Bachir AL Ibrahimi : Fadhila, Amel, Maria et Khadîdja.

On souhaite notamment remercier Mme. KHOUDOUR de nous avoir accueillies dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'elle nous a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire AL-SIHA de Bordj Bou-Argeridj pour l'accueil cordial. Nous tenons aussi à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à L'exécution de ce modeste travail.

Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction :	1
CHAPITRE I : Généralités sur l'eau :	3
I.1 Définition de l'eau :	3
I.2 Le cycle de l'eau (Cycle hydrologique) :	3
I.3 Les sources naturelles de l'eau :	4
I.3.1 Les eaux de pluie :	4
I.3.2 Les eaux des mers et des océans :	4
I.3.3 Les eaux de surface :	4
I.3.4 Les eaux souterraines.....	5
I.4 Différence entre les eaux souterraines et Les eaux de surface :.....	5
I.5 L'eau potable :	6
I.6 Le puits d'eau :	7
I.7 La pollution de l'eau :	8
I.8 Nature de pollution :	8
I.9 La pollution des puits :	9
I.10 Désinfection de puits :	10
CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude.....	11
II.1 La zone d'étude :	11
II.2 Hydrologie :	12
II.2.1 Le bassin versant « Soummam » :	12
II.2.2 Le bassin versant « chott du Hodna ».....	13
II.3 Climatologie :	13
CHAPITRE III: Matériel et méthodes.....	14
III.1 Prélèvement de l'eau et conservation :	14
III.2 Paramètres de détermination de la qualité d'une eau :	17
III.2.1 Caractères organoleptiques :	17
III.2.2 Paramètre physico-chimique.....	18
III.2.3 Paramètres bactériologiques.....	35
III.3 Matériel et méthode d'analyse bactériologique utilisée.....	37
III.3.1 Identification des coliformes totaux et fécaux.....	38
III.3.2 Identification d'Escherichia coli :	38
CHAPITRE IV : Résultats et discussion :	39
IV.1 La Température :	42

IV.2Le PH :	43
IV.3Conductivité :	44
IV.4La turbidité :	45
IV.5La salinité :	46
IV.6Les résidus secs :	47
IV.7Le calcium :	48
IV.8Le magnésium :	49
IV.9Les chlorures :	50
IV.10 Les nitrates :	51
IV.11 Les nitrites.....	52
IV.12 Les sulfates :	52
IV.13 Les coliformes totaux :	53
IV.14 Escherichia coli :	54
Conclusion :	55

Annexes

Résumé

Liste des abréviations :

ADE : Algérie des eaux.

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.

BBA : Bordj Bou Arreridj.

CF : Conservation des Forêts.

CIEAU : Centre d'information sur l'eau.

DSA : Direction des services agricoles.

EDTA : Acide Éthylène Diamine Tétra-acétique.

FNU : Unités de NéphelometrieFormazin.

JORA : journal officiel de la république algérienne

MES : Matière en suspension.

MTH : Maladies à transmission hydrique.

NTU : Unités de Néphéломétrie Turbidité.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

OFEFP : Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage

pH: Potentiel Hydrogène.

PLF : Projet de Loi des Finances.

SNDD : Stratégie Nationale de Développement Durable.

VHB : Virus de l'hépatite B.

VHA : Virus de l'hépatite A.

Liste des figures :

Figure 01 : Schéma de cycle hydrologique	3
Figure 02 : La situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	11
Figure 03 : Situation géographique de la zone (commune) d'étude Bordj Zemmoura.....	12
Figure 04 : Variation spatiale de la température des eaux des puits	41
Figure 05 : Variation spatiale du pH des eaux de puits.....	42
Figure 06 : Variation spatiale de conductivité des eaux de puits.....	43
Figure 07 : Variation spatiale de la turbidité des eaux de puits.....	44
Figure 08 : Variation spatiale de la salinité des eaux de puits.....	45
Figure 09 : Variation spatiale des résidus secs des eaux de puits.....	46
Figure 10 : Variation spatiale de Calcium (Ca^{2+}) des eaux de puits.....	47
Figure 11 : Variation spatiale de Magnésium (Mg^{2+}) des eaux de puits	48
Figure 12 : Variation spatiale de Chlorures (Cl^-) des eaux de puits.....	49
Figure 13 : Variation spatiale de Nitrate des eaux de puits.....	50
Figure 14 : Variation spatiale de Sulfate des eaux de puits.....	51

Liste des tableaux

Tableau I : Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.....5

Tableau II : Principales analyses à effectuer sur le site.17

Tableau III : Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrates.....27

Tableau IV : Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrites.....29

Tableau V : Résultats des analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologique ...38

Tableau VI : Les normes algériennes et les normes de l'OMS.....39

Introduction :

Quand on ouvre le robinet elle coule et la facture ne pèse finalement pas si lourd dans le budget des ménages. On peut croire que l'eau est une ressource infinie, mais en réalité c'est une denrée rare. En regardant la terre on l'a dirait pleine d'eau, ce qui lui vaut souvent le nom de planète bleue. L'eau couvre environ 70% de sa surface, c'est-à-dire 1.4 milliards de km³, mais il faut savoir que 97 % de cette eau est salée. L'eau douce ne représente que 3% et la plus grande partie de cette eau douce est figée sous forme de neige et de glace (**Assouline, 2007**).

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles.

L'usage de l'eau et la démographie galopante, nous oblige très souvent à faire de plus en plus appel à des eaux d'origines diverses, notamment les eaux de surface, malheureusement, sans s'investir d'avantage dans la protection de ces eaux face aux nombreuses pollutions (**Géopolitis 2022**).

L'Algérie à l'instar de la majorité des pays dans le monde est confrontée à la problématique de l'eau dans son devenir et ses effets. La rareté de cette ressource vitale, la demande de la population sans cesse croissante, la perturbation de tout l'écosystème et l'apparition de nouvelles sources de pollutions, demeurent des sujets de questionnement de première importance.

Le travail présenté dans ce mémoire consiste à réaliser les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau prélevés de points d'eau au nombre de Six (06) puits. Ces points d'eau sont repartis aléatoirement sur le même bassin versant de la chaîne des montagnes des Bibans au niveau de la commune de Bordj Zemoura située au Nord-Est de la wilaya de Bordj Bou Arréridj.

Nous essayerons tout au long de cette modeste contribution de dresser un bilan comparatif entre les paramètres physico-chimiques de nos échantillons et les normes de potabilités de l'eau distribuée aux populations.

Les normes de la qualité de l'eau de consommation humaine de référence, ayant servies pour la comparaison, sont celles édictées par le décret exécutif N°14-97 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 Mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif N°11-125 du 17 RabiaEthani 1432 correspondant au 22 Mars 2011 (**JORA, 2011**).

Ce document est organisé en quatre chapitres :

CHAPITRE I : Généralités sur l'eau.

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude.

CHAPITRE III : Matériel et méthodes.

CHAPITRE IV : Résultats et discussion.

Enfin, nous avons terminé notre travail par une conclusion générale et des recommandations.

CHAPITRE I : Généralités sur l'eau

I.1 Définition de l'eau :

D'après son étymologie, le mot « eau » est dérivé du latin aqua, l'eau, dite H₂O dans sa nomenclature chimique, est une solution aqueuse diluée. L'eau existe sous 3 formes : liquide, solide et gazeuse. A l'état liquide, elle recouvre 70% de la surface terrestre, La majeure partie de l'eau terrestre est salée, soit 97%, cependant l'eau douce n'en représente qu'environ 3 %, elle se trouve principalement dans les glaciers et les calottes glaciaires, les nappes phréatiques, les lacs, les rivières et les ruisseaux. Une petite partie de l'eau douce se trouve également dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Une molécule d'eau peut être illustrée dans l'espace sous l'aspect d'un tétraèdre dans lequel les liaisons H-O-H forment un angle de 104,5 degrés. En conséquence, elle représente un dipôle car les charges négatives de l'oxygène, qui possède deux doublets d'électrons libres, sont situées à l'opposé des deux hydrogènes qui constituent les charges positives du pôle (Ramade,1982)

I.2 Le cycle de l'eau (Cycle hydrologique) :

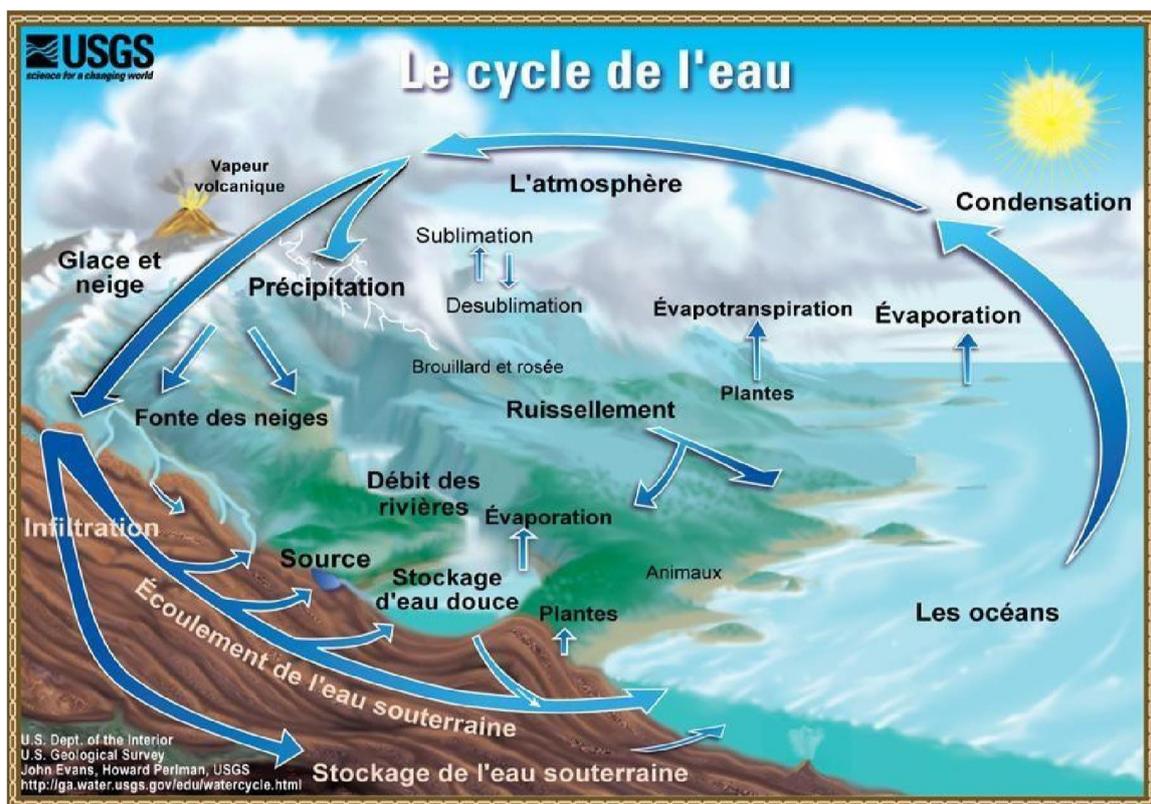


Figure 1 : Schéma de cycle hydrologique (anonyme, 2013).

I.3 Les sources naturelles de l'eau :

I.3.1 Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La répartition des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que cette source d'eau est peu utilisée. **(Desjardins, 1997 ; OFEFP, 2003).**

I.3.2 Les eaux des mers et des océans :

Les océans couvrent plus de 70 % de la surface de la Terre et contiennent environ 97 % de l'eau de la planète. Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg. L-1). Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficiles.

L'eau de mer contient une grande variété de minéraux et d'éléments chimiques, ainsi que des éléments en trace essentiels à la vie marine, son PH varie généralement entre 7,5 et 8,4, ce qui la rend légèrement basique.

La température de l'eau de mer varie en fonction de la latitude, de la saison et de la profondeur, et peut varier de près de 30°C dans les régions tropicales à -2°C dans les régions polaires. Les eaux des océans ont des caractéristiques uniques en raison de leur taille, de leur profondeur et de leur composition chimique **(Boglin, 2009).**

I.3.3 Les eaux de surface :

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement soit, les fleuves, les rivières, les barrages, les mares, et les marigots **(Degremont, 2005).**

En plus, ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent être utilisées sans traitement. De plus, pour envisager d'alimenter des populations à partir d'eaux de surface, il faut éviter les conditions favorisant l'érosion des sols, les conditions non hygiéniques et les pollutions accidentelles et chroniques **(Molinie, 2009).**

I.3.4 Les eaux souterraines :

C'est l'eau qui se trouve sous le niveau du sol et qui remplit soit les fractures du socle rocheux, soit les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers. Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (Myrand, 2008).

Le niveau de l'eau souterraine, au-dessous duquel les roches ou sédiments sont saturés, est appelé nappe phréatique. On trouve aussi de l'eau au-dessus de la nappe phréatique, dans la zone non saturée, par exemple sous forme d'eau du sol, mais cette eau n'est normalement pas exploitée par l'homme et on ne peut pas la considérer comme une eau souterraine.

Les ressources en eau souterraine dans le Nord de l'Algérie sont estimées à plus de 2 milliards de m³. Elles sont exploitées à plus de 90%, soit 1,9 milliards de m³ et beaucoup de nappes se trouvent actuellement en état de surexploitation (ANRH en 1993, 2004 et 2009).

I.4 Différence entre les eaux souterraines et Les eaux de surface :

Tableau I : Les différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Variable suivant saisons	Relativement constant
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux matières en suspensions sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...etc.	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

Degremont. (1989).

I.5 L'eau potable :

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source...), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel.

Pour être considérée comme potable, l'eau doit être exempte de toute substance jugée nocive pour la santé :

- Les germes pathogènes, comme les bactéries et les virus.
- Les micro-organismes parasites.
- Les substances chimiques indésirables, comme les nitrates, les phosphates, les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides.

A l'inverse, certaines substances jugées nécessaires pour l'organisme et naturellement contenues dans l'eau doivent être conservées dans l'eau que nous buvons :

- Des sels minéraux, comme le calcium, le magnésium, le potassium, le chlore...
- Des oligo-éléments, comme le fluor, le cuivre, le fer, le silicium, le manganèse, le zinc...

