

ملخص

تهدف دراستنا لتقييم النوعية الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمياه منبع سيدي معمر المسمى "صبرا" ببلدية "الارهاط" ولاية "تيزازة" الموجهة أساسا للاستهلاك البشري.

أهم الخصائص الفيزيوكيميائية المدروسة هي: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التعكر، الناقلية الكهربائية، وكذا معايرة تركيز الكلور والعناصر التالية: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , Fe^{2+} , $(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , CO_3^{2-}

أما بالنسبة للخصائص البكتريولوجية فتمثلت في البحث وعد القلونيات الكلية و البرازية والمكورات العقدية البرازية.

نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية في مجموعها تتوافق مع المعايير الجزائرية لنوعية مياه المنبع (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، 2006) وكذلك مع معايير المنظمة العالمية للصحة (2004). إلا أنه تبين أن هذه المياه غنية بالأملاح المعدنية مع نسبة عالية من البيكربونات مقارنة بالأيونات الأخرى المعتبرة.

فيما يتعلق بنتائج التحليل البكتريولوجية التي تتركز علي الجراثيم الضارة (العقديات البرازية) و الجراثيم الدالة علي التلوث (القلونيات الكلية و البرازية)، تركيز هذه الأخيرة في بعض العينات يتجاوز تلك المطلوبة من قبل المعايير الجزائرية لنوعية مياه منبع (الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، 2006) وكذلك مع معايير المنظمة العالمية للصحة (2004) بسبب التلوث العرضي المحتمل عن طريق تسلسل مياه المتبقية عن طريق

خزانات الصرف الصحي

الكلمات المفتاحية: المنبع، صبرا، المياه، التحليل الفيزيوكيميائية، التحليل البكتريولوجية

Abstract

Our study aims to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of the water quality of the spring water of Sidi Mammour, known "Sabra" of the town of "Larhat" wilaya of "Tipaza", destined mainly for human consumption.

The physicochemical parameters analyzed are principally: temperature, pH, turbidity, electrical conductivity as well as the residual chlorine dosage and the following elements: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$, SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Fe^{2+} , Mg^{+2} , Ca^{+2} . As for bacteriological parameters, this is the research and the enumeration of total and faecal coliforms and faecal streptococci.

The results of the physicochemical analyzes generally are in conformity with the Algerian standards of the quality of the spring water (**JORADP, 2006**) and those of the **WHO (2004)**. However, this water is very hard with high mineralization and high content of bicarbonate relative to the other ions considered.

Concerning the results of bacteriological analyses based on the research of the pathogenic germs "Faecal Streptococci" and control germ of "total and faecal coliform" contamination, the concentration of these in each sample exceeds those required by the Algerian quality standard of spring water (**JORADP, 2006**) and **WHO (2004)** in some samples to possible accidental contamination by the infiltration of waste water through septic tanks.

Keywords: spring water, Sabra, Water, physico-chemical analysis, bacteriological analysis,

Résumé

Notre étude vise à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source sidi Mammar dite « Sabra » de la commune « Larhat » wilaya de « Tipaza » destinée principalement à consommation humaine.

Les paramètres physico-chimiques analysés sont principalement : la température, le pH, la turbidité, la conductivité électrique, ainsi que le dosage du chlore résiduel et les éléments suivants : NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $(\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2})$, SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Fe^{2+} , Mg^{+2} , Ca^{+2} . Quant aux paramètres bactériologiques, il s'agit de la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux et des streptocoques fécaux.

Les résultats des analyses physicochimiques sont dans l'ensemble conformes aux normes algérienne de la qualité de l'eau de source (**JORADP ,2006**) et celle de l'**OMS(2004)**. **Cependant**, cette eau s'avère très dure et d'une minéralisation élevée avec une teneur élevée en bicarbonate par rapport aux autres ions considérés.

Concernant les résultats de l'analyse bactériologique basée sur la recherche des germes pathogènes « Streptocoques fécaux » et des germes témoins de contamination « coliformes totaux et fécaux », la concentration de ces derniers dans certains échantillons dépasse celles exigées par la norme algérienne de la qualité de l'eau de source (**JORADP ,2006**) et celle de l'**OMS(2004)** dans certains échantillons à cause d'une éventuelle contamination accidentelle par l'infiltration des eaux résiduaires à travers des fosses septiques.

Mots clés : Source, Sabra, Eau, analyse physico-chimique, analyse bactériologique,

INTRODUCTION

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer. **(HUBERTP et MARIN, 2001)**

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain, et sa consommation journalière par tous implique une surveillance étroite tant sur le plan physico-chimique que bactériologique.

En outre, la pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu très utile de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement.

En effet, les eaux souterraines représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine et autre **(MARGAT, 1992)**. C'est pourquoi nous avons choisi l'évaluation de l'état sanitaire de la source SIDI MAAMAR dite « Sabra » pour le fait que cette dernière soit fréquentée par un grand nombre de citoyens de la wilaya de Tipaza et des wilayas limitrophes. Son eau est utilisée à des fins thérapeutiques essentiellement le traitement de calcul rénal selon notre enquête auprès des habitants de la localité.

Cette source est déclarée à plusieurs fois de mauvaise qualité bactériologique (à partir de l'année 2014) et condamnée par les autorités avec plaque de signalisation.

Notre travail va porter sur l'évaluation de la qualité de l'eau de cette source : existe-t-il réellement un risque de pollution ? Quelle est dans ce cas son origine ? et quel est son impact ?

Pour répondre à ces questions nous avons procédé par des analyses bactériologiques et physico-chimiques de l'eau de cette source et nous avons aussi interrogé les habitants de la région.

La présente étude est structurée en trois chapitres :

- Dans le premier chapitre, une synthèse bibliographique portant principalement sur les propriétés de l'eau et les sources d'eau ainsi qu'une analyse des principales conditions climatiques et environnantes.
 - Le deuxième chapitre expose le matériel et méthodes utilisés dans la présente étude, pour évaluer la qualité physico chimique et bactériologique des eaux échantillonnées.
 - Le troisième chapitre est consacré aux différents résultats et leurs interprétations.
- Enfin, une conclusion générale et des recommandations seront données.

1. Généralité sur l'eau

L'eau est la substance minérale la plus répandue sur la surface du globe terrestre, elle recouvre ses trois quarts, connue sous le nom d'hydrosphère. L'eau est à l'origine de la vie sur terre, elle est indispensable à la survie des êtres vivants, elle est aussi le constituant majeur (70%) de la matière vivante. Tous les êtres vivants contiennent une part d'eau dans leur masse totale, ce taux varie de 50% pour les bactéries, à 70% chez les animaux supérieurs et atteint 98% chez les méduses et les algues (ZELLA et SMADHI, 2006).

1.1. Propriétés de l'eau

1.1.1. Propriétés physiques

L'eau possède un certain nombre de propriétés physiques, ces sont essentiellement sa mobilité, son aptitude à s'étaler dans l'espace et remplir aisément les récipients.

1.1.2. Propriétés chimiques

L'eau, un excellent solvant, est en effet un liquide qui dissout un grand nombre de substances, ceci explique le fait que l'eau soit un milieu favorable au développement de la vie puisque l'on y trouve un grand nombre d'éléments primaires qui en dépend (MUSY et HIGY, 2004).

1.2. Cycle de l'eau

L'eau est présente sous diverses formes : pluie, cours d'eau, mers, océans, lacs, nappes souterraines, vapeur, nuages que l'on peut résumer en état solide, gazeux et liquide (LIMAS, 1993).

C'est à partir de ces changements d'état que résulte le cycle de l'eau (*figure.1*) et les grands équilibres climatiques (LANY, 1995).