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique. Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle (**cieau.com**).

Les critères de potabilité de l'eau sont regroupés en 5 grands paramètres :

- Les paramètres physico-chimiques.
- Les paramètres organoleptiques.
- Les paramètres microbiologiques.
- Les paramètres liés aux substances indésirables.
- Les paramètres liés aux substances toxiques.

I.6 Le puits d'eau :

On peut tenter de définir un puits de captage d'eau comme étant un ouvrage réalisé en dessous de la surface du sol dans le but de permettre l'exhaure des eaux qui peuvent s'y trouver incluses ou y circuler. Un puits ne peut fournir de l'eau que s'il rencontre une nappe. Les nappes peuvent être partout mais leur qualité, leur débit et leur profondeur sont très variables.

Généralement le puits a une profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100 m) et un diamètre supérieur à 1,20 m. Les puits, jadis creusés à la main, à l'aide de pics, par des puisatiers, notamment dans les roches consolidées (craie, grès, partie superficielle altérée des granites), sont à peu près tombés en désuétude. Le choix de l'emplacement du puits doit être fait par les services chargés de l'hydraulique en tenant compte des désirs de la population et de l'hydrogéologie du terrain (**Collin, 2004 ; Emand Barres et Roux, 1999**).

A partir de différente manière de creusement, on distingue plusieurs types de puits :

- Puits ordinaires :

Les puits ordinaires sont des puits (puits individuels ou semi-collectifs) souvent construits en milieu rural. Généralement creusée à la main, la nappe phréatique est à moins de 20 mètres au-dessus du sol. Ils ont généralement une profondeur de 1 à 15 mètres et un diamètre d'environ 1 à 2,5 mètres (**Bouziani, 2000**).

- Puits de surface :

Il s'agit généralement d'un ouvrage de confinement d'un diamètre intérieur supérieur à 60 cm et d'une profondeur de plus de 9 m sous la surface. Parce que ce puits est alimenté par la nappe phréatique (ou aquifère libre) et utilise la partie supérieure de la nappe phréatique, il est sujet à la contamination (**Barrette, 2006**).

- Puits foncés ou puits tubulaire :

Un puits tubulaire est un ouvrage de captage généralement de petit diamètre (152 mm), de grande profondeur et aménagé avec une foreuse par une firme de puisatier (**Bouziani, 2000**).

- Puits artésien

Le puits artésien est obtenu en perforant une couche de sol ou de roc imperméable pour accéder à une nappe d'eau sous pression nommée la nappe artésienne. Cette nappe est généralement située à plus de 100 pieds de profondeur.

Le puits artésien est habituellement fiable et stable toute l'année et est l'option de choix parce qu'il est moins vulnérable à la contamination bactérienne que le puits de surface (**Renald, 2003**).

- Puits d'infiltration

Les puits d'infiltration sont des structures qui permettent l'évacuation du ruissellement de surface par des canalisations souterraines. Cependant, contrairement aux avaloirs et aux puisards, les puits d'infiltration ne renferment pas d'entrée d'eau directe à la surface du sol : ils accroissent plutôt la capacité d'infiltration du sol grâce à l'installation de matériel poreux et dans la plupart des cas, d'un drain en serpentif entre la surface du sol et les canalisations souterraines.

Les puits d'infiltration sont essentiellement utilisés pour les eaux de toiture. Ils peuvent garantir une protection de la qualité des eaux souterraines en cas de pollution (**Stämpfli, 2007**).

I.7 La pollution de l'eau :

Elle peut être définie comme une dégradation de la qualité de l'eau due à la présence des éléments indésirables provient essentiellement des activités humaines par rejets bien localisés (villes et industries) ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, de l'élevage, les décharges, ...) ainsi qu'aux phénomènes naturels Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre (**Marcel Chartier, 1974**).

I.8 Nature de pollution

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut la classer en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique.

-Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique, il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans le milieu (sol, air et l'eau).

-Pollution chimique :

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique : Les éléments chimiques minéraux. Les éléments chimiques organiques.

- Les éléments chimiques minéraux : L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution.

- Les éléments chimiques organiques :

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau :

Couleur, sous-produits de désinfection, odeurs, saveurs...etc.

-Pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut multiplier dans le milieu (sol, air et l'eau) qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire.

I.9La pollution des puits :

L'infiltration d'eau de mer associée à la surexploitation des couches aquifères ou à la lixiviation naturelle sont des sources de pollution des eaux souterraines. La plupart des contaminations des eaux souterraines est due à l'activité humaine, elle est surtout liée à l'évacuation des déchets d'une manière directe (systèmes privés d'évacuation d'eaux d'égout, élimination des déchets solides, eau usagée municipale, retenue d'eau usagée, propagation du cambouis dans la terre, formation de saumure dû à certaines industries de pétrole, élimination des eaux usées, les déchets radioactifs) ou de manière indirecte (accidents, certaines activités agricoles, exploitation, routes dégivrées, pluies acides, mauvais entretien des puits ...etc.) (Marcel Chartier, 1974).

I.10 Désinfection de puits :

Avant la désinfection des puits il est nécessaire de les nettoyer en suivant les étapes suivantes :

- Préparer une solution chlorée à 200 mg/l de chlore (200 mg/l de chlore = 3 grammes de HTH pour 1 litres d'eau).
- Vider l'eau du puits avec la pompe pour supprimer les matières en suspension ou pour purifier l'eau salée.
- Brosser les parois du puits avec la solution chlorée préparée, attendre une demi-heure et laisser le puits se remplir à nouveau.
- Verser 10 litres de solution à 1% de chlore par mètre cube d'eau. Une solution à 1% = 10 grammes de chlore par litre = 15 grammes de HTH par litre (HTH= 70% de Cl).
- Remuer et fermer le puits pendant 12 heures et avertir la population de la non potabilité de l'eau.
- Vider l'eau du puits avec la motopompe et contrôler le taux de chlore en sortie : [Cl] libre < 0.5 mg/l (**Thiria, 2005**).

La désinfection est basée sur l'utilisation de chlore. Le chlore a pour avantage d'être disponible un peu partout, il est simple à doser et à utiliser, et se dissout rapidement dans l'eau. En contrepartie, il s'agit d'une substance dangereuse doit être stockée et manipulée avec prudence et il est inefficace contre certains kystes, tels que le *cryptosporidium* qui est un protozoaire responsable d'une grande partie des maladies diarrhéiques à travers le monde (**OMS, 2013**).

L'hypochlorite de sodium est aussi utilisé sous la forme de javel liquide ou en poudre. Chacun de ces composés chlorés contient une quantité différente de chlore actif selon le temps de stockage qu'il a subi, les conditions d'exposition à l'air et la façon dont il a été produit. Après l'utilisation de désinfectant, il faut ensuite mélanger l'eau dans le puits à l'aide d'une longue perche et laisser l'eau reposer pendant au moins 30 minutes (**Godfrey et Reed, 2013**).

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude.

II.1 La zone d'étude :

Situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj

La wilaya de Bordj Bou Arreridj est située sur les hauts plateaux Est du pays, comprise entre les latitudes Nord $36^{\circ}4'60''$ et les longitudes Est $4^{\circ}45'0''$ avec une superficie de 3 920,42 km². Elle s'étend sur l'axe Alger-Constantine et est limitée :

- Au Nord, par la wilaya de Bejaia.
- A l'Est, par la wilaya de Sétif.
- A l'Ouest, par la wilaya de Bouira.
- Au Sud par la wilaya de Msila.

La wilaya est composée de : 34 communes, 10 daïras avec un taux d'encadrement moyen de 3 communes par daïra (Andi, 2014).

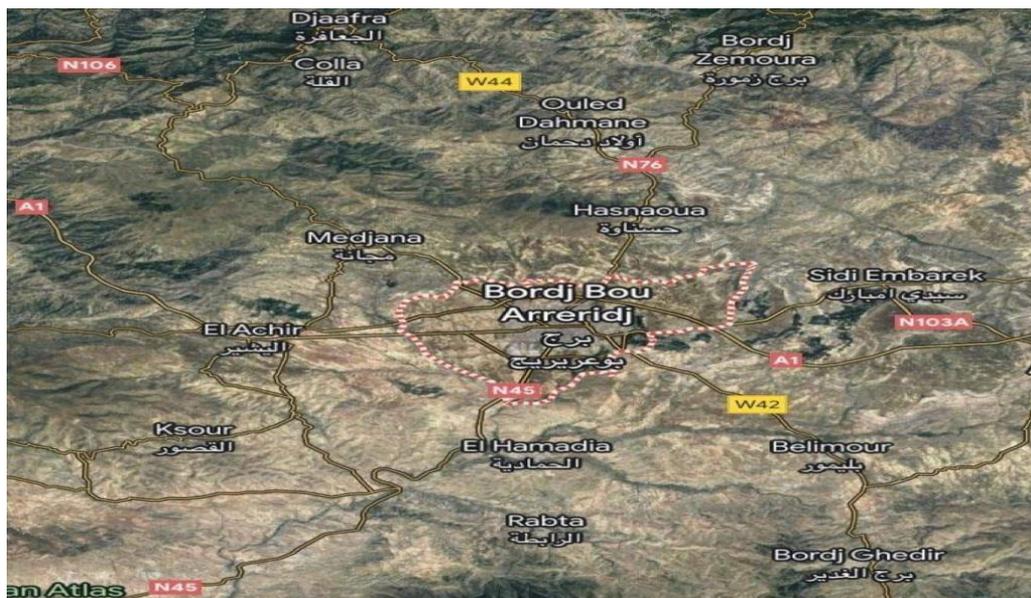


Figure 2: la situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (anonyme)

Situation géographique de la commune de Zemmoura :

Bordj Zemmoura est une commune de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, située à 30 km nord-est du chef-lieu de la wilaya Entre $36^{\circ} 17' 35''$ Nord $4^{\circ} 51' 21''$ Est, avec une superficie de 89 km². Elle est limitée :

- Au nord par : Guenzet et Harbil (Wilaya de Sétif).
- Au sud par : OuledDahmane et Hasnaoua.
- À l'est par : Khelil et Sidi M'barek.
- À l'ouest par : Tassamert et OuledDahmane (Google.maps).



Figure3 : Situation géographique de la zone (commune) d'étude Bordj Zemmoura (anonyme).

II.2 Hydrologie :

Le réseau hydrographique de la wilaya est caractérisé par deux sens d'écoulement opposés principaux, séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la limite de grands bassins - versants :

II.2.1 Le bassin versant « Soummam » :

Le sens d'écoulement principal est Sud - Nord et couvre la moitié septentrionale de la wilaya à prédominance marneuse ou argileuse imperméable. Les points d'eaux y sont rares.

II.2.2 Le bassin versant « chott du Hodna »

Il s'étend sur la moitié méridionale de la Wilaya. On trouve de nombreuses sources ayant un débit appréciable. Les sources issues des reliefs ou des puits creusés dans les zones plus basses participent pour une large part à l'alimentation des populations en eau potable ainsi qu'à l'irrigation des parcelles agricoles. L'insuffisance des ressources en eaux souterraines est justifiée par la nature peu perméable d'une grande partie des terrains du territoire de la wilaya.

C'est pour cela qu'une étude Hydrogéologique couvrant l'ensemble du territoire de la Wilaya est vivement souhaitée (**Andi, 2014**).

Bordj Zemmoura est une région très riche en cours d'eau le plus grand et le plus connus des cours d'eau est « ainswiga ».

II.3 Climatologie :

Le climat est défini comme étant l'interaction d'un certain nombre de facteur à savoir la température, les précipitations, l'humidité, le vent...etc.

Bordj Bou Arréridj possède un climat tempéré méditerranéen, les températures varient selon les saisons. Les étés sont chauds et secs, avec des températures maximales moyennes autour de 35°C. Les hivers sont frais à froids, avec des températures minimales moyennes d'environ 4°C. Les écarts de température entre le jour et la nuit peuvent être importants.

La région reçoit une quantité modérée de précipitations annuelles, principalement pendant les mois d'automne et de printemps. Les mois les plus pluvieux sont Généralement entre octobre et décembre. Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 500 à 600 millimètres.

Bordj Bou Arréridj bénéficie d'un bon ensoleillement tout au long de l'année, avec une moyenne d'environ 2 800 à 3 000 heures de soleil par an.

La région est soumise à l'influence des vents dominants du nord-ouest, tels que le sirocco, qui peut apporter de la chaleur et du sable du désert.

CHAPITRE III : Matériel et méthodes**III.1 Prélèvement de l'eau et conservation :**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable. De toute façon, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau déionisée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique environ N, puis rincés abondamment, égouttés, fermés mais non séchés. Le maintien d'une atmosphère humide permet, par rinçage du flacon au moment du prélèvement, d'éliminer une contamination éventuelle du flacon. Pour les lavages, il convient d'employer des détergents sans phosphates, bore, etc., pour ne pas contaminer les échantillons.

L'usage de flacons jetables en verre ou en matière plastique s'est largement répandu, en raison des facilités qu'ils présentent pour le transport et de la possibilité de leur usage unique étant donné leur prix compétitif. Leur nettoyage étant délicat, leur réemploi poserait des problèmes de contamination résiduelle. Les flacons neufs doivent normalement être traités à l'acide nitrique dilué au 1/10, rincés à l'eau déionisée jusqu'à cessation de toute acidité au papier de tournesol. En raison d'une possibilité d'adsorption de certains produits organiques (hydrocarbures, pesticides) et de certains éléments minéraux (phosphore...), leur emploi n'est pas recommandé pour ces dosages. Leur perméabilité peut également présenter quelques inconvénients pour le dosage des gaz dissous.

Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une éventuelle attente au laboratoire avant la mise en route analytique. Ces temps devront être réduits au minimum.

D'une façon générale, le transport à la température de 4 °C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante. Dans les eaux ayant subi un traitement de désinfection, le chlore et les composés chlorés peuvent entraîner une perturbation dans les dosages, en particulier dans les dosages par spectrométrie d'absorption moléculaire et l'analyse bactériologique. Cet oxydant pourra être éliminé par de petites quantités de thiosulfate de sodium introduit dans le deuxième cas avant la stérilisation du flacon de prélèvement. De même, les traitements au cuivre ou à l'argent étant susceptibles de gêner le contrôle bactériologique, ces éléments seront bloqués par l'ajout d'une solution d'acide éthylène-diamine tétracétique.

Pour les analyses bactériologiques, les flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120 °C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180 °C pendant 1 h 30. La stérilisation des flacons en matière plastique peut s'effectuer par irradiation (rayonnements γ ou électrons accélérés). Dans toute la mesure du possible, il convient d'éviter le réemploi des flacons et surtout le mélange des flacons utilisés pour les analyses d'eau potable avec ceux utilisés pour des eaux industrielles, des eaux de rejets, des eaux de surface, etc.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Le contenu bactérien initial de l'eau dans la bouteille peut changer après l'échantillonnage. Par conséquent, l'analyse doit être effectuée dès que possible. Leur développement est également très difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs tels que la température, la compétition bactérienne des espèces présentes et la composition chimique de l'eau. L'échantillon doit être à une température de glacière de 4 à 6 °C. L'analyse statistique doit commencer dans un délai maximum de 8 heures après le prélèvement de l'échantillon.

Il est également vrai que plus la charge microbiologique est élevée, plus le temps de stockage est court. Après le test, il est recommandé de conserver les échantillons restants inutilisés au réfrigérateur au cas où il serait nécessaire pour une utilisation ultérieure. (**Rodier, 2009**)

Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- ✓ Identité du préleveur.
- ✓ Date et heure du prélèvement.
- ✓ Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- ✓ Ville ou établissement que l'eau alimente.
- ✓ Nom du point d'eau et localisation précise.
- ✓ Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.).
- ✓ Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).
- ✓ Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement.
- ✓ Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).
- ✓ Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe, la durée du pompage et le débit...etc.
- ✓ Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.
- ✓ Causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée (établissement agricole ou industriel, rejet de ville ou d'usine, puits perdu, cimetière, etc.).
- Enregistrer les remarques des usagers ou riverains concernant les variations d'aspect ou généralement associées à des variations de la teneur en anhydride carbonique dissous.

Le nombre de ces réactions étant excessivement rapides, des modifications significatives peuvent se produire en quelques minutes. Une analyse in situ ou sur site s'impose donc pour certaines analyses (voir tableau « Principales analyses à effectuer sur le site »), l'analyse sur site devant être effectuée dans les 5 minutes qui suivent le prélèvement. Pour d'autres éléments, ce sont les moyens de conservation des échantillons, mis en œuvre sur le site lors du prélèvement, qui garantiront une absence d'évolution des paramètres au cours du temps. (**rodier, 2009**)

Tableau II : Principales analyses à effectuer sur le site.

Paramètre	Analyse sur site indispensable	Analyse sur site souhaitable
pH	X	
Conductivité		X
Température	X	
Turbidité		X
Oxygène dissous	X	
Couleur	Pour les eaux souterraines riches en Fe ²⁺	
Odeur	analyse qualitative si nécessaire	

(Rodier 2009)

III.2 Paramètres de détermination de la qualité d'une eau :

III.2.1 Caractères organoleptiques :

Les caractères organoleptiques de l'eau sont les propriétés physiques et chimiques de l'eau qui peuvent être perçues par les sens humains. Les principales caractéristiques organoleptiques de l'eau comprennent : la couleur, l'odeur, le goût, la saveur et la flaveur.

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.).

➤ Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire

et les eaux de faible turbidité. Il est important de noter qu'une couleur limpide de l'eau ne signifie pas forcément son caractère potable (**Rodier 2009**).

- **Test de la couleur :** La couleur a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée de la source.

➤ **Odeur :**

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (**Rodier, 2009**).

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

- **Test de l'odeur :** L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive.

➤ **Goût :**

C'est l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation des bourgeons gustatifs par certaines substances solubles. (**Rodier, 2009**).

- **Teste de goût :** Le goût est décelé par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation. La dégustation se fait soit en faisant voyager de l'eau dans la bouche et en la rejetant soit en la maintenant pendant quelques instants au contact de l'extrémité de la langue et en l'avalant ensuite doucement.

III.2.2 Paramètre physico-chimique

III.2.2.1 La température :

La température de l'eau est une mesure de la chaleur ou du froid de l'eau. Elle indique la quantité d'énergie thermique contenue dans l'eau. La température de l'eau peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment le climat, la saison, l'exposition au soleil, la profondeur et les sources de chaleur ou de refroidissement à proximité.

- **Matériels :**

La température de l'eau peut être mesurée à l'aide d'un thermomètre immergé dans l'eau. C'est la méthode la plus courante pour mesurer la température de l'eau. Il existe différents types de

thermomètres, notamment les thermomètres à mercure (utilisés dans notre étude), les thermomètres à alcool ou les thermomètres numériques (**Rodier, 2009**).

III.2.2.2pH

Le pH de l'eau est une mesure de son degré d'acidité ou d'alcalinité. Le terme "pH" fait référence à "potentiel hydrogène". Il est basé sur une échelle de 0 à 14, où 7 est considéré comme neutre. Une valeur de pH inférieure à 7 indique que l'eau est acide, tandis qu'une valeur supérieure à 7 indique qu'elle est alcaline (basique).

Le pH est déterminé par la concentration d'ions d'hydrogène (H^+) présents dans l'eau. Plus la concentration d'ions H^+ est élevée, plus l'eau est acide, et plus elle est faible, plus l'eau est alcaline. L'échelle logarithmique du pH signifie que chaque unité de pH représente un facteur de 10 dans la concentration des ions H^+ (**Rodier, 2009**).

- **Principe** : l'évolution de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau se fait par mesure directe de son ph à 20°C.
- **Mode opératoire** :
 - ✓ Etalonner le pH mètre à l'aide des deux solutions tampons.
 - ✓ Plonger l'électrode dans l'eau à analyser et lire la valeur du pH. la température doit être 20 °C.
 - ✓ A chaque détermination de ph, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher.
- **Lecture des résultats** : la valeur est indiquée sur le pH-mètre

III.2.2.3Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire l'électricité. Elle indique la quantité d'ions présents dans l'eau, principalement des ions minéraux tels que les ions sodium (Na^+), potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-) et carbonate (CO_3^{2-}). Ces ions sont issus de la dissolution de sels minéraux dans l'eau (Samake, 2002)

Lorsque les ions sont présents en plus grande quantité, l'eau a une conductivité électrique plus élevée. Elle est souvent mesurée en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou en milli siemens par centimètre (mS/cm) (**Rodier, 2009**).

La mesure de la conductivité électrique de l'eau est effectuée à l'aide d'un instrument appelé conductimètre ou conductivimètre.

- **Principe** : La conductimétrie est une méthode d'analyse quantitative. Elle est liée à la capacité d'une solution à conduire le courant électrique.
- **Mode opératoire** :
 - ✓ Assurez-vous que l'appareil est propre et en bon état de fonctionnement. Vérifiez que les électrodes sont propres et rincées à l'eau distillée.
 - ✓ Insérez les électrodes du conductimètre dans l'échantillon d'eau. Veillez à ce que les électrodes soient correctement immergées.
 - ✓ Activez le conductimètre, l'appareil enverra un courant électrique à travers les électrodes et l'eau, mesurant ainsi la conductivité électrique de l'échantillon.
 - ✓ Laissez le conductimètre stabiliser la mesure pendant un certain temps, généralement quelques secondes, jusqu'à ce que les valeurs de conductivité se stabilisent.
 - ✓ Lisez et enregistrez les résultats affichés sur l'écran du conductimètre. Notez les valeurs de conductivité en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou en millisiemens par centimètre (mS/cm), ainsi que la température à laquelle la mesure a été effectuée.
 - ✓ Après utilisation, nettoyez soigneusement les électrodes. Assurez-vous de retirer tout résidu de l'échantillon des électrodes pour éviter les contaminations lors des prochaines mesures.
- **Lecture des résultats** : la valeur est indiquée sur le conductimètre.

III.2.2.4 La salinité

La salinité de l'eau fait référence à la quantité de sels dissous dans l'eau, généralement exprimée en termes de concentration en chlorure de sodium (NaCl). Elle est principalement

utilisée pour décrire la teneur en sel dans l'eau. Elle peut être mesurée à l'aide d'un instrument appelé salinomètre ou conductivimètre, elle est mesurée en parties par millier (ppt), ou en pour mille (‰) ou en pourcentage (%) (**Rodier, 2009**).

- **Principe** : même principe de conductimètre.
- **Mode opératoire** : utiliser le mode opératoire décrit pour la conductivité.
- **Lecture des résultats** : la valeur est indiquée sur le salinomètre.

III.2.2.5 Turbidité :

La turbidité de l'eau fait référence à la mesure de la quantité de matières en suspension ou de particules solides présentes dans l'eau, ce qui affecte sa clarté ou sa transparence. Une eau turbide apparaît trouble ou trouble en raison de la présence de ces particules. La mesure de la turbidité de l'eau se fait généralement à l'aide d'un instrument appelé turbidimètre.

Le turbidimètre émet un faisceau de lumière à travers l'eau et détecte la quantité de lumière diffusée ou dispersée par les particules en suspension. La quantité de lumière diffusée est proportionnelle à la turbidité de l'eau, et cela est converti en une unité de mesure appropriée, telle que les unités de néphélogétrie turbidité (NTU) ou les unités de néphélogétrieformazin (FNU) (**Rodier et al, 2009**).

- **Principe** : mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident.
- **Mode opératoire** :
- **Etalonnage de l'appareil** :
 - ✓ Allumer le turbidimètre par la touche ON/OFF.
 - ✓ Enter le mode étalonnage par appui sur CAL. L'instrument affiche le message CAL P.1.
 - ✓ Appliquer une goutte d'huile silicone sur l'extérieur de la cuvette et étalez-la pour obtenir un film régulier et fin.
 - ✓ Placer la cuvette contenant la première solution d'étalonnage (inférieure à 0.1 FNU) dans le logement de mesure.

- ✓ Fermer le capot de protection et appuyer sur READ.
 - ✓ L'instrument indique des tirets clignotants ainsi que les icônes cuvette, détecteur et lampes.
 - ✓ Le deuxième point d'étalonnage (15.0 FNU) est affiché sur la partie principale, tandis que le message CAL P.2 est affiché dans la partie secondaire.
 - ✓ Placer une cuvette contenant la deuxième solution d'étalonnage (15.0 FNU) dans le logement de mesure.
 - ✓ Fermer le capot de protection et appuyer sur READ.
 - ✓ L'instrument indique des tirets clignotants ainsi que les icônes cuvette, détecteur et lampes.
 - ✓ De la même manière effectuer le troisième point d'étalonnage (avec 100, 150 et 750 FNU).
 - ✓ A la fin de l'étalonnage, (750 FNU) est affiché dans la partie primaire et l'information CAL P.4 dans la partie secondaire READ.
 - ✓ A tout moment, il est possible de quitter le mode étalonnage en appuyant sur CAL.
- **Mesure de la turbidité**
- ✓ Remplissez la cuvette propre et sèche avec 10 ml de l'échantillon, Veillez à manipuler la cuvette en la tenant par le haut.
 - ✓ Revissez le bouchon. Nettoyer soigneusement la cuvette avec un tissu non pelucheux.
 - ✓ Placer la cuvette dans le logement de l'instrument en respectant l'ergot d'alignement.
 - ✓ Mentionner les valeurs de turbidité pour chaque échantillon.
- **Lecture des résultats** : la valeur est indiquée directement sur le turbidimètre.

III.2.2.6 Le résidu sec :

La quantité de résidus à sec correspond à la quantité de minéraux qu'il reste après évaporation. Très souvent, elle s'exprime en milligrammes par litre.

La détermination de l'extrait sec se fait généralement en évaporant à 180°C une quantité mesurée d'eau dans une coupelle préalablement pesée, puis en pesant à nouveau la coupelle avec les résidus solides après évaporation. La différence de poids entre les deux mesures est utilisée pour calculer la concentration de l'extrait sec dans l'eau.

- **Principe :** Une certaine quantité d'eau est évaporée à 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée.
- **Mode opératoire :**
 - ✓ Assurez-vous d'avoir un échantillon représentatif de l'eau à tester. Il est recommandé d'utiliser une quantité d'échantillon suffisante pour obtenir des résultats précis.
 - ✓ Prétraitez l'échantillon pour éliminer les matières volatiles si nécessaire.
 - ✓ Pesez un récipient propre et sec pour contenir l'échantillon. Notez la masse du récipient.
 - ✓ Versez l'échantillon dans le récipient préalablement pesé. Placez le récipient avec l'échantillon dans un four ou sur une plaque chauffante à une température appropriée (généralement entre 103 et 105°C) pendant une période de temps spécifique, généralement plusieurs heures.
 - ✓ Une fois l'échantillon évaporé, retirez le récipient du four ou de la plaque chauffante et laissez-le refroidir à température ambiante dans un environnement sec. Une fois refroidi, pesez à nouveau le récipient contenant le résidu sec et notez la masse.
 - ✓ Calcul du résidu à sec : Soustrayez la masse du récipient initial de la masse du récipient contenant le résidu sec. La différence correspond à la masse du résidu à sec. Cette masse est généralement exprimée en milligrammes par litre (mg/L) ou en parties par million (ppm).

III.2.2.7 Les chlorures : (méthode de Mohr)

Les chlorures dans l'eau se réfèrent à la présence d'ions chlorure (Cl^-) dissous dans l'eau, les chlorures sont l'une des composantes naturelles des sels et des minéraux présents dans l'environnement. Ils peuvent être introduits dans l'eau par l'érosion naturelle des sols riches en minéraux contenant du chlorure, ou par les Activités industrielles qui utilisent souvent des produits chimiques contenant des chlorures, tels que le chlore, le chlorure de sodium (sel).

Les chlorures ne sont généralement pas considérés comme toxiques pour la santé humaine à des concentrations normales, mais des niveaux élevés de chlorures dans l'eau potable peuvent affecter le goût de l'eau. Ils peuvent être toxiques pour certaines espèces aquatiques, et peuvent également affecter la qualité des sols et des eaux souterraines dans certaines circonstances.

La méthode couramment utilisées pour le dosage des chlorures est la méthode de titrage argentimétrique.