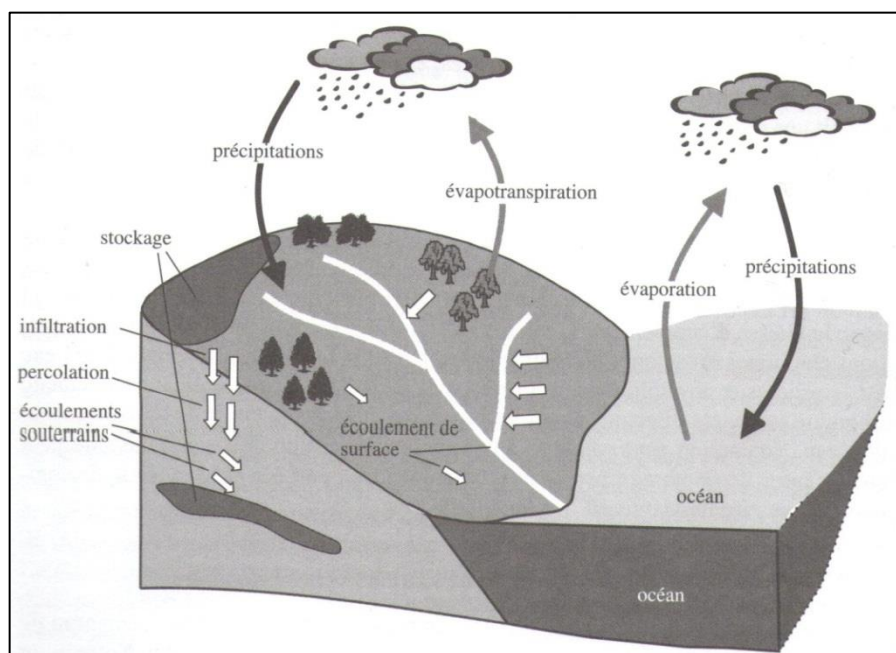


Figure.1. Cycle de l'eau (MUSY et HIGY, 2004)

2. Ressources hydriques naturelles

2.1. Eaux superficielles

Elles sont constituées principalement par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lac, barrages. Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement, il ne faut pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté(VILAGINES, 2003).

2.2. Eaux souterraines

On entend par « eau souterraine » 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 canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologique qui constituent l'espace souterrain. L'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) situé en aval. Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface et ne nécessitent pas un traitement complet tel qu'exigé par le règlement sur la qualité de l'eau potable (MYRAND, 2008).

3. Etat des eaux souterraines

Le terrain dans lequel l'eau circule est dit un terrain aquifère ou simplement aquifère. Selon le degré de porosité des roches qui composent les terrains, la nappe peut être constituée d'interstices, de fissures ou d'un réseau de celles-ci (LIMAS, 1993).

3.1. Nappes libres

Pour former une nappe libre, l'eau s'accumule schématiquement, au-dessus de la base imperméable, c'est une nappe dont le niveau piézométrique s'établit uniquement en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (figure .2).

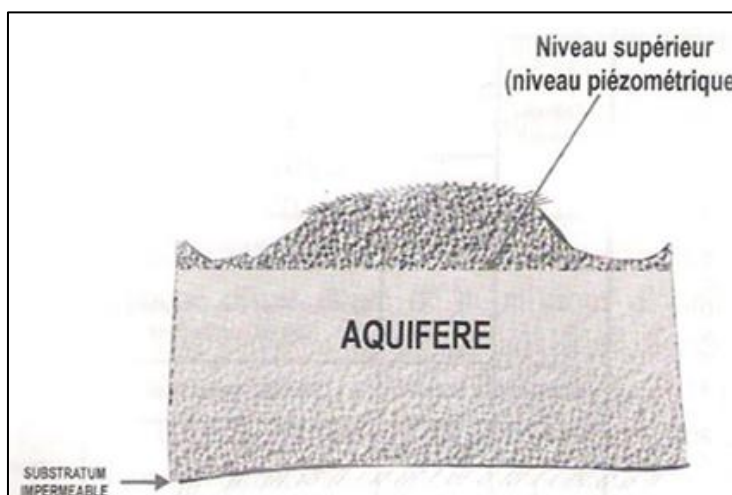


Figure. 2. Nappe libre (VILAGINES,2003)

3.2. Nappes phréatiques

La nappe phréatique est la première nappe rencontrée lors du creusement d'un puits, l'inconvénient de la nappe phréatique est qu'elle est quasi totalement polluée, sur tout le territoire, par les fosses septiques, les pesticides et les engrais. Elle fournit donc une eau non potable (VILAGINES, 2003).

3.3. Nappes alluviales

Dans son cours moyen, l'alternance de phases de creusement et de remblaiement peut donner naissance à un certain nombre d'ensembles de terrasses principales (*figure.3*)(VILAGINES, 2003).

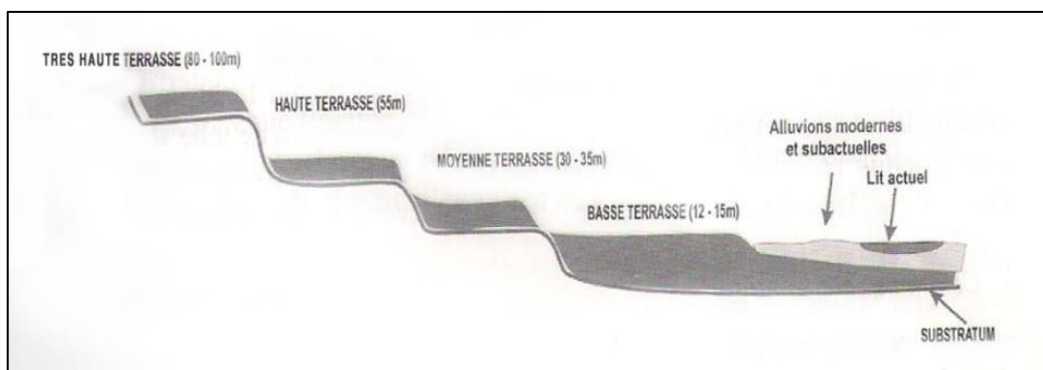


Figure.3. Nappe alluviale. (VILAGINES, 2003)

3.4. Nappes captives

Les nappes captives peuvent se définir comme « des nappes recouvertes par une couche de terrain imperméable ou peu perméable » dont la surface piézométrique peut être située au-dessus du toit. Lorsque le niveau piézométrique de la nappe surplombe le sol, la nappe est dite artésienne. Dans ce cas, un forage conduit à un jaillissement spontané (*figure.4*)(VILAGINES, 2003).

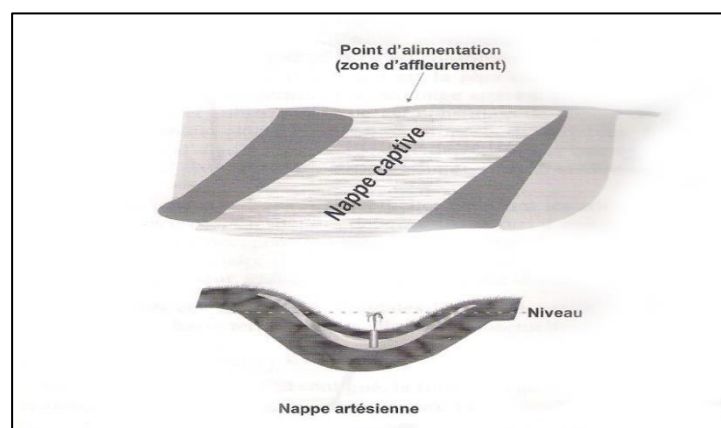


Figure.4. Nappe captive (VILAGINES, 2003)

4. Source d'eau

4.1. Définition d'une source d'eau

Une source peut être définie comme un point, une zone ou un endroit à la surface du sol d'où coule ou émerge naturellement une quantité d'eau déterminée provenant d'un aquifère (CUSTODIO et LLAMAS, 2001).

4.2. Différentes catégories de sources

Elles se classent en trois catégories

4.2.1. Sources de déversement

Les sources de déversement se définissent comme étant des sources issues d'un aquifère recoupé par la surface topographique et dont le substratum affleure (*figure.5*). Elles donnent souvent des lignes de source suivant une ligne d'affleurement de substratum, généralement leur débit est pratiquement constant et leur point d'émergence est fixe (VILAGINES, 2003).

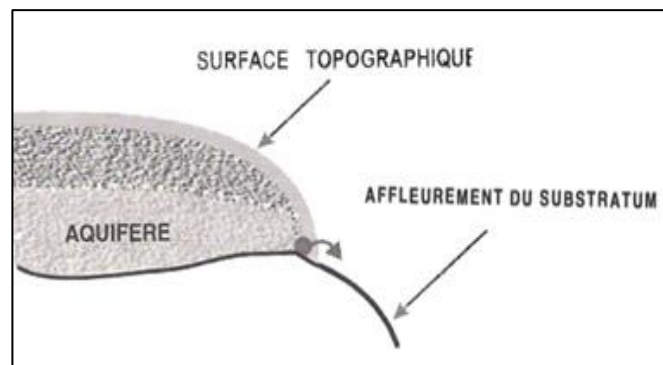


Figure.5. Source de déversement (VILAGINES,2003).