- **Principe** : les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.
- **Matériel requis** :
 - ✓ Solution titrante : Solution d'argent nitrate (AgNO_3) N/10 de concentration connue.
 - ✓ Indicateur : Solution de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 10 % utilisée comme indicateur coloré.
 - ✓ Carbonate de calcium pur.
 - ✓ Acide nitrique pur.
- **Mode opératoire** : introduire 100 ml d'eau à analyser, préalablement filtrée, dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister à 1 minute.

Soit le V le nombre de millilitres de nitrate d'argent N/10 utilisés.

- **Expression des résultats** : pour une prise d'essai de 100 ml

$V \times 10 \times 3.55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligramme de Cl^- par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5.85$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligramme de NaCl par litre d'eau

III.2.2.8 Les nitrates :

Les nitrates NO_3^- sont des composés chimiques composés d'azote et d'oxygène. Ils se forment naturellement dans l'environnement par le biais de processus biologiques, tels que la décomposition des matières organiques et le cycle de l'azote. Les nitrates se retrouvent également dans certains engrais agricoles et peuvent être transportés vers les sources d'eau par le ruissellement et l'infiltration.

Des concentrations élevées de nitrates dans l'eau potable peuvent poser des problèmes pour la santé humaine (bwt.com).

- **Dosage des nitrates (méthode au salicylate de sodium) :**

- **Principe** : en présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Réactifs** :

- ✓ Solution de salicylate de sodium à 0.5% à renouveler toutes les 24 heures.
- ✓ Acide sulfurique concentré ($d=1.84$).
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
 - Hydroxyde de sodium 400 g
 - Tartrate double de sodium et de potassium 60 g
 - Eau distillée (q.s.p) 1000 ml

Faire dissoudre les sels dans l'eau. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml. A conserver dans un flacon en polyéthylène.

- ✓ Solution mère étalon d'azote nitrique à 0.1 g/L :

- Nitrate de potassium anhydre 0.722 g

- Eau distillée (q.s.p) 1000 ml
- Chloroformes (pour conserver) 1 ml.

✓Solution fille étalon d'azote nitrique à 0.005 g/L

Amener 50 ml de la solution mère à 1000 ml avec de l'eau distillée

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage** : dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement :

Tableau III : Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrates

Numéro de capsules	T	1	2	3	4
Solution étalon d'azote nitrique à 0.005 g/L	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/L d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1

Evaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps). Laisser refroidir, reprendre le résidu par 20 ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bi-distillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des densités optiques lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

- **Mode opératoire** : introduire 100 ml d'eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs et azote nitrique supérieures à 10 mg /l, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau bi-distillée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 45 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage

- **Expression des résultats :** pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrates (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4.43.

III.2.2.9 Les nitrites :

Les nitrites (NO_2^-) sont des formes réduites d'azote qui se forment à partir des nitrates. Les bactéries présentes dans le sol, les sédiments et les systèmes d'approvisionnement en eau peuvent convertir les nitrates en nitrites dans un processus appelé réduction microbienne. Cela peut se produire dans les eaux souterraines contaminées, les puits, les réservoirs d'eau ou les systèmes de distribution d'eau.

La présence de nitrites dans l'eau peut être préoccupante en raison de leurs effets nocifs pour la santé, tels que la formation de nitrosamines potentiellement cancérigènes et la réduction de la capacité du sang à transporter l'oxygène. (Rodier, 2009).

- **Dosage des nitrites (méthode au réactif de Zambelli) :**

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode au réactif de zambelli une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Il sera nécessaire de tenir compte pour l'interprétation des résultats et de prendre toutes précautions utiles pour la pureté des réactifs et la propreté de la verrerie.

L'équilibre entre l'ammoniaque, les nitrites et nitrates peut évoluer rapidement sous l'influence de phénomènes biologiques, il convient donc de procéder au dosage des nitrites le plutôt possible après le prélèvement, en la conservant à 40°C.

- **Principe :** l'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présences d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaunedont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.
- **Matériels et réactifs :**
- **Matériels :**
 - ✓ Fioles jaugées : 1L (2).
 - ✓ Bêchers : (3).
 - ✓ Eprouvettes : 500 ml (1), 1000 ml (1), 25 ml (1), 10 ml (1).

- ✓ Pipettes : 10 ml (1), 5 ml (1), 2 ml (1).
- ✓ Tubes à essai : 15 ml (1)
- ✓ Bain marie, balance, agitateur.

– **Réactifs :**

- ✓ Ammoniaque pur ($d=0.925$)
- ✓ Solution mère étalon de NO_2^- 0.23 g/l :
 - Nitrite de sodium 0.345 g
 - Eau fraîchement distillée 1000 ml

Cette solution se conserve mieux si l'on prend la précaution d'y ajouter 1 ml de chloroforme.

- ✓ Solution fille étalon d'ion NO_2^- 0.0023 g/l

Préparer cette solution dans une fiole jaugée de 100 ml à partir de la solution mère avec de l'eau distillée.

– **Réactif de ZAMBELLI :**

- ✓ HCL pur ($d=1.19$) 260 ml
- ✓ Acide sulfanilique 5g
- ✓ Phénocristallisé 7.5 g
- ✓ Chlorure d'ammonium 135 g
- ✓ Eau distillée (exemple de NO_2) 625 ml

– **Préparation de réactif de ZAMBELLI :**

Introduire dans une fiole jaugée d'un litre : l'eau distillée et l'HCL

Dissoudre dans le mélange l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain marie jusqu'à dissolution complète.

Ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajuster jusqu'à 1L avec l'eau distillée.

- **NB :** le nitrate est un produit qu'il faut manipuler avec délicatesse vue sa toxicité et son impact sur la santé de l'homme.

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage :** dans une série de tube d'essai (15 ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition.

Tableau IV:Etablissement de la courbe d'étalonnage pour le dosage des nitrites

Numéros de tube	T	1	2	3	4	SOL INC. 1	SOL INC.2
Solution fille étalon (ml)	0	2	3	4	5	10	10
Eau distillée (ml)	10	8	7	6	5	0	0
Réactif de ZAMBALLI	2	2	2	2	2	2	2

Attendre 10 min, puis ajouter.

Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2	2	2	2
---------------------	---	---	---	---	---	---	---

□ **Lecture des résultats :** Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

III.2.2.10 Les sulfates :

Les sulfates sont des composés chimiques qui se forment lorsque des atomes de soufre se lient à des atomes d'oxygène. Ils sont présents naturellement dans de nombreux types d'eau, Ils proviennent principalement des gypses présents dans le sol. Comme les sulfates ne sont pratiquement pas assimilables.

- Principe

Les ions sulfates réagissent avec le baryum du réactif Sulfa Ver 4 et produit un précipité de sulfate de baryum insoluble. La quantité de turbidité formée est proportionnelle à la concentration en sulfates. Le réactif contient aussi un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension.

- Mode opératoire

- ✓ Mettre l'appareil sous tension.
- ✓ Entrer le numéro "680" du programme mémorisé pour les sulfates
- ✓ Ajuster la longueur d'onde à 450 nm.
- ✓ Remplir une cuvette de 25 ml avec l'échantillon
- ✓ Ajouter le contenu d'un sachet de réactif Sulfa Ver 4
- ✓ Laisser pendant une période de réaction de 5 minutes (en présence de sulfate une coloration blanche se développe).
- ✓ Remplir une autre cuvette avec 25 ml de l'échantillon (blanc)
- ✓ Placer le blanc dans le puits de mesure ;
- ✓ Ajuster le zéro de l'appareil en appuyant sur la touche "zéro".
- ✓ Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure ;
- ✓ Appuyer "READ", et le résultat en mg/L de sulfates (SO₄²⁻) s'affiche.

III.2.2.11 Le calcium :

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure...etc. Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées CaCO₃, soit la dissolution des formations gypseuses. (CaSO₄) (Rodier, 2009)

– **Dosage de calcium :** Méthode titrimétrique à l'EDTA :

– **Principe :**

Le principe est identique à celui de la méthode décrite pour la dureté totale.

– **Réactifs :**

- ✓ Solution d'EDTA 0,02 N (0,01 M).

Dissoudre 3,721 g de sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétracétique (cristallisé 2 H₂O) dans un litre d'eau déionisée. 1 ml d'EDTA 0,02 N correspond à 0,4008 mg de calcium, soit 1 mg de carbonate de calcium.

À conserver dans des flacons en polyéthylène.

- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium 2 N.
- ✓ Indicateur : acide calcone carboxylique :
 - Acide [hydroxy-2-(hydroxyl-2-sulfo-4-naphtyl-azo-1)-1 naphthalène carboxylique] ou HSN 0.2 g
 - Chlorure de sodium ou sulfate de sodium 100 g

Pulvériser l'indicateur et mélanger intimement avec le chlorure ou le sulfate de sodium.

- ✓ Solution étalon de calcium (0,01 M) :
 - Carbonate de calcium pur 1.001 g
 - Acide chlorhydrique 2 N (q.s.p) dissoudre
 - Eau déionisée (q.s.p) 1L

À conserver dans un flacon en polyéthylène.

- **Mode opératoire**
- **Étalonnage de l'EDTA** : Dans une fiole conique de 100 ml, introduire successivement :
 - ✓ Solution étalon de calcium 20 ml
 - ✓ Eau déionisée (q.s.p) 50 ml
 - ✓ Solution d'hydroxyde de sodium 2 ml
 - ✓ Indicateur 0.2 g

Ajouter la quantité nécessaire de solution d'EDTA jusqu'à virage au bleu. Soit x le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage une deuxième fois. Prendre la moyenne de ces deux titrages, soit f le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique (0,01 M).

- **Expression des résultats** : Pour une prise d'essai de 50 ml,

La teneur en calcium est égale à :

$$\text{Ca (mg/L)} = \frac{V \times F \times 4.008 \times 1000}{50}$$

La teneur en carbonate de calcium est égale à :

$$\text{CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = \frac{V \times F \times 1000}{50}$$

III.2.2.12 Le magnésium :

Le magnésium (Mg) est le huitième élément le plus abondant dans la croûte terrestre et se trouve naturellement dans de nombreuses sources d'eau. Il joue un rôle important dans de nombreux processus biologiques. Le titrage du magnésium dans l'eau peut être réalisé en utilisant une méthode complexométrique similaire à celle utilisée pour le calcium. La méthode la plus courante utilise l'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique) comme agent complexant.

- **Principes:** L'EDTA forme un complexe stable avec le magnésium, ce qui permet de mesurer la concentration de magnésium dans l'échantillon par titrage. Lorsque tout le magnésium a réagi avec l'EDTA, un indicateur approprié change de couleur, indiquant la fin de la réaction de titrage.
- **Réactifs :**
 - ✓ Solution standard d'EDTA : Préparée à une concentration connue (généralement 0,01 M) en dissolvant l'EDTA dans de l'eau déionisée.
 - ✓ Indicateur coloré : Par exemple, le noir d'Ériochrome T (en présence de magnésium, il forme un complexe rouge-violet).
 - ✓ Solution tampon : Utilisée pour ajuster le pH de l'échantillon.
- **Matériel :**
 - ✓ Burette : Utilisée pour ajouter la solution d'EDTA avec précision.
 - ✓ Bêchers, pipettes et pipeteur : Utilisés pour la manipulation des échantillons et des réactifs.
 - ✓ Agitateur magnétique ou baguette de verre : Utilisé pour mélanger les réactifs.

– **Mode opératoire :**

✓ Préparation de l'échantillon :

Prélevez un échantillon d'eau représentatif dans un bécher propre.

Si nécessaire, filtrez l'échantillon pour éliminer les particules en suspension.

✓ Ajout de la solution tampon et de l'indicateur :

Ajoutez une quantité appropriée de solution tampon pour ajuster le pH de l'échantillon dans la plage recommandée (généralement entre pH 9 et 11).

Ajoutez quelques gouttes d'indicateur coloré (noir d'Ériochrome T) à l'échantillon.

✓ Titration :

Préparez une burette avec la solution standard d'EDTA.

Commencez la titration en ajoutant lentement la solution d'EDTA à l'échantillon tout en agitant vigoureusement.

L'EDTA se complexe avec le magnésium dans l'échantillon pour former un complexe stable.

Au début, le magnésium réagit avec l'indicateur, provoquant un changement de couleur de l'indicateur.

Continuez à ajouter l'EDTA jusqu'à ce que le changement de couleur soit complet et persistant, indiquant que tout le magnésium a réagi.

Notez le volume d'EDTA utilisé depuis la burette.

✓ Calcul de la concentration de magnésium :

Utilisez la relation stœchiométrique entre l'EDTA et le magnésium pour calculer la concentration de magnésium dans l'échantillon. Cette relation stœchiométrique est basée sur l'équation de réaction entre l'EDTA et le magnésium.

Effectuez les calculs appropriés en tenant compte des volumes, des concentrations et des équations stœchiométriques pour déterminer la concentration de magnésium dans l'échantillon.

III.2.3 Paramètres bactériologiques

Les bactéries sont omniprésentes dans la nature et se retrouvent dans tous les environnements. Air, sol, eau et même dans et sur d'autres êtres vivants. Quelques-uns sont pathogènes, d'autres sont pas pathogènes et certains n'apparaissent que dans des conditions spécifiques. Certaines bactéries peuvent être transmises aux humains par voie hydrique.

Les bactéries indicatrices sont les bactéries qui signalent la contamination de l'eau potable pendant les analyses. Leur présence provoque une contamination fécale dans le corps humain et donc des maladies associées à cette contamination. Les coliformes totaux et *Escherichia coli* (*E. coli*) sont des bactéries indicatrices, aussi appelées bactéries cibles. Les autres bactéries qui peuvent être présentes dans l'eau potable sont appelées des bactéries non ciblées. La qualité sanitaire de l'eau de puits est mesurée en fonction de la quantité de bactéries cibles présentes dans les échantillons d'eau potable.

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé.

Les analyses bactériologiques sont importantes car la qualité bactériologique de l'eau n'est pas un paramètre stable, au contraire, elle est sujette à des fluctuations dues à une contamination accidentelle, nécessite un contrôle continu.

III.2.3.1 Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont depuis longtemps utilisés comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau, car ils peuvent être indirectement liés à la contamination fécale. Les coliformes sont définis comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives en forme de bâtonnet avec l'enzyme β -galactosidase. La β -galactosidase décompose le lactose à 35°C pour produire des colonies rouges avec un éclat métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000)

III.2.3.2 Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la

plus fréquemment associés à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Entérobacter* et *Klebsiella*. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes détectés (**Edberg et al., 2000**).

III.2.3.3 Les bactéries *Escherichia Coli* :

Bactérie du groupe coliforme qui fermente le lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz à $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, n'hydrolyse pas l'urée et présente les enzymes β galactosidase et la glucuronidase.

Elles sont très abondantes dans la flore intestinale humaine et animale. Leur présence dans l'eau signifie que cette dernière est contaminée par une pollution d'origine fécale. (**Elmund et al, 1999**)

III.3 Matériel et méthode d'analyse bactériologique utilisée

- Matériel :

- ✓ Boite de Pétrie de dimension de 90 à 100 mm
- ✓ Bain-marie réglable
- ✓ Membrane filtrante de porosité $0,45 \mu$
- ✓ Autoclave modèle Tuttnauer Briinkman 2340 M.
- ✓ L'incubateur ou étuve (37-440 ; 220c)
- ✓ Distillateur
- ✓ Bombonne à gaz, le bec bunsens
- ✓ Réfrigérateur et Jarre d'anaérobiose
- ✓ Lampe à filtration
- ✓ Verrerie de laboratoire
- ✓ Microscope Différents autres matériels courants de laboratoire ont été utilisés.

➤ **Méthode :**

– **Préparation des milieux de culture :**

Parmi les étapes de l'analyse bactériologique, la préparation des milieux de culture prend la toute première importance et doit donc être réalisée avec précaution. Dans ce cadre, les flacons contenant les milieux de culture complets déshydratés doivent être à l'abri de la lumière, dans un endroit sec à la température indiquée par le fabricant. Pour préparer ces milieux de culture, on utilise de l'eau distillée conservée dans des récipients en matériaux inertes, dépourvus de toute substance inhibitrice avant l'utilisation.

– **Préparation de l'échantillon :**

Le comptage après culture dans une boîte de Pétri ne se fait dans de bonnes conditions qu'entre 0 et 100 colonyformingunits (cfu) par boîte de Pétri ce qui, pour un échantillon de 1 ml correspond à une concentration comprise entre 0 et 100 cfu par ml. Comme les procédés d'analyse bactériologique sont limités à une gamme réduite de concentration, cette gamme étroite permet de faire face aux situations réelles en modifiant le volume de l'échantillon ou plus généralement en modifiant sa concentration, soit par "dilution", soit par "concentration".

– **Dilution**

Généralement, on réalise des séries de dilution de 10⁻¹ chacune. Le diluant utilisé est de l'eau stérile, de l'eau physiologique stérile, mais la solution de Ringer qui est un sérum physiologique au KCl paraît la plus préférable.

– **Concentration**

Dans le cas où le niveau de la concentration par ml est tel que l'échantillon habituel s'avère insuffisant pour permettre le dénombrement ou une évaluation valable, on peut avoir recours à la filtration sur membrane, ce qui permet de concentrer facilement les germes présents sur une membrane d'un diamètre de l'ordre de 47 mm.

– **Méthodes de dénombrement**



Méthodes de dénombrement direct par numération de

colonies : Cette méthode est pratiquée sur des colonies isolées après ensemencement sur

un support nutritif solide, le dénombrement est effectué par intégration de la prise d'essai sur la surface du milieu de culture. Dans ce cas, les bactéries maintenues dispersées dans un milieu gélose liquide qui finit par se solidifier, donnent naissance dans des conditions favorables à des colonies isolées les unes des autres qui, de ce fait, peuvent directement être comptées. A la fin, le résultat sera exprimé en nombre de colonies par volume d'échantillon.

✓ **Dénombrement direct par calcul statistique.**

Dans ce cas, les bactéries se multiplient librement dans le milieu liquide par suite de l'utilisation des milieux sélectifs ou d'une réaction chimique particulière. On peut mettre en évidence la présence d'une bactérie appartenant à un groupe donné en considérant le nombre de tubesensemencés respectivement pour trois séries de dilution.

III.3.1 Identification des coliformes totaux et fécaux

En premier lieu, l'échantillon doit être filtré sur une membrane d'ester de cellulose de porosité 0,45 μ . Les coliformes fécaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes de pétri incubées à 44 °C pendant 24 heures alors que les coliformes totaux sont identifiés en comptant les colonies sur les boîtes de pétri incubées à 37 °C pendant 24 heures. Il faut signaler que l'incubation à 44 °C constitue un test présomptif d'*Escherichia coli*.

III.3.2 Identification d'*Escherichia coli* :

Des coliformes fécaux obtenus lors de l'incubation à 44 °C pendant 24 à 48 heures, on détermine l'*Escherichia coli*. La coloration rouge qui apparaît après ajout du réactif de Kovaks constitue un test pouvant confirmer la présence d'*Escherichia coli*.(rodier, 2009)

CHAPITRE IV : Résultats et discussion :

Notre étude s'intéresse au contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de six puits provenant de la région de Bordj Bou Arreridj, prélevés aléatoirement au niveau de la commune de bordj Zemmoura du 19 à 25 février 2023. Les prélèvements des échantillons pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse afin de mesurer 10 paramètres de pollution à savoir : T (°C), le potentiel d'hydrogène (ph), Conductivité électrique (C.E) la turbidité (NTU), Chlorures (Cl⁻), Sulfates (SO₄²⁻), Nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻) Calcium (Ca²⁺) et Magnésium (mg²⁺).

Pour l'analyse bactériologique, les prélèvements des eaux sont effectués dans des flacons en verre stériles puis acheminés au laboratoire pour appliquer le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale : coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) *Escherichia coli*. Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire El SIHA dans la wilaya de Bordj Bou-Arreridj. Le traitement des résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques a été réalisé avec le logiciel Excel et comparés avec les normes algériennes et avec celles de l'OMS. Les résultats sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau V : Résultats des analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologique.

Ech /Paramètre	Unité	P1	P2	P3	P4	P5	6
Clarté	eau claire						
Odeur	inoffensif						
Gout	Modérée						
Température	°C	19	20	19	11	12	16
PH	Unité ph	6,77	6,79	7,13	7,48	6,83	7,22
Conductivité	µs/cm	823	688	958	986	915	810

Turbidité	NTU	0,54	0,27	0,93	1,87	2,46	0,62
Salinité	mg/l	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Résidu sec	mg/L	131,4	144,8	140,5	132,2	137,2	124,2
Calcium ca²⁺	mg/L	144,26	108,98	132	141,12	190	80

Magnésium mg²⁺	mg/L	24	26,81	36	62	34	41
Nitrites No²⁻	mg/L	<0,02	<0,02	<0,02	0,13	<0,02	<0,02
Nitrates No³⁻	mg/L	3	0,86	15	20	11	5
Sulfates	mg/L	48	34,94	259	263	112	81
Chlorures Cl⁻	mg/L	75	54,53	79,89	160	103	48
Coliformes	n/ 100 ml	0	0	460	0	0	0
E. coli	n/ 100 ml	0	0	64	0	0	0

Tableau VI : Les normes algériennes et les normes de l'OMS

Paramètre	Unité	Normes algériennes	normes de l'OMS
Clarté	eau claire	pas de valeur guide	pas de valeur guide
Odeur	inoffensif	inoffensif	
Gout	modérée	modérée	

Température	°C	25	25
PH	Unité ph	6,5 -9	6,5 -9
Conductivité	µs/cm	2800	non mentionnée
Turbidité	NTU	5	5
Salinité	mg/l	non mentionnée	
Résidu sec	mg/L	1500	
Calcium Ca²⁺	mg/L	200	100
Magnésium Mg²⁺	mg/L	150	50
Nitrites No²⁻	mg/L	0,2	0,1
Nitrates No³⁻	mg/L	50	50
Sulfates	mg/L	400	500
Chlorures Cl⁻	mg/L	500	250
Coliformes	n/ 100 ml	non mentionnée	0
E. coli	n/ 100 ml	0	non mentionnée

(JORA, 2011) et (OMS, 2000)

IV.1 La Température :

La figure 04 (ci-dessous) présente les résultats obtenus.

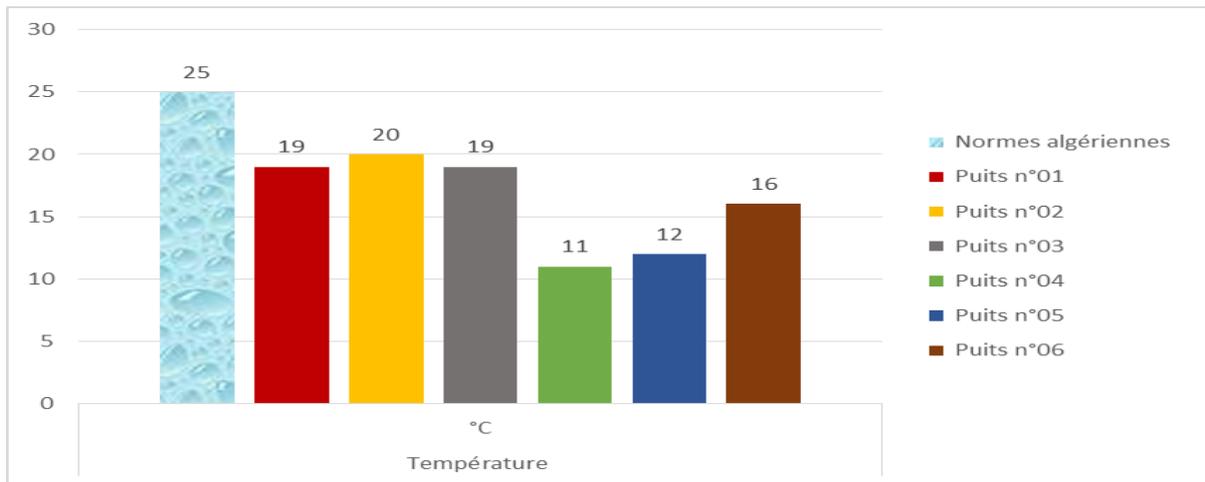


Figure04 : Variation spatiale de la température des eaux des puits

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes).

La température enregistrées dans notre étude varie entre 11°C et 20°C avec une moyenne de 16.16 °C, la valeur minimale est enregistré au niveau de puits n°04 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de puits n°02, donc ces valeurs présentent une différence hautement significative d'un puits à un autre. Les valeurs obtenues sont conformes aux normes nationales de l'eau potable qui recommandent des températures ne dépassant pas les 25°C (JORA, 2011).

Selon (Rodier et al. 2009) L'OMS ne recommande aucune valeur, pratiquement la température n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Cependant, une température élevée (supérieur à 20°C) favoriser le développement des micro-organismes dans la canalisation en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et la saveur. Il existe des microorganismes vivant à une température proche de 37 °C. Dans le cas particulier des bactéries thermophiles, l'optimum de survie est à environ 45°C.

Par contre une température inférieure à, 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux.

IV.2Le pH : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 05 (ci-dessous)

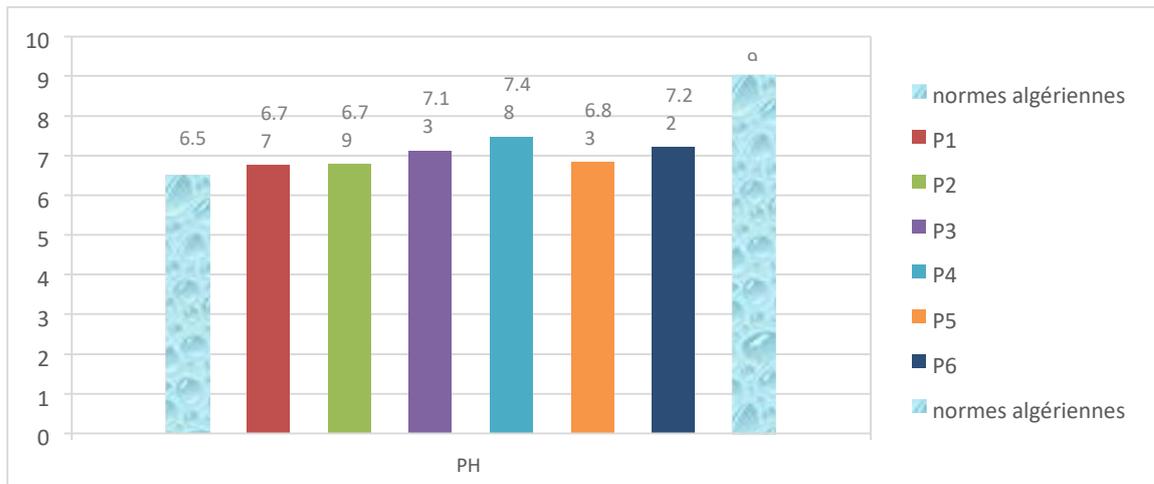


Figure 05 : Variation spatiale du pH des eaux des puits

Les valeurs relatives de pH enregistrés durant notre étude situent entre [6.77-7.48] avec une moyenne de 7.03, la valeur minimale est enregistrée au niveau de puits 01 et la valeur maximale est enregistrée au niveau puits 04. Ces valeurs sont très proches les uns aux autres respectent les normes algériennes.

Une eau présentant un pH de 7,2 à 7,8 est idéale pour le maintien d'une bonne santé. La consommation de liquides trop acides ou trop basiques peut perturber l'équilibre de pH corporel, et mener au développement et à la croissance de bactéries, de virus, de champignons, de levures et de parasites.

La consommation d'une eau plus alcaline peut contribuer à restaurer l'équilibre corporel en abaissant le degré d'acidité interne. Elle peut également favoriser la réduction de votre facture de soins dentaires, car la consommation de boissons acides est l'une des principales causes de la carie.

Une eau acide peut poser des problèmes de corrosion, peut libérer les métaux constitutifs des canalisations à savoir (Plomb, fer, nickel...) et peut constituer indirectement une menace à la santé de consommateur. Une eau basique peut entraîner des problèmes de goût et de consommation (**Kahoul et Touhami., 2014**).