4.2.2. Sources d'émergence

Elles se définissent comme étant « des sources à l'intersection de la surface piézométrique d'un aquifère libre et de la surface topographique et dont le substratum de l'aquifère n'affleure pas » (*figure.6*)(VILAGINES, 2003).

Ces sources sont plus susceptibles de tarissement, ainsi leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année (BOUZIANI, 2006).

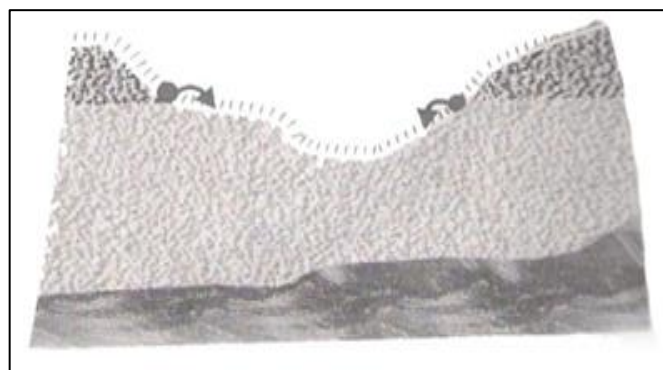


Figure.6. Source d'émergence (VILAGINES, 2003).

4.2.3. Sources par fracture

Elles se définissent comme « des sources issues de l'intersection de fracture du sous-sol (failles, diaclases) avec la surface topographique ». Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins. Les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie (*figure.7*) (VILAGINES,2003).

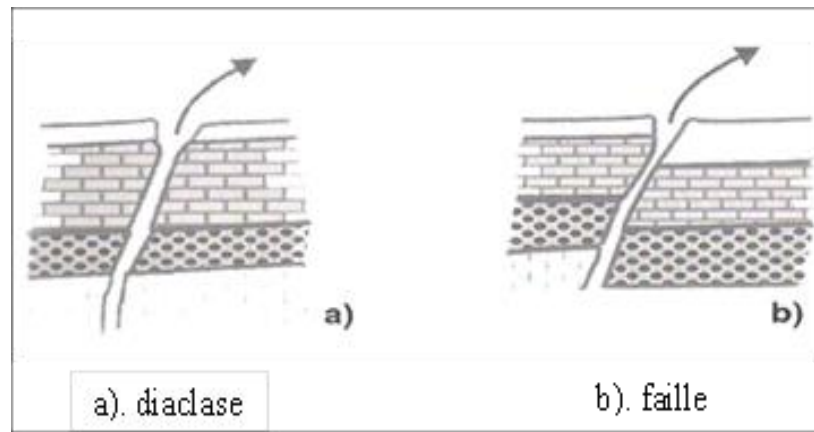


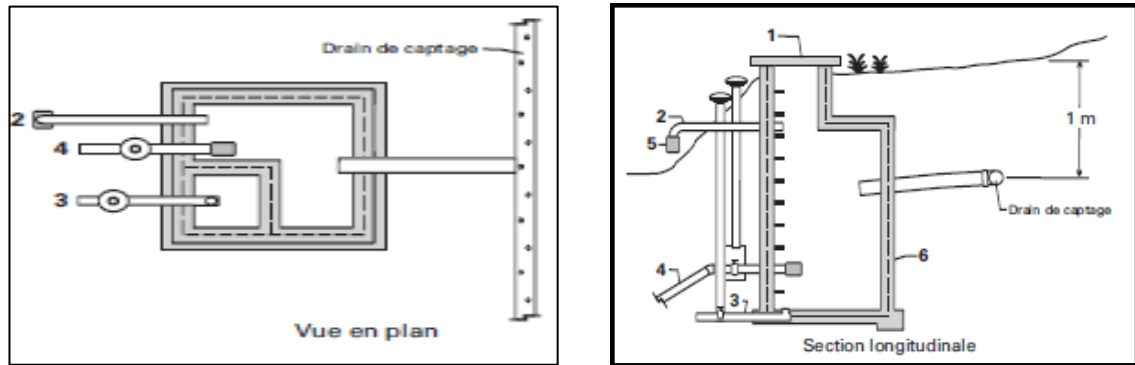
Figure.7. Source par fracture (VILAGINES, 2003).

4.3. Captages de sources

Un captage de source (*figure.8*) consiste en un ouvrage aménagé à un endroit où l'eau souterraine fait résurgence à la surface, par exemple à flanc de colline. Il doit normalement être constitué d'un drain horizontal aménagé à faible profondeur, mais à plus d'un mètre de la surface du sol en amont du point naturel de résurgence de manière à capter l'eau avant qu'elle ne fasse surface.

Ce drain est relié à un réservoir à l'intérieur duquel est placée la pompe d'alimentation. L'eau ainsi captée peut aussi être acheminée à la résidence par gravité. Les critères de conception suivants sont applicables à tout nouveau captage de source :

- ✓ L'aménagement de base d'un tel ouvrage est constitué d'un drain horizontal de captage, de matériaux d'enrobage et d'un réservoir étanche muni d'un trop-plein, d'un couvercle étanche, d'un drain de nettoyage et d'une ligne de distribution ;
- ✓ Le tuyau de trop-plein est muni d'un grillage afin d'empêcher les insectes et la vermine d'y pénétrer ;
- ✓ L'aménagement du sol, au-dessus du drain doit jusqu'à au moins 3 m en amont de celui-ci, être réalisé de manière à prévenir le ruissellement ou l'infiltration d'eau de surface ;
- ✓ Le choix des matériaux et de l'ouverture des drains doit se faire en fonction de la granulométrie des sols en place (MYRAND,2008).



1. Couverture étanche 3. Drain de nettoyage
 2. Trop-plein 4. Ligne de distribution.
 5. Grillage. 6. Réservoir fait de béton, de plastique, De maçonnerie de pierres ou de béton poreux.

Figure.8. Schéma d'aménagement d'un captage de source.

5. Eau de source

5.1. Définition de l'eau de source

Une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres que ceux autorisés pour la loi, elle doit être introduite au lieu de son émergence, telle qu'elle sort du sol, dans des récipients de livraison au consommateur, ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients (**VILAGINES, 2003**).

5.2. Classification des eaux de source

Il existe plusieurs classifications des eaux de source. La classification basée sur la somme des ions comparables par leurs propriétés chimiques, est jusqu'à présent la plus connue.

La minéralisation globale de l'eau s'exprime par la somme des éléments et des combinaisons chimiques qu'elle contient. Elle est mesurée par le résidu sec ou compact qui s'obtient après évaporation de l'eau à la température (**BOGOMOLOV, 1986**).

D'après **BOGOMOLOV (1986)** les eaux de source sont classées en fonction de la quantité des résidus sec en :

- **Eaux douces**, contenant jusqu'à 1g /l de sels
- **Eaux faiblement salées** : 5g/l de sels.
- **Eaux salées** : 5 à 10g/l de sels
- **Eaux saumâtres** : à partir de 50g/l de sels

5.3. Composition des eaux de source

L'eau de source n'est pas pure puisqu'elle contient toujours des substances (gaz, liquides ou solides) dont les concentrations et la stabilité dépendent de paramètres tel le pH du milieu la

pression partielle des gaz en contact avec les eaux, la nature des substances minérales, organiques ou inorganiques dissoutes, la texture des sols (VERMER,2001).

5.3.1. Composition chimique

Les composantes chimiques principales qui se trouvent habituellement dans les eaux de source, sont les ions :

- Chlorure, sulfate, Hydrogénocarbonates ,Carbonate, ainsi que les ions des métaux alcalino-terreux « Béryllium, Calcium,Sodium,Magnésium,Baryum,Strontium,Radium »
- L'eau peut contenir des gaz en dissolution : Gaz Carbonique, hydrogène, méthaneet autres.
- Des combinaisons d'azote présentes parfois, ce sont des ions nitrites, nitrate et ammoniacque.

Selon MONIQUE et BEAUDRY, (1984) on peut trouver les métaux lourds suivant dans les eaux à des proportions différents « fer, manganèse, fluor, chrome, cobalt, cuivre »

5.3.2. Composition bactériologique

Les eaux courantes et stagnantes superficielles, ainsi que les eaux de source, suivant le degré de leur pollution, contiennent différents micro-organismes et notamment des bactéries ; un centimètre cube d'eau en contient plusieurs centaines, milliers ou millions.il est démontré que le nombre de bactéries dans une eau souterraine diminue avec la profondeur. Les bactéries peuvent être inoffensives ou pathogènes, provoquant différentes maladies de l'appareil digestif. Elles apparaissent dans l'eau souterraine ou dans les rivières à la suite de leur pollution par toutes sortes de détritius(BOGOMOLV, 1986).

5.4. Traitement de l'eau de source

Les eaux minérales naturelles ou les eaux de source doivent provenir d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles l'eau est conditionnée. Cette dernière en faire un traitement les quel :

- La séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration
- L'incorporation de gaz carbonique ou la regazéification (HAZZAB, 2011).

6.Principales sources de contamination des eaux souterraines

Les problèmes de contamination des eaux souterraines peuvent provenir de la composition naturelle de la formation géologique à travers laquelle les eaux circulent, ou encore de sources anthropiques, c'est-à-dire qui résultent d'activités humaines.

6.1. Contamination d'origine naturelle

L'eau souterraine contient naturellement des composés chimiques résultant de la dissolution de minéraux composant les formations géologiques avec lesquelles elle est en contact.

6.2. Contamination d'origine anthropique

Les nombreuses activités humaines sur le territoire peuvent causer l'émission de substances susceptibles de contaminer les sols ambiants. Ceux-ci deviendront une source de contamination pour toute eau qui s'y infiltrera et qui les traversera pour atteindre les nappes d'eau souterraine, modifiant ainsi leur composition. On distingue deux catégories de sources de contamination des eaux souterraines : les sources diffuses et les sources ponctuelles.

6.2.1. Sources de contamination diffuses

Une contamination des eaux souterraines est dite « diffuse » lorsqu'elle couvre une grande portion du territoire. La fertilisation et l'application massive de pesticides sur les terres agricoles et en forêt peuvent être des exemples de sources de contamination diffuses.

6.2.2. Sources de contamination ponctuelles

À l'opposé d'une contamination diffuse, une contamination des eaux souterraines est dite « ponctuelle » lorsqu'elle présente une extension géographique limitée (MYRAND, 2008).

7. Maladies à transmission hydrique

D'après HASLAY et LECLERC, (1993), les maladies à transmission hydrique sont des infections dues à un agent infectieux (bactérie, virus, ou protozoaires) dont les plus anciennement connues sont la fièvre typhoïde, la dysenterie bacillaire et le choléra.

Les symptômes les plus répandus sont le plus souvent des diarrhées, définies cliniquement comme des émissions de selles trop fréquentes et trop abondantes, engendrées par de très nombreux microorganismes.

Le tableau I regroupe les principales maladies à transmission hydrique, les Agents pathogènes, leur source ainsi que les méthodes prophylactiques

Tableau I : principales maladies à transmission hydrique (BOUZIANI, 2006)

Maladies	Agents étiologiques	Sources des maladies	Méthode prophylactiques
Fièvre typhoïde	- <i>Salmonella enterica</i> –Typhi ou Paratyphi A, B, C.	-homme : malade ou porteur de germes -selles, mains sales -eaux usées	- déclaration - approvisionnement en eau de bonne qualité et eaux des puits et des sources. - vaccination non recommandée - isolement des patients
Syndrome diarrhéique aigu	-salmonelles, - shigelles, - <i>Campylobacter</i> , - <i>Yersinia</i> , - <i>Escherichia coli</i> -entéropathogène -rotavirus,, -amibes , -cytomégalo virus ou l'hépatite virale.,	-Aliments contaminé -Eau usée -Mains sales -Animaux domestique	-Approvisionnement en eau de bonne qualité et en permanence. -Hygiène des mains.
Choléra	- <i>Vibrio cholerae</i>	-Homme malade Ou porteur de germe -eau souillée Aliments contaminé	-Déclaration -Isolement des patients -Vaccin non recommandé -Approvisionnement en eau de bonne qualité, Assainissement, -hygiène des aliments
Hépatite A et E	-Virus d'Hépatite A (HAV) -Virus d'Hépatite E (HEV)	-Homme malade, porteur de virus -Eau souillée	-Déclaration -Eau potable assainissement - Hygiène d'aliment - Isolement des patients
Syndromes dysentériques	- <i>Shigelladysenteriae</i> - <i>Campylobacter</i> - <i>Salmonella typhi</i> - <i>Escherichia Coli</i> entéro-invasifs (ECEI) - <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> - <i>Yersinia enterocolitica</i>	-Homme malade -porteur de germe	-Hygiène générale -Hygiène alimentaire
Poliomyélite	-Poliovirus	-Homme malade ou porteur de virus	-Déclaration -Hygiène de l'eau -Vaccination VPO,IVP -Isolement des patients
Toxi-infections	- <i>Campylobacter</i> - <i>Clostridium perfringens</i> - <i>Staphylococcus aureus</i> - <i>Clostridium botulinum</i>	-Aliment souillés -mains sales	- Déclaration -Hygiène générale -Hygiène alimentaire -Hygiène professionnelle

8. Quelques critères de potabilité de l'eau

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, divisés en différents groupes (**ENCYCLOPÉDIE MÉDICALE, 1997**).

8.1. Paramètres organoleptiques : parmi lesquelles la couleur, turbidité, gout et l'odeur

8.2. Paramètres physiques : La conductivité électrique, potentiel d'hydrogène (pH), la température et chlore résiduel libre

8.3. Paramètres chimiques : Ce sont principalement Résidu sec, calcium, magnésium, sodium, sulfate, potassium, chlore, calcium, Bicarbonate et la dureté totale ou titre hydrométrique,

8.4. Paramètres de pollutions : nitrate, nitrite, phosphate, fer et l'ammonium

8.5. Paramètres bactériologiques :

✓ Coliformes

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*.

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporulés, Gram-négatifs, oxydase négatif, aérobies ou anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 heures à des températures comprises entre 35 et 37 °C (**RODIER et al., 2005**).

✓ Coliformes fécaux

Les « coliformes fécaux » correspondent aux coliformes qui présentent les mêmes propriétés des coliformes) après incubation à une température de 44°C (**RODIER et al 2009**).

De surcroît, si ces coliformes fécaux produisent de l'indole à partir d'une peptone riche en tryptophane ou du tryptophane à 44°C, ils sont fortement présomptifs d'*Escherichiacoli* (**DELARRAS et BENARD, 2003**).

✓ Streptocoques fécaux

Sous la dénomination générale de « Streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (**RODIER et al., 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négative et immobiles (**BOURGEOIS et MESCLE, 1996**).

9. Cadre physique de la zone d'étude

9.1. Situation géographique

La source captée de SIDI MAAMAR dite « Sabra » est située près de la mer méditerranée à environ 50 mètre, se trouve à l'ouest de GOURAYA à environ 5 km, et à l'est de LARHATE à environ 4km sur la route nationale N° 11 (fig.09) ; qui fait ainsi partie dans l'extrême ouest de la wilaya de Tipaza à 70 km.