IV.3 Conductivité : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 06 (ci-dessous)

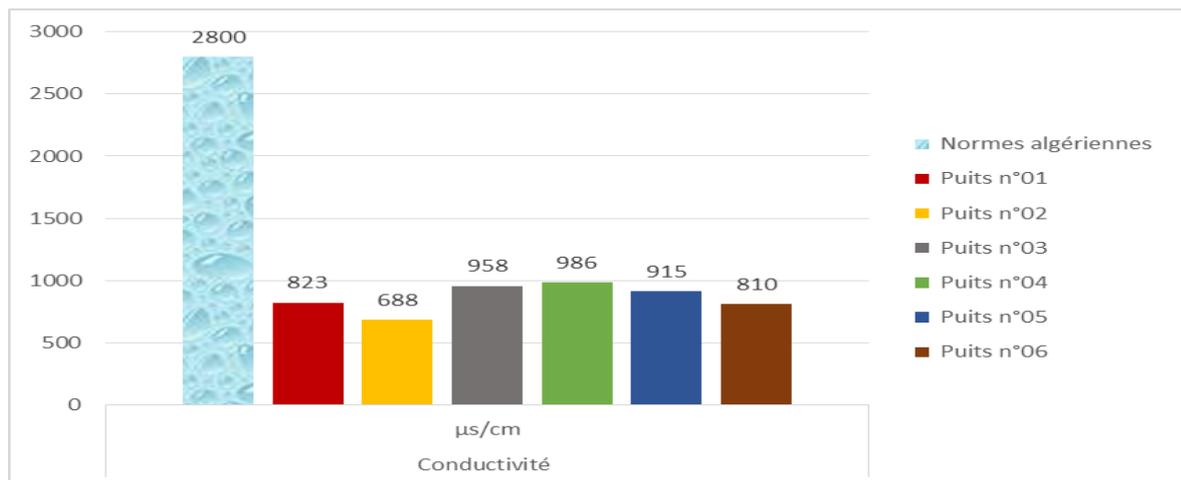


Figure 06 : Variation spatiale de la conductivité des eaux de puits

Selon (Rodier et al, 2009), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-) ...etc. Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Dib, 2009).

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- 0-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation très faible
- 100-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation faible
- 200-333 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation moyenne accentuée
- 333-666 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation accentuée
- 666-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation importante
- >1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Minéralisation élevée (Chaden, 2014).

Les valeurs de la conductivité enregistrées dans notre travail varient entre 688 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 986 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 863.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°02 et la valeur maximale enregistrée Au niveau de puits n°04

Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$, les eaux sont donc moyennement minéralisées

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (**Belghiti et al, 2013**).

La conductivité électrique de l'eau peut être influencée par plusieurs facteurs :

- Contaminants : La présence de contaminants, tels que des substances chimiques dissoutes ou des polluants, peut augmenter la conductivité électrique de l'eau.
- Minéraux dissous : Les minéraux naturellement présents dans l'eau, tels que les sels minéraux provenant des roches environnantes, peuvent contribuer à la conductivité électrique de l'eau.
- Température : La conductivité électrique de l'eau est généralement sensible à la température. À mesure que la température augmente, la conductivité augmente également

IV.4La turbidité : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 07 (ci-dessous)

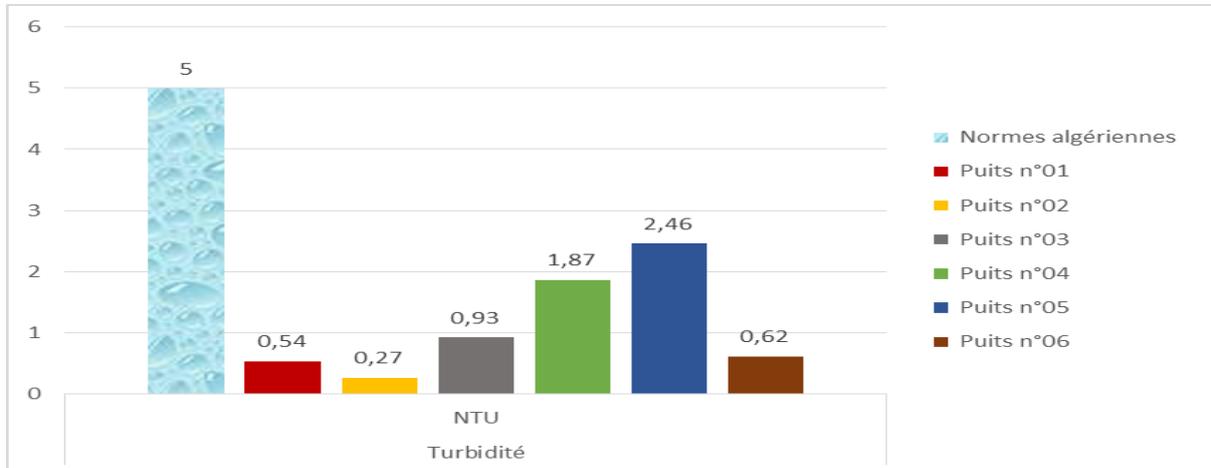


Figure 07 : Variation spatiale du la turbidité des eaux de puits

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton

suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (**Rodier et al., 2005 ; Hade, 2007**).

Une turbidité élevée peut indiquer la présence de contaminants, un problème de traitement de l'eau ou d'autres problèmes. Une eau turbide peut entraîner des difficultés pour le traitement de l'eau potable et peut nécessiter des mesures de clarification supplémentaires.

Les eaux analysées présentent une turbidité qui varie de 0.27 NTU à 2.46 NTU avec une moyenne de 1.115 NTU. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°02 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de puits n°05. Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 5 NTU. Ces résultats sont opposés avec l'étude menée par AyadWissem 2016 sur les puits de la région d'El-Harrouch (wilaya de Skikda) dont la turbidité est très élevée à cause de la pénétration des déchets des animaux et les différents rejets urbains par l'apport des eaux pluviales.

IV.5La salinité : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 08 (ci-dessous)

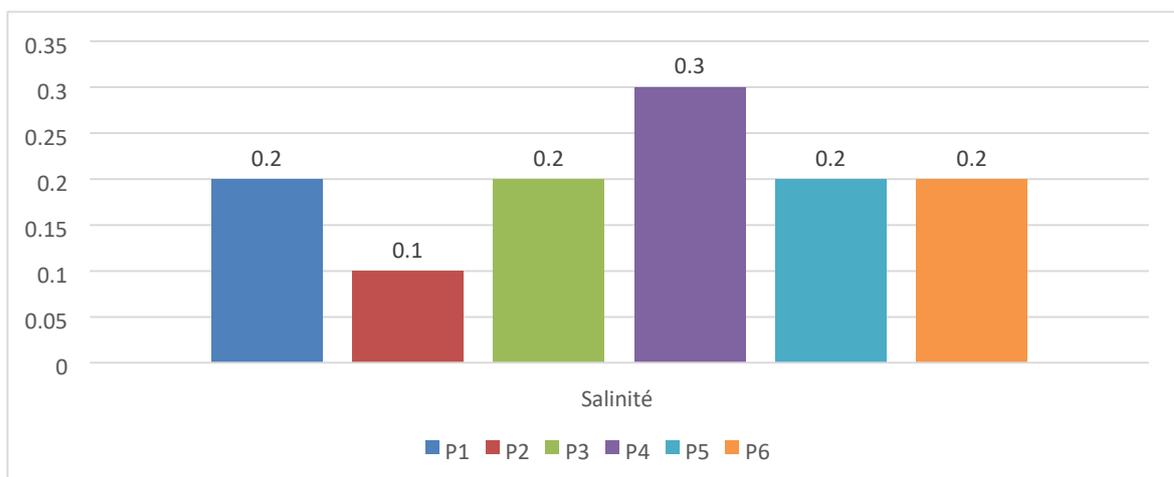


Figure 08 : Variation spatiale de la salinité des eaux de puits

La salinité de l'eau correspond à sa teneur en sel dissous dans un volume donné. C'est en mesurant cette concentration que l'on peut classer les eaux entre : douce, saumâtre et salée. Une eau est dite "douce" lorsque sa salinité est inférieure à 1 gramme/Litre. C'est la qualité qui est susceptible d'être potable. Elle est qualifiée de saumâtre lorsque sa salinité est comprise entre 1 et 10 grammes de sel par litre. On trouve ces eaux au niveau des transitions entre l'eau douce et l'eau salée (aux embouchures des fleuves, dans les deltas...). Quant à l'eau

dite salée, elle a une salinité qui dépasse les 10 grammes/Litres. C'est l'eau des mers et des océans.

Les causes de la salinisation peuvent être naturelles, c'est ce qu'on appelle la salinisation primaire. Elle provient alors de l'écoulement continu et sur le long terme d'eaux souterraines chargées en sels. Mais elle est aussi provoquée par l'activité humaine, notamment par des pratiques agricoles inappropriées. On l'appelle alors salinisation secondaire.

La valeur de la salinité enregistrée dans notre étude varie entre 0.1 mg/L et 0.3 mg/l avec une moyenne de 0.2 mg/L. la valeur la plus faible est enregistrée au niveau de puits n°02 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de puits n°04. Cela signifie que l'eau prélevée des point choisis sont considérées comme eau douce.

IV.6 Les résidus secs : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 09 (ci-dessous)

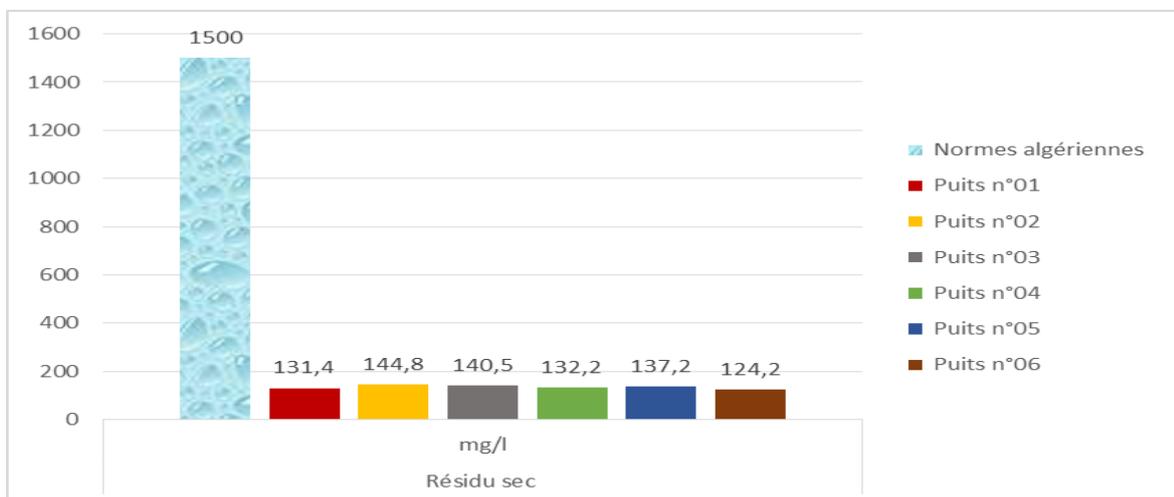


Figure 09 : Variation spatiale des résidus secs des eaux de puits

Les eaux analysées présentent des résultats variés de 124.2 mg/l à 144.8 mg/l avec une moyenne de 135.05 mg/l. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°06 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de puits n°02. Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 1500 mg/l.

Le taux de résidus à sec élevé peut indiquer une eau riche en minéraux cela peut être bénéfique pour la consommation humaine, notamment si ces minéraux sont essentiels à la santé. Cependant, des niveaux élevés de résidus à sec peuvent également indiquer une eau dure, qui peut provoquer des dépôts de tartre dans les tuyaux et les appareils ménagers.

D'autre part, des niveaux élevés de résidus à sec peuvent également être le résultat de la présence de polluants dans l'eau, tels que des métaux lourds, des composés organiques ou des produits chimiques. Cela peut être préoccupant en ce qui concerne la qualité de l'eau potable.

En revanche, un taux de résidus à sec faible indique une eau faiblement minéralisée.

Cela peut être bénéfique pour certaines applications, comme l'irrigation des cultures sensibles aux minéraux ou l'utilisation dans certains processus industriels.

IV.7Le calcium : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 10 (ci-dessous)

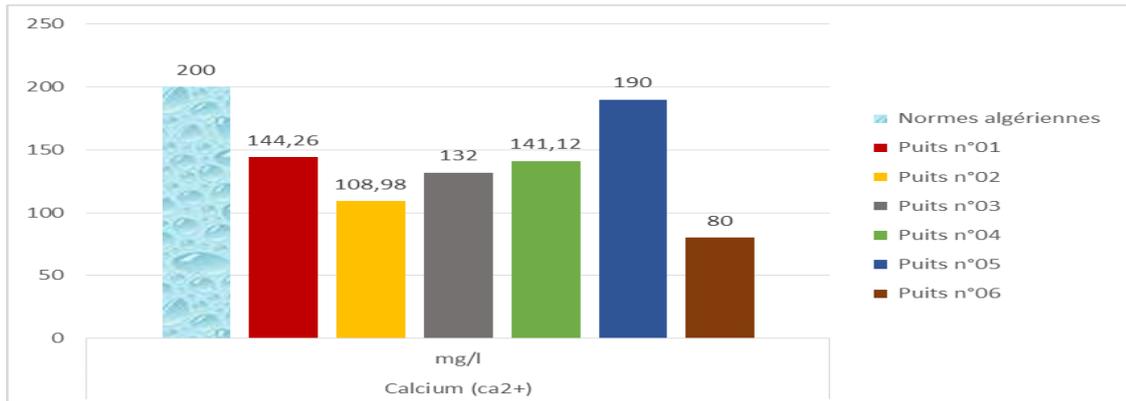


Figure 10 : Variation spatiale de Calcium (Ca^{2+}) des eaux de puits

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement (**George, 1963**).

La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium. Les eaux de surface renferment généralement moins de calcium que les eaux souterraines (**Sienko et Plane, 1974**).