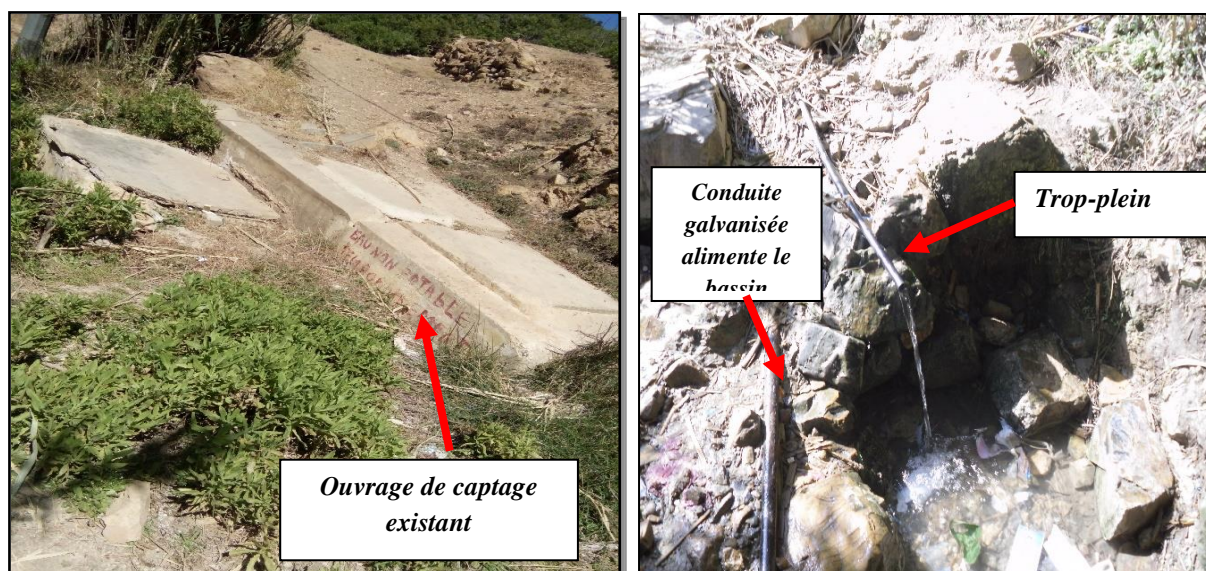
Fig.09. Localisation géographique de la source d'eau « SABRA »

9.2. Présentation de la source :

L'origine de l'eau qui alimente la source prend sa naissance de différents points dans les roches et le sol de la partie amont du bassin existant.

La source actuellement captée par un ancien ouvrage (**Figure.11.a**), avec une conduite ancienne galvanisée (**Figure.11.b**) alimente le nouveau bassin(**Figure.12**) réalisé et un trop-plein de l'ouvrage de la source qui se déverse à l'air libre. Leur débit varie entre 0,60 l/s pendant la période hivernale et de 0,20 l/s pendant la période d'étiage ;

Pour assurer la fonction de stockage des besoins de consommation du douar SIDI MAAMAR, la population de 871 habitants exprime un besoin max de 195,98 m³/j. Un réservoir d'eau de capacité 250m³ a été retenu, il assure une autonomie de plus 24 heures de consommation (**SHDD; 2015**).



a. Ancien bassin

b. Conduite galvanisée

Figure.11. Ouvrage de la source Sabra et sa conduite**Figure.12 :** Bassin de stockage de l'eau de la source « SABRA »

9.3. Synthèse climatique

9.3.1. Précipitation

Les données de précipitation de la zone d'étude nous ont été fournies pour la période de dix ans 2006-2015 par la SHDD, (2015)

L'histogramme des précipitations mensuelles révèle que le mois de février est le mois le plus arrosé, tandis que juillet est le mois le plus sec (**figure. 13**).

9.3.2. Température

La courbe des températures moyennes indique que le mois le plus froid est le mois de janvier par contre le mois d'août est le mois le plus chaud (**figure. 14**).

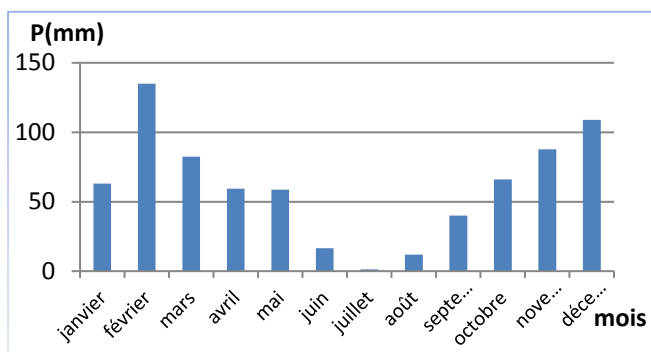


Fig. 13 : Précipitation mensuelles moyennes (SHDD,2015).

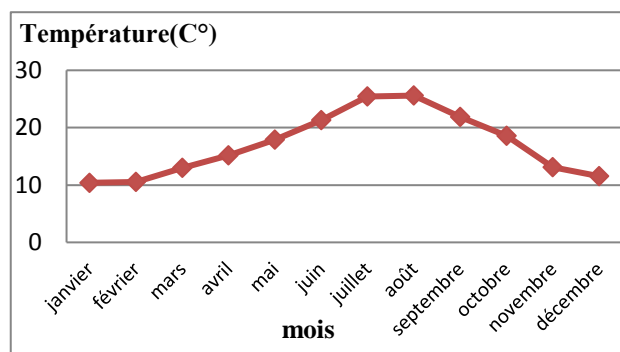


Fig. 14 : Variation des moyennes mensuelles de température (SHDD,2015).

9.3.3. Diagramme ombrothermique

Il est nécessaire de caractériser la période sèche relative à la région, pour cela nous avons dressé le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (figure.15).

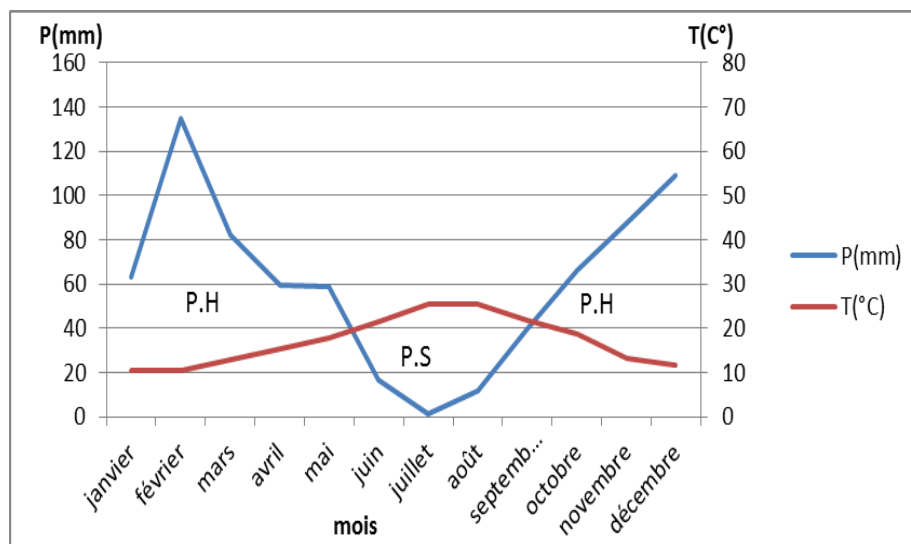


Figure .15.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson(SHDD).

Il s'avère que la période sèche (P.S) s'étale sur environ 4 mois, elle commence du début juin jusqu'à la fin septembre, la période humide (P.H) s'étale sur le reste des mois de l'année.

9.3.4. Etage bioclimatique

La détermination de l'étage bioclimatique est réalisée grâce au Climagramme d'Emberger et le quotient pluviométrique d'Emberger (Q₂) ainsi calculé :

$$Q_2 = \frac{2000 P}{(M-m)(M+m)}$$

Où :

P: précipitation annuelle en mm, P=572,7mm

M: température maximale du mois le plus chaud en (K°). M du mois de juillet M= 301,4

m: température minimale du mois le plus froid en (K°). m du mois de janvier m=283,8

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2)= 111,92

La zone d'étude s'insère dans l'étage bioclimatique subhumide, à variante hiver chaud (figure.16).

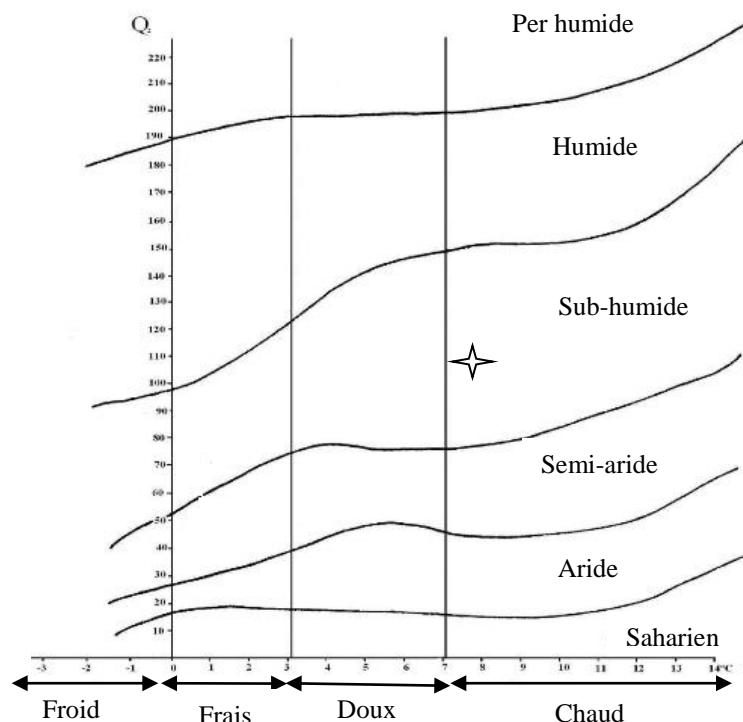


Figure.16 : Climagramme pluviométrique d'Emberger(SHDD, 2015).

9.3.5. Vents

Les vents les plus fréquentes sont ceux du nord- Est et les vents d'ouest. Les premières cités ont lieu surtout pendant la période estivale ; les seconds soufflent en hiver. Leur vitesse est généralement faible à modérée.

9.3. Géologie

Le sol de la zone est constitué dans sa plus grande majorité de sédiments d'origine marine et d'alluvions d'oued (SHDD, 2015).

9.4. Formation végétale

Nous avons observé diverses formations végétales près de la source dont nous citons : le pistachier, le laurier, le roseau, la camomille, le chardon, le pissenlit sauvage.

1. Résultats et discussion

Les analyses effectuées pour estimer la qualité de l'eau de source nous ont permis d'obtenir les résultats qui seront comparés aux normes nationales algériennes de la qualité des eaux de source (JORADP, 2006) et aux normes internationales (OMS, 2004).

1.1. Résultats et discussions des analyses physicochimiques :

1.1.1. Température

La variation de la température de l'eau est illustrée (Figure. 17) à partir des résultats obtenus

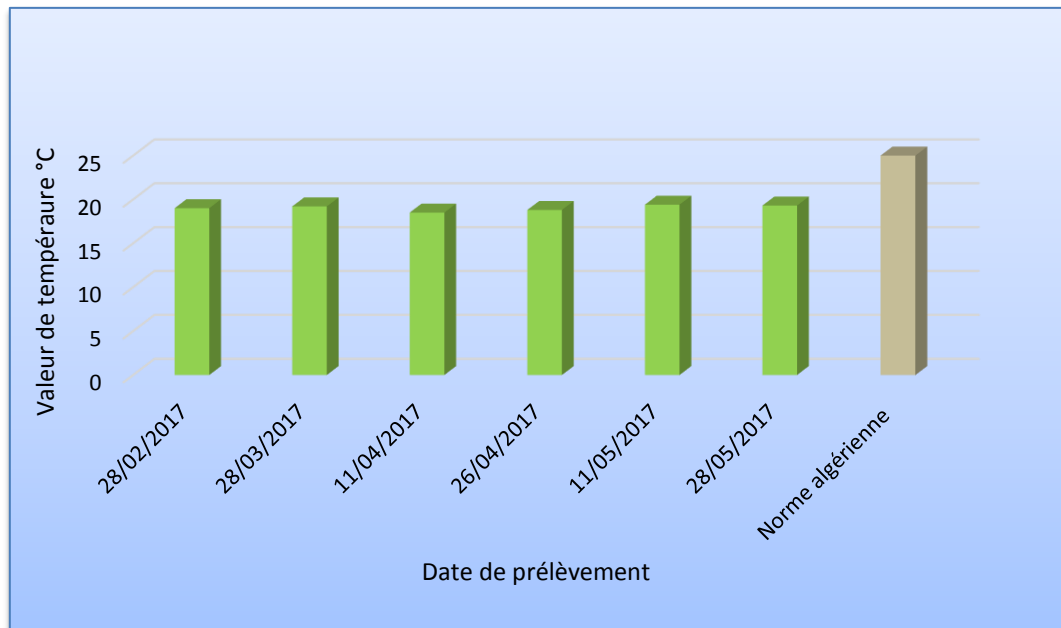


Figure .17. Variation temporelle de la température de l'eau de source « SABRA »

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les valeurs de températures moyennes enregistrées *in situ* pendant la période de prélèvement varient entre une valeur minimale de 18,5°C et une valeur maximale de 19,4°C. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne qui indique une valeur maximale de 25°C alors que l'OMS ne mentionne aucune référence quant à la température de l'eau potable.

En effet, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine. Cependant, une température élevée (supérieure à 20 °C) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (RODIER *et al*, 2009).

Il est reconnu que les variations de la température s'estompent au-delà de 3 mètres de profondeur et que la température des eaux souterraines est invariable au cours de l'année (PETIT *et* ERPICUM, 1987), ceci converge avec l'analyse des données recueillies, dans la zone d'étude, vu que les variations thermiques sont faibles et les valeurs obtenues sont presque constantes ce qui montre que la zone de l'aquifère est d'origine peu profonde.

1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats de la mesure du pH de l'eau sont représentés dans la (*Figure. 18*)

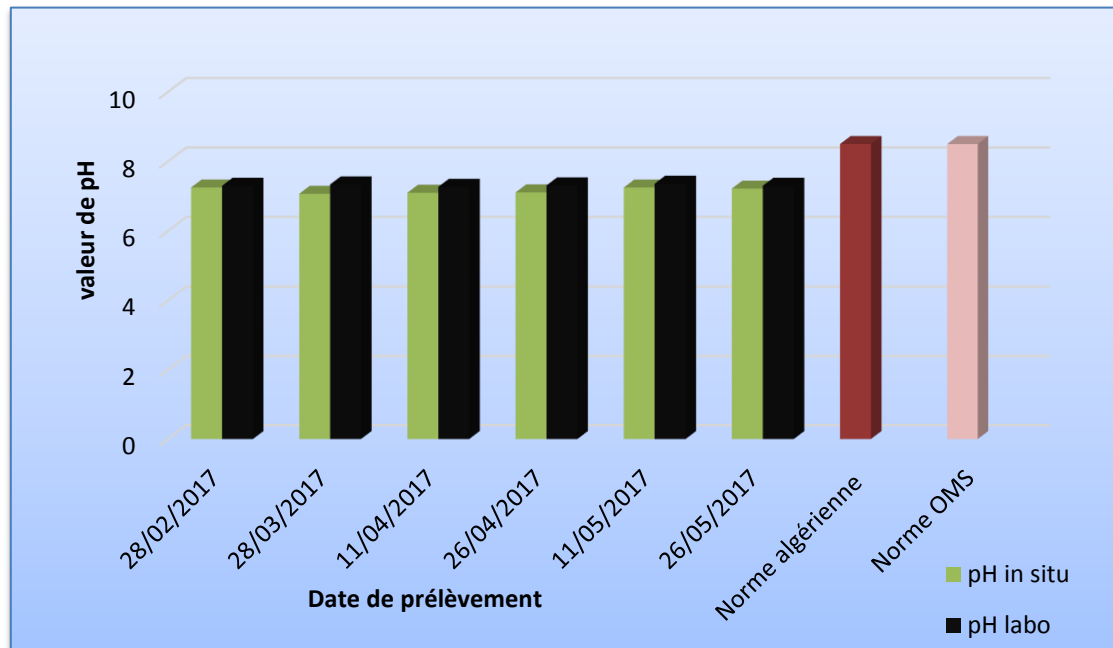


Figure.18. Variation temporelle de pH de l'eau de source « SABRA »

Les valeurs du pH(*Figure.18*) des eaux étudiées ne montrent pas une variation notable, elles se trouvent dans l'intervalle des normes algériennes(**JORADP,2006**) et **OMS (2004)** [$6,5 < \text{pH} < 8,5$] et ce durant toute la période de l'étude avec des valeurs allant de 7,07 à 7,25 *in situ* et 7,27 et 7,36 au niveau du laboratoire.

Le PH sert d'après **REJSEK (2002)**, à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique. ; le pH de l'ensemble des échantillons est neutre à légèrement alcalin.

Le pH est primordial à connaître, il permet indirectement l'évaluation de l'agressivité chimique des eaux (**GARTET et al ,2001**).

D'après **RODIER et al, (2009)**, les variations du pH sont dues à la nature très différente des roches que l'eau traverse.

L'OMS précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé peut entraîner des problèmes de goût et de consommation accrue de savon ; elle recommande un pH inférieur à 8 pour une bonne désinfection par le chlore(**RODIER et al, 2009**).