Les valeurs de calcium enregistrées dans notre travail varient entre 80 mg/l et 190 mg/l avec une moyenne de 132,72 mg/l. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°06 et la valeur maximale est enregistrée au niveau de puits n°05. Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 200 mg/l. les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO_3 (**Rodier, 2009**).

Ces concentrations élevées du calcium témoignent des passages de calcaire qui libère les ions sous l'action de la circulation des eaux souterraines (**Boualla et Saad, 2011**). Cette pollution peut être aussi d'origine industrielle et urbaine (**Bouchelaghem et al., 2014**).

Une eau riche en calcium est une aide pour assurer la solidité des os et des dents. Les besoins en calcium varient selon les âges et sont notamment plus importants chez les enfants, les adolescents, les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les personnes âgées.

Bien que certains signes peuvent alerter sur une carence en calcium (crampes, muscles tétanisés), le manque de calcium ne produit pas d'effet immédiat et c'est malheureusement tardivement que les premiers symptômes apparaissent : cela peut être un retard de croissance chez l'enfant ou de l'ostéoporose chez les personnes âgées.

Le calcium joue également un rôle dans le fonctionnement des muscles, il assure la perméabilité des membranes, la transmission de l'influx nerveux et intervient, entre autres, à plusieurs étapes de la coagulation du sang. En activant certaines enzymes, le calcium prévient les maladies cardiovasculaires comme l'hypertension artérielle.

IV.8Le magnésium : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 11 (ci-dessous)

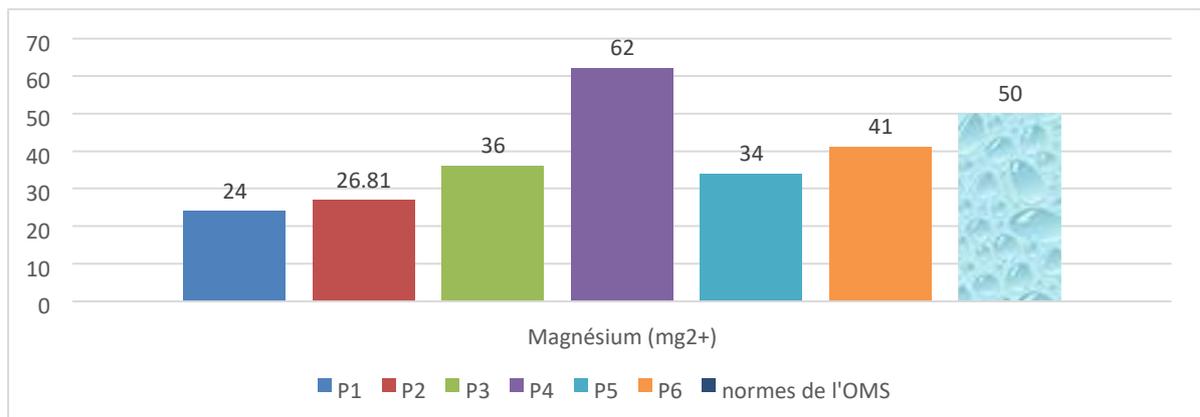


Figure 11 : Variation spatiale de Magnésium (Mg^{2+}) des eaux de puits

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 pour cent de la croûte terrestre et forme généralement des minéraux comme la giobertite (magnésite), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante.

Les principales sources du magnésium contenu dans les eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

Dans les régions riches en roches magnésiques, l'eau peut contenir des concentrations de 10 à 50 mg/L de cet élément. Certains effluents industriels peuvent également renfermer des teneurs élevées en magnésium (**Durfor, et Becker1972**).

Les valeurs de magnésium enregistrées dans notre travail varient entre 24 mg/l et 62 mg/l avec une moyenne de 37,30 mg/l. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°01 et la valeur maximale enregistrée Au niveau de puits n°04. Toutes les valeurs ne dépassent pas les normes nationales de l'eau potable fixée à 50 mg/l.

Comme le magnésium contribue à la régulation du métabolisme de l'insuline et du glucose, une eau riche en ce minéral peut donc limiter les risques de diabète aide à réduire la sensation de fatigue et participe au bon fonctionnement du système nerveux. Le magnésium intervient aussi dans le fonctionnement musculaire et favorise une bonne santé osseuse et dentaire (watershop.fr).

IV.9 Les chlorures : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 12 (ci-dessous)

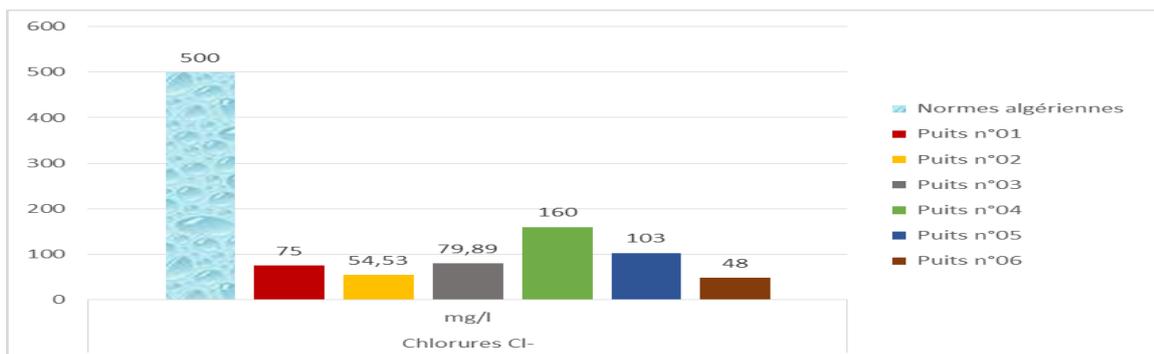


Figure 12 : Variation spatiale de Chlorures (Cl⁻) des eaux de puits

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) ; ils représentent environ 0,05 % de la lithosphère (CNRC, 1977).

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel, à l'épandage de sel sur les routes pour faire fondre la glace et la neige, aux effluents des usines de produits chimiques à l'exploitation des puits de pétrole, aux eaux d'égouts, à l'écoulement des eaux d'irrigation, aux eaux de lixiviation des déchets, chacune de ces sources peut entraîner une contamination locale des eaux de surface et des eaux souterraines. L'ion chlorure est très mobile et finit par être transporté dans des bassins fermés ou vers les océans (**Murray et Ennst1997**).

Les valeurs de chlorures enregistrées dans notre travail varient entre 48 mg/l et 160 mg/l avec une moyenne de 86,73 mg/l. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°06 et la valeur maximale enregistrée au niveau de puits n°04. Les résultats obtenus sont normaux et acceptables en comparaison avec les normes de potabilité fixées à 500 mg/l.

À des concentrations supérieures, le chlorure donne un mauvais goût à l'eau et aux boissons préparées à partir de l'eau et risque par ailleurs de provoquer la corrosion du réseau de distribution.

IV.10 Les nitrates : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 11 (ci-dessous)

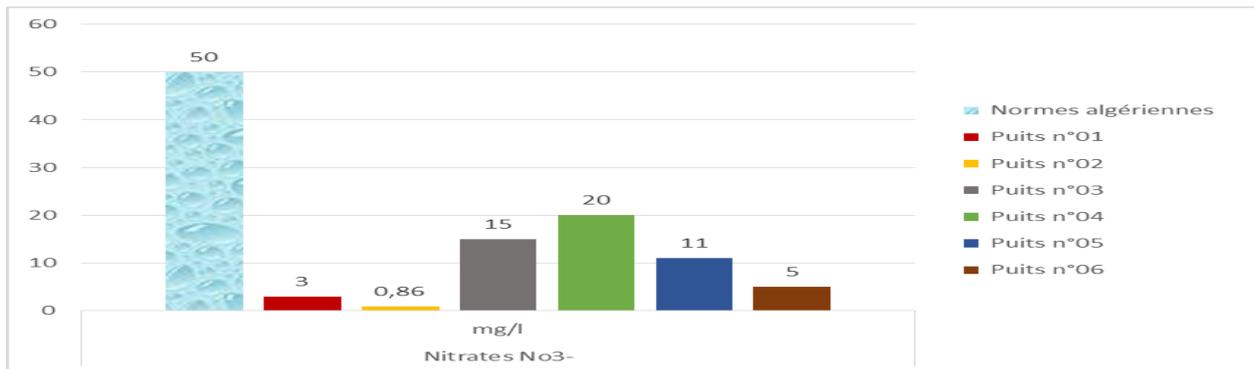


Figure 11 : Variation spatiale de Nitrate des eaux de puits

Les nitrates Présents à l'état naturel et solubles dans le sol, les nitrates pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. Et constituent l'un des facteurs de la dégradation de la qualité de l'eau. Les nitrates proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (**Chapman et al, 1996**).

Les nitrates ne sont pas toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler une toxicité des nitrates : s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme. Une fois ingérés, les nitrates sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle puis distribués dans tout l'organisme. Une partie des nitrates absorbés est sécrétée dans la salive. La microflore buccale transforme une partie de ces nitrates en nitrites. Leur réduction en nitrites peut également survenir au niveau des voies urinaires à la suite d'une infection bactérienne et dans l'estomac (**Idrissi, 2006**).

Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important tel que la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules.

La contamination en nitrates semble être liée aux apports des eaux souterraines (sources d'eau) contaminées par l'infiltration de ces composés à partir des terres agricoles et aussi au lessivage des sols (Neal et al. 2000).

Les valeurs de nitrates enregistrées dans nos échantillons varient entre 0,86 mg/l et 20 mg/l avec une moyenne de 9,14mg/l. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°02 et la valeur maximale enregistrée au niveau de puits n°04, ses valeurs restent inférieures à la valeur limite des 50 mg/L fixées par les normes algériennes de potabilités.

IV.11 Les nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées dans les eaux.

Les résultats de la toxicité de conversion du nitrate en nitrite in vivo, avec transport de l'oxygène par l'hémoglobine réduite de tissus dans le corps, produisant des symptômes de la carence en oxygène, la contamination bactérienne de l'eau, les infections gastro-intestinales et l'inflammation qui s'en suit avec production d'oxyde nitrique, sont les principaux facteurs qui peuvent contribuer à la méthémoglobinémie (RMESES et al ...2011).

Les résultats de notre étude révèlent que les teneurs en nitrites sont très faibles et ne dépassent pas la norme de l'OMS (0.1 mg/L).

IV.12 Les sulfates : Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 12 (ci-dessous)

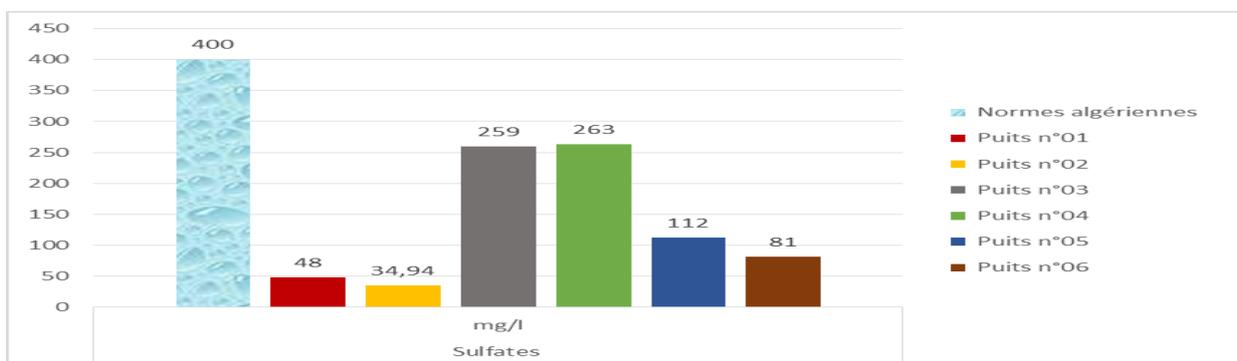


Figure 12 : Variation spatiale de Sulfate des eaux de puits

Les origines naturelles des sulfates sont l'eau de pluie et la mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques notamment le gypse (CaSO_4), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite).

Les sulfates peuvent également avoir une origine anthropique telle que la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures et, l'utilisation d'engrais chimiques et de lessive. Les concentrations les plus élevées dans les eaux souterraines sont généralement d'origine naturelle (**Barry, 1989**).

L'anion sulfate est l'un des anions les moins toxiques une eau contenant une teneur élevée produira des effets laxatifs chez l'homme dont il peut s'adapter. Cet élément pénètre lentement dans les membranes cellulaires et sont rapidement éliminés par les toxines (**US-EPA, 1985**).

Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées sont entre 34,94 mg/L et 263 mg/L avec une moyenne de 109,86 mg/L. La valeur minimale est enregistrée au niveau de puits n°02 et la valeur maximale enregistrée Au niveau de puits n°03 Ces teneurs de sulfates dans la zone d'étude peuvent être engendrées par les activités agricoles.

Néanmoins, ses valeurs restent inférieures à la valeur limite des 400 mg/L fixées par les normes algériennes de potabilités.

Les principaux effets physiologiques provoqués par l'ingestion de grandes quantités de sulfates sont la purgation et l'irritation gastro-intestinale. Sa présence dans l'eau potable peut aussi donner à celle-ci un goût perceptible, les personnes sensibles peuvent trouver un goût déplaisant à une eau ayant une teneur élevée en sulfates (anonyme).

IV.13 Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Le risque sanitaire relié directement à la présence des bactéries du groupe de coliformes totaux (**Chevalier, 2003**).

Une absence de coliformes totaux a été enregistrée dans les 5 puits (P1, P2, P4, P5, P6), ils sont détectés seulement au niveau de puits n°03 avec une valeur de 460 /100ml. Cette contamination peut être causée par les rejets domestiques, par la proximité des puits avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eaux des surfaces dans les puits. Ces causes rejoignent

celles détectés dans l'étude menée par EL Haissoufi et al, (2011) sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc.

IV.14 *Escherichia coli* :

L'eau potable ne doit contenir aucun microorganisme pathogène, et doit être exempte de toutes bactéries indiquant une pollution par excréments le principal indicateur bactérien recommandée pour suivre la pollution humaine et constitue par l'ensemble des microorganismes du groupe coliforme. Une eau qui est porteuse d'une seule *Escherichia coli* par 100 ml devient potentiellement dangereuse, ce point est important car le critère de potabilité de l'eau se fixe à partir de la présence ou de l'absence de ces germes témoins, une eau de bonne qualité est donc une eau satisfaisante certains critères de teneur bactérienne mesurée en termes de bactéries coliformes.