1.1.3. Conductivité électrique

La variation de la conductivité électrique de l'eau de notre source est illustrée dans la (Figure.19)

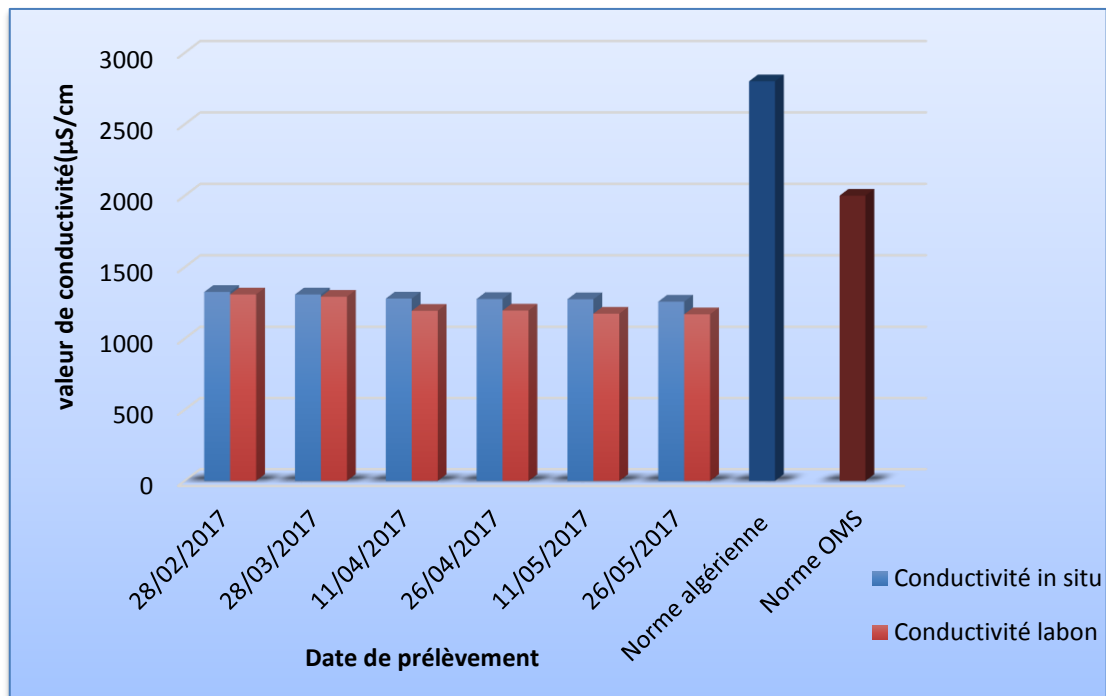


Figure.19. Variation temporelle de la conductivité électrique de l'eau de source « SABRA » Pour ce paramètre, les valeurs obtenues (*figure.19*) ne présentent pas des variations assez importantes, et oscillent entre 1258 et 1326 $\mu\text{S}/\text{cm}$ *in situ* et 1170 et 1309 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au laboratoire. Ces valeurs sont conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne de la qualité des eaux de source (JORADP, 2006) (2880 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ; aussi inférieures aux normes OMS (2004) indiquant une valeur maximale admissible de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces variations sont le résultat d'une dilution due aux apports des précipitations entre les périodes et au temps de séjour des eaux (HAMZA OUI et FELLAH, 2014).

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.

Les eaux de la source SABRA peuvent être classées selon RODIER et al, (2009) en fonction de leur conductivité en eaux très minéralisées. (Tableau III : Annexe II)

En effet, l'abus de consommation des eaux fortement minéralisées peut être dangereux pour la santé car la plupart de ces eaux ne sont pas destinées à la consommation permanente (ENGALENC, 2004).

1.1.4. Turbidité :

Les résultats de la turbidité de l'eau de notre source est illustrée dans la(**Figure.20**)

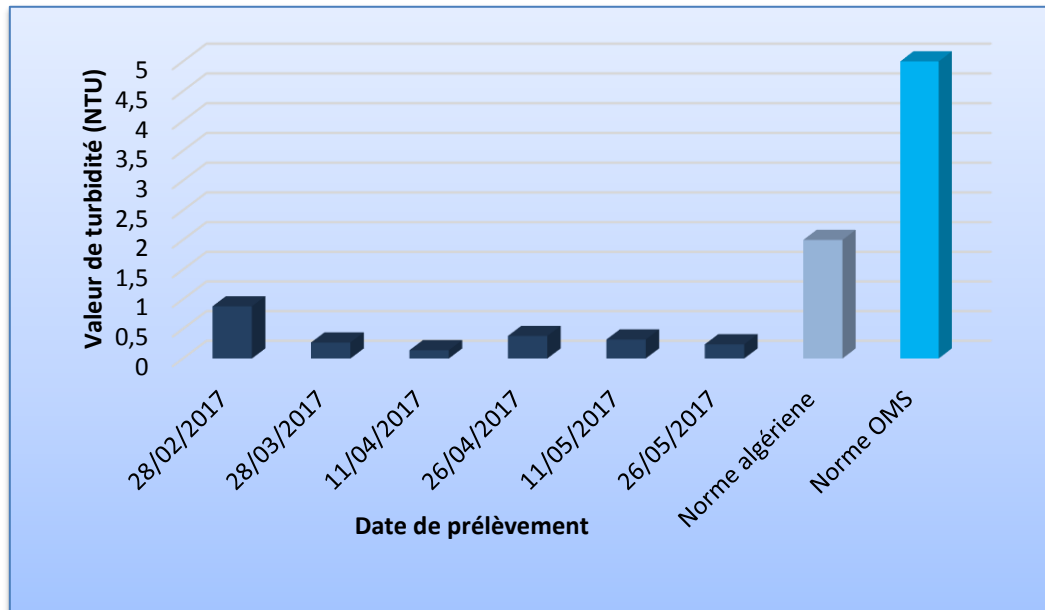


Figure.20. Variation temporelle de la turbidité de l'eau de source « SABRA »

Les valeurs de la turbidité des eaux de source étudiées (**figure.20**) varient entre une valeur minimale de 0,14(NTU)et une valeur maximale de 0,88(NTU). Ces valeurs sont faibles et restent conformes aux normes admissibles algériennes de la qualité des eaux de source(**JORADP,2006**) et celle de l'**OMS (2004)**.

La turbidité est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes et de plancton(**RODIER et al, 2009**).

En effet, les eaux souterraines qui subissent une filtration par le sol ont une turbidité faible donc la qualité de l'eau est d'autant plus bonne que sa turbidité est faible. (**REJSEK, 2002**).

L'**OMS** précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il conviendrait que la turbidité soit inférieure à 1 NTU. (**RODIER et al ,2009**)

1.1.5. Titre hydrotimétrique (TH)

La variation de la dureté totale de l'eau de source est représentée dans la (*Figure.21*)

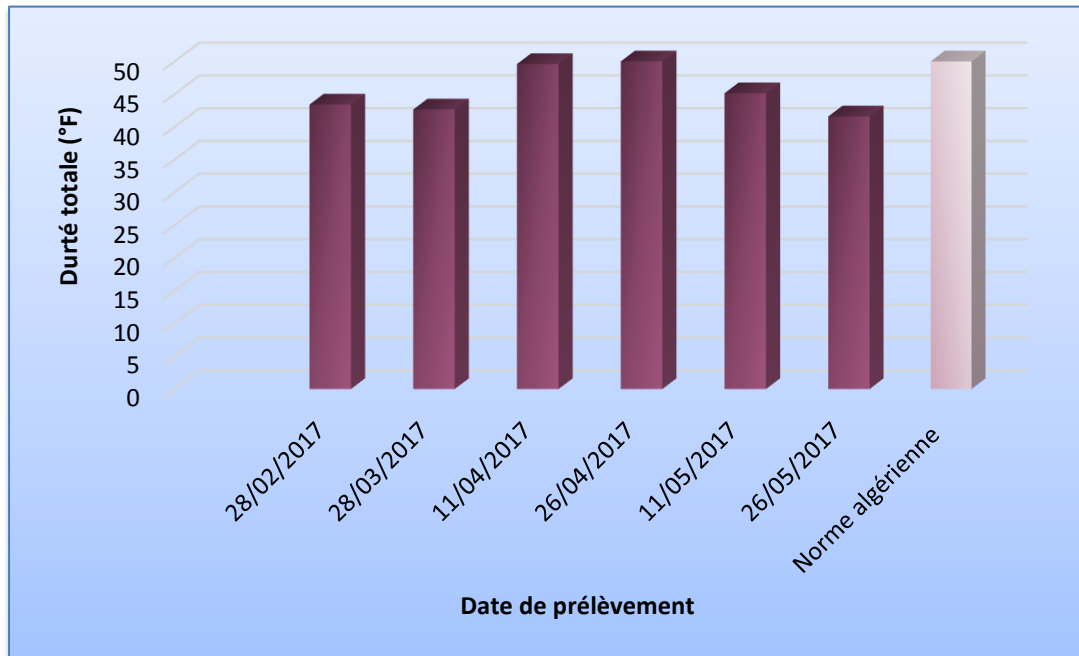


Figure.21. Variation temporelle de la dureté totale de l'eau de source « SABRA »

Les valeurs obtenues (*Figure21*) ne présentent pas des variations assez importantes. Elles oscillent entre une valeur minimale de 41°F et une valeur maximale de 50°F. Ces valeurs restent conformes aux normes algériennes de la qualité de l'eau de source.