Escherichia coli le plus important des coliformes fécaux est détecté seulement au niveau de puits 03 avec une valeur de 64 /100ml. Ceci peut être expliqué par les matières fécales, les déchets solides, une fosse septique ou des latrines qui se trouvent près de puits.

En conclusion, les résultats des analyses bactériologiques des eaux des 5 puits étudiées sont de qualité satisfaisante à l'exception de puits n°03.

Conclusion :

Une eau potable est une eau qui doit respecter certaines normes comme être exempte de bactéries, virus et autres organismes parasites, ne pas contenir de substances chimiques indésirables ou toxiques et contenir certaines substances comme les oligoéléments nécessaires à l'organisme. Elle doit être claire, sans odeur et avoir un bon goût.

Au terme de ce travail, nous avons étudié la qualité physico-chimique et bactériologique de six puits situés dans le nord-est de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, pour pouvoir les comparer aux normes admises et se prononcer sur le degré de potabilité.

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés, entre le 19 et le 25 Février 2023 tout en respectant le protocole et les conditions d'échantillonnage. De nombreux paramètres ont été analysés in situ et ont été réalisés en laboratoire spécialisé.

A la lumière des résultats obtenus, il s'avère que tous les paramètres physicochimiques pris en compte sont compatibles avec les normes algériennes et avec celles de l'OMS. En revanche les résultats des analyses bactériologiques indiquent la présence de coliformes totaux (CT), de coliformes fécaux (CF) dans un seul puits. Ces résultats signalent donc l'existence d'une sérieuse pollution par les eaux usées domestiques qui menace la qualité de l'eau de puits 03. L'une des explications peut être la localisation de ce puits à proximité d'un petit cours d'eau recevant probablement les évacuations des eaux usées des habitations limitrophes. Par contre, ces mêmes paramètres, sont dans les tolérances admises pour les cinq autres points d'eau.

En perspectives, ce travail n'est qu'une contribution partielle à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux des puits destinés à la consommation humaine dans la région de Bordj Zemmoura dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, donc il est loin de nous fournir une vision globale de la qualité des eaux de la zone d'études.

Il reste souhaitable donc de généraliser ce genre d'études et de les compléter par un effectif d'échantillonnage plus élevé, plus représentatif, et répartis sur différentes régions de la wilaya.

Les problèmes de santé associés à la contamination de l'eau potable ô combien, menaçants pour le bien-être des citoyens et très coûteux pour l'économie du pays, nécessitent une mobilisation de l'ensemble des acteurs concernés par la production, la distribution et la consommation de l'eau. Cette mobilisation doit reposer sur les recommandations suivantes :

- Une surveillance systématique et régulière de la qualité de l'eau, au moins une fois tous les six mois.
- La surveillance des conduites de transfert d'eau potable pour éviter les contaminations par les eaux usées.
- L'isolement rapide, le nettoyage et la désinfection des puits en cas de contamination.
- L'utilisation des techniques de traitement et de protection des puits chez les particuliers, tel que les galets de chlore ou les briques à chaux.
- La sensibilisation des habitants de la région aux conséquences néfastes de certains de leurs comportements et de certaines de leurs activités sur l'environnement et sur la qualité de l'eau.

Reference :

ASSOULINE J et ASSOULINE S,(2007) : Géopolitique de l'eau. Nature et enjeu. Edition Studyrama, 140 p.

Algérie presse service- APS- Nov.2021

Arjen V.D.W., (2010). Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines : Souterraines aux forages manuels, Un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages, Fondation PRACTICA, Oosteind, P10

Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG). (2012). Les eaux souterraines, Toulouse, Cedex 4, 5p.

Andi 2014.

Archibald F.,(2000).the presence of coliform bacteria in canadian pulp and paper mill water system- a cause for concern Water Quality Research Journal Of Canada, 35(1): pp: 1-22.

BOUGHARI D., (2016). Caractérisation et de traitement des eaux résiduaire d'une industrie textile (SOFACT- Tissemsilt.)p77.

Berne A., (2002). Précipitations méditerranéens intenses en milieu urbain : interprétation physique et analyse statistique de mesures à finies échelles spatio-temporelles, impact de la variabilité spatiale sur la réponse de bassins versants. Université Joseph Fourier.

Boglin Jean-claude., (2009). Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.

Bouziyani M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.

Barrette É., (2006). Pesticides et eau souterraine : Prévenir la contamination en milieu agricole, Direction des politiques en milieu terrestre, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 24p.

Bazine. N, et Bourenane. A., (2011).Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (parc national d'El kala ,W .d'El-Taref). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma.

Barry, G.S. Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Resport, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines etressources. Ottawa. 1989.

Collin J.J., (2004).Les eaux souterraines : Connaissance et gestion, HERMANN, Editeurs des sciences et des arts, paris, PP: 27-49.

CF ,2017 : conservation des fortes dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Chaden, M. H. (2014). Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99.

Conseil national de recherche du Canada. Les effets des halogénures alcalins dans l'environnement canadien. CNRC n o 15019, Comité associé des critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Ottawa (1977).

- Chapman, D., Kimstach, V.** Selection of water quality variables. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon. 1996.
- Chevalier P., (2003)** .coliformes totaux, institut national de santé publique du Québec groupe Scientifique sur l'eau. Fiche coliforme totaux, 4.p
- Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, Québec, Canada, PP : 46-112.
- Degremont. g., (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec etdoc, PP: 3 -38.
- Degremont. (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24-25.
- DSA ,2017 :** Direction des Services Agricole dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj
- Dib I., (2009).** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.
- Durfor, C.J. et Becker, E.** Constituents and properties of water. Dans: Water quality in a stressed environment. W.A. Pettyjohn (dir. de publ.). Burgess PublishingCompany (1972).
- Degremont. (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24-25.
- Engalec M (1970).** Etude hydrogéologique quantitative de la plaine de Mitidja. Notice explicative des points d'eau et de l'enquête sur les débits extraits. Zone El-harrach - HamizANRH,Alger.Rapport GEOH 003 A bis, 120 p.
- Emand Barres A.L., Roux J.C., (1999).** Périmètre de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine ; Guide méthodologique et réglementaire, Edition BRGM, manuels et méthodes n°33, 2ème édition, P19.
- Edberg S. C., Rice E.W., Karlin R. j. & Allen M. J. (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied Microbiology, 88: pp: 106S
- Elmund G. K., Allen M. J. & Rice E. W. (1999).** Comparaison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ.Res., 71:pp:332-339.
- EL Haissofi et al, (2011).** sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc.
- Géopolitis- Télévision Suisse (2022).

- Godfrey S., Reed B., (2013).** Nettoyage et réhabilitation des puits, fiches techniques : eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence, Organisation mondiale de la santé OMS, Genève, Suisse, 15p.
- George C. Harrap & Co., London, U.K. (1963).** Day, E.H. The chemical elements in nature.
- Hazzab.A., (2011)** . Eaux minérales naturelles et eaux de source en Algérie. Comptes rendus Geoscience vol. 343, Nr.1, p.20-31
- HawaSamake(2002)**,analyse physico chimique et bacteriologique au l.n.s. des eaux de consommation de la ville de bamako durant la periode 2000 et 2001,these de doctorat, faculté de médecine, de pharmacie et d'odonto stomatologie bamako
- Idrissi L.** Nitrates et nitrites polluants qui menacent la santé et l'environnement. Les technologies de laboratoires. 1 (2006) 3.
- JORA. (2011)** : journal officiel de la république algérienne.Décret exécutif n° 11- 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers Alger, Pp: 7-25
- JoelG.,(2003).** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre(2003).167p.
- Kahoul, M et Touhami, M. (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.
- Molinie L., (2009).** Dispositifs rustiques d'alimentation et de Traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées, Agro Paris Tech, Montpellier, Cedex 4, 7p
- Myrand D., (2008).** Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, P04.
- Mourey V., Vernoux J.F., (2000).** Les risques pesant sur les nappes d'eau souterraine d'Ilede-France, Annales des mines, PP : 32-40
- Marcel-M. Chartier, (1974),** Les types de pollutions de l'eau 82 pp. 183-193
- Murray, D.M. et Ennst, V.F.W. An economic analysis of the environmental impact of highway de-icing salts. National Technical Information Service Publication 253, U.S. Department of Commerce, Springfield, VA. p. 268 (1976).
- ANRH (1973).** Carte hydrogéologique de la région d'Alger au 1 /200.000.
- Neal, C. Neal M, Wickham H, Harrow M. The water quality of a tributary of the Thames, the Pang, southern England. The Science of the Total Environment. 251 / 252: 459-475. 2000.

- Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP).**, (2003). L'eau souterraine, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, 31p.
- O.M.S. Directives de qualité pour l'eau de boisson.
- O.M.S., (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p
- O.M.S., (2013).** Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau, fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence, Genève, P11.
- Ramade. F., (1982).** Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère, 2ème édition, Paris, Masson, 422 p.
- Renald M., (2003).** Le puits, Révision de la numérotation des règlements, développement durable, environnement et parcs, Québec, 52p.
- Rodier. J, Legube. B, et Merlet. N., (2009).** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p
- Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Fan A M. Encyclopedia of Environmental Health. (2011) 137-145.
- Stämpfli N., (2007).** Fiche technique ; Puits d'infiltration, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Services régionaux, région du Québec, 4p.
- Samake H., (2002).**Thèse analyse physicochimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
- Sienko, M.J. et Plane, R.A.** Chemical principles and properties, 2^eédition. McGraw-Hill, New York, NY (1974).
- Thiria J., (2005).** Gestion, nettoyage et sanitation des puits en situation de catastrophe, Direction des Opérations Internationales (PIROI), 5p
- US EPA (1985).** National primary drinking water regulations; synthetic organic chemicals, inorganic chemicals and microorganisms; proposed rule. US Environmental Protection Agency. Federal Register, 50(219):46936. <http://www.epa.gov/safewater/sulfate.html> (dernièreconsultation :mai 14)
- <https://www.culligan.fr><https://www.cieau.co>
- <https://www.canada.ca>
- <https://premier-ministre.gov.dz>
- <https://watershop.fr>

Résumé :

L'eau est considérée toujours comme un aliment de base, précieux et vital. Les eaux souterraines peuvent comporter des éléments indésirables ou toxiques qui présentent une menace à la santé humaine à long et à court terme.

Les puits sont une source d'approvisionnement en eau très importante pour les populations, cependant la qualité de l'eau des puits peut être affectée par divers facteurs physico-chimiques et bactériologiques.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique, organoleptique et bactériologique des eaux des puits de la commune de Bordj Zemmoura dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

Les paramètres physico-chimiques mesurés comprennent : La température, le pH, la conductivité, la turbidité, la salinité, les résidus secs, le taux de calcium et de magnésium, les nitrates et les nitrites, les sulfates et les chlorures.

Les paramètres bactériologiques mesurés comprennent la présence des coliformes totaux et fécaux ainsi que la présence d'*Escherichia coli*.

La présence de ces paramètres hors normes dans l'eau des puits peut avoir des implications importantes pour la santé publique.

D'après les résultats obtenus l'eau des puits de la commune de Bordj Zemmoura est de qualité physico-chimique acceptable pour l'alimentation humaine et conformes aux normes nationales et internationales recommandées, et une contamination bactériologique notée dans un seul puits.

Mots clés : Eau des puits, La qualité physico-chimique, Organoleptique, Les paramètres bactériologiques, Bordj Zemmoura

Abstract

Water is still considered a basic, precious and vital food. Groundwater may contain undesirable or toxic elements that pose a threat to human health in the long and short term.

Wells are a very important source of water supply for populations, however the quality of well water can be affected by various physico-chemical and bacteriological factors.

The objective of this study is to contribute to the evaluation of the physico-chemical, organoleptic and bacteriological quality of well water in the municipality of BordjZemmoura in the wilaya of BordjBouArreridj.

The physico-chemical parameters measured include: Temperature, PH, conductivity, turbidity, salinity, dry residues, calcium and magnesium levels, nitrates and nitrites, sulphates and chlorides.

The bacteriological parameters measured include the presence of total and faecal coliforms as well as the presence of Escherichia coli.

The presence of these outliers in well water can have significant implications for public health.

According to the results obtained, the water from wells in the municipality of BordjZemmoura is of acceptable physico-chemical quality for human consumption and complies with recommended national and international standards, and bacteriological contamination noted in a single well.

Keywords: Well water, physico-chemical quality, organoleptic, bacteriological parameters, wells, BordjZemmoura.

الخلاصة

لا يزال الماء يعتبر من الأغذية الأساسية والتمينة والحيوية. قد تحتوي المياه الجوفية على عناصر غير مرغوب فيها أو سامة تشكل تهديداً لصحة الإنسان على المدى الطويل والقصير.

تعد الآبار مصدراً مهماً جداً لإمدادات المياه للسكان، إلا أن جودة مياه الآبار يمكن أن تتأثر بالعديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية.

تهدف هذه الدراسة إلى المساهمة في تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والحسية والبكتريولوجية لمياه الآبار في بلدية برج زمورة بولاية برج بوعريبيج.

تشمل المعلمات الفيزيائية والكيميائية المقاسة: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتوصيلية، والعمارة، والملوحة، والمخلفات الجافة، ومستويات الكالسيوم والمغنيسيوم، والنترات والنترات، والكبريتات والكلوريدات.

تشمل المعلمات البكتريولوجية التي تم قياسها وجود القولونيات الكلية والبرازية وكذلك وجود الإشريكية القولونية.

يمكن أن يكون لوجود هذه القيم المتطرفة في مياه الآبار آثار كبيرة على الصحة العامة.

ووفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، فإن مياه آبار بلدية برج زمورة ذات جودة فيزيائية وكيميائية مقبولة للاستهلاك البشري وتتوافق مع المعايير الوطنية والدولية الموصى بها، والتلوث الجرثومي الملاحظ في بئر واحد.

الكلمات المفتاحية: مياه الآبار، الجودة الفيزيائية والكيميائية، الحسية، البارامترات البكتريولوجية، الآبار، برج زمورة