Quant à l'OMS, elle ne recommande pas de valeur pour l'eau destinée à la consommation humaine mais indique qu'une dureté élevée peut provoquer la formation de dépôts tandis qu'une faible dureté peut engendrer des problèmes de corrosion (**RODIER et al 2009**).

Les eaux de la source SABRA peuvent être classées selon **BERNE et CORDONNIER (1991)** en fonction de leur dureté en eaux très dures (**Tableau IV : Annexe II**).

Ceci, serait lié à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

Les principales sources naturelles de la dureté de l'eau sont les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement. En général, les eaux dures proviennent de régions où la couche arable est épaisse et où les roches sont calcaires (**SAWYER et MCCARTY, 1967**).

1.1.6. Calcium

La variation du taux de calcium de l'eau de source est illustrée par la (*Figure 22*).

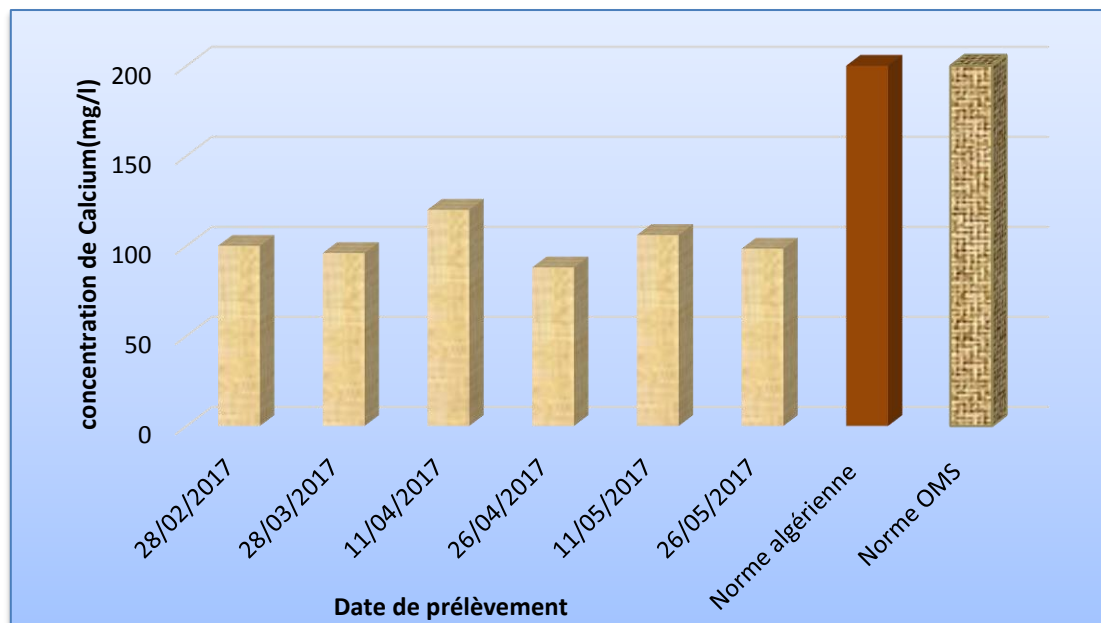


Figure.22. Variation temporelle de la concentration de calcium de l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en calcium enregistrées au niveau de source étudiée n'expriment pas des variations notables (*Figure.22*). Les teneurs varient entre une valeur minimale de 88(mg/L) et une valeur maximale de 100 (mg /L), ces valeurs sont situées dans l'intervalle des normes algériennes de la qualité des eaux de source(**JORADP,2006**) [75 à 200] mg/l, aussi inférieur aux normes **OMS(2004)**(200mg/l).

D'après **RODIER et al ,(2009)** Le calcium est un métal alcalinoterreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés.

En dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg/L de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

1.1.7. Magnésium

La variation du magnésium de l'eau de source est représentée dans la (Figure.23)

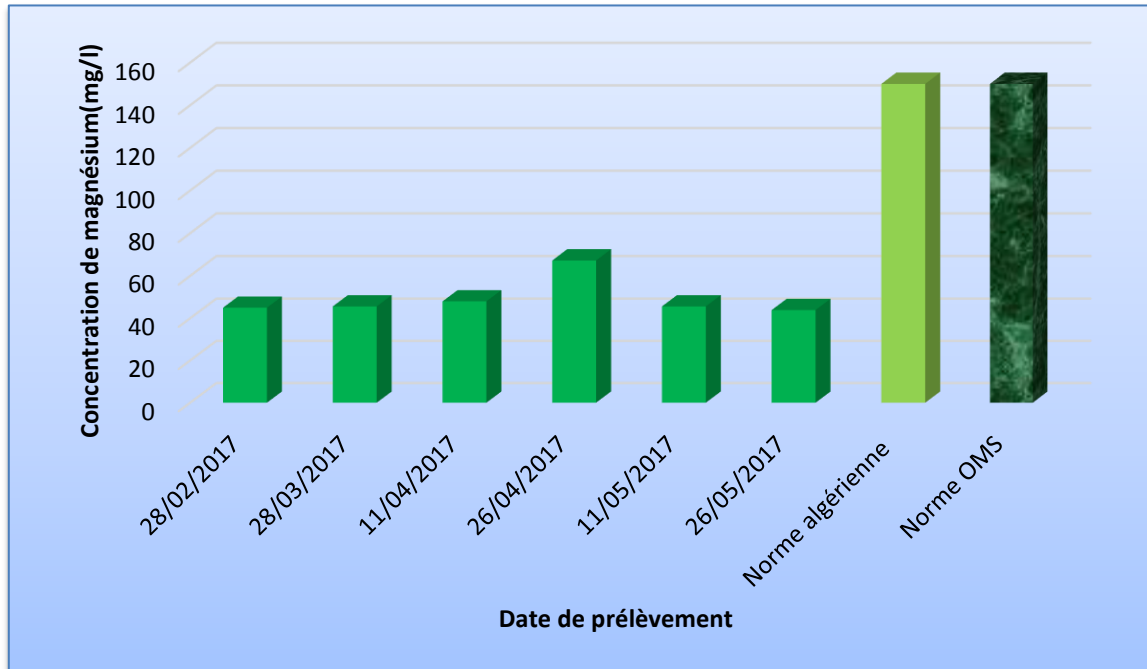


Figure.23. Variation temporelle de la concentration de magnésium de l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en magnésium enregistrées n'expriment pas des variations notables (Figure.23). La valeur minimale enregistrée est de 43,9 mg/l alors que la valeur maximale est de 67,2 mg/l ; ces valeurs sont en deçà des normes algériennes (JORADP, 2006) et celle de l'OMS (2004).

En effet, le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. De plus, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau dès que sa concentration dépasse 100 mg/l (RODIER et al, 2009). Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium. Il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule contre une rétention de sodium. Il constitue un élément activateur pour les systèmes enzymatiques (phosphatases, catalases, carboxylases), pour la synthèse des protéines et pour le métabolisme des lipides.

L'insuffisance magnésique entraîne des troubles neuromusculaires ; des manifestations cardiaques, lésions des coronaires avec troubles du rythme (RODIER et al, 2009).

1.1.8. Hydrogénocarbonates (Bicarbonates)

La variation du bicarbonate de l'eau de source est représentée dans la (Figure.24)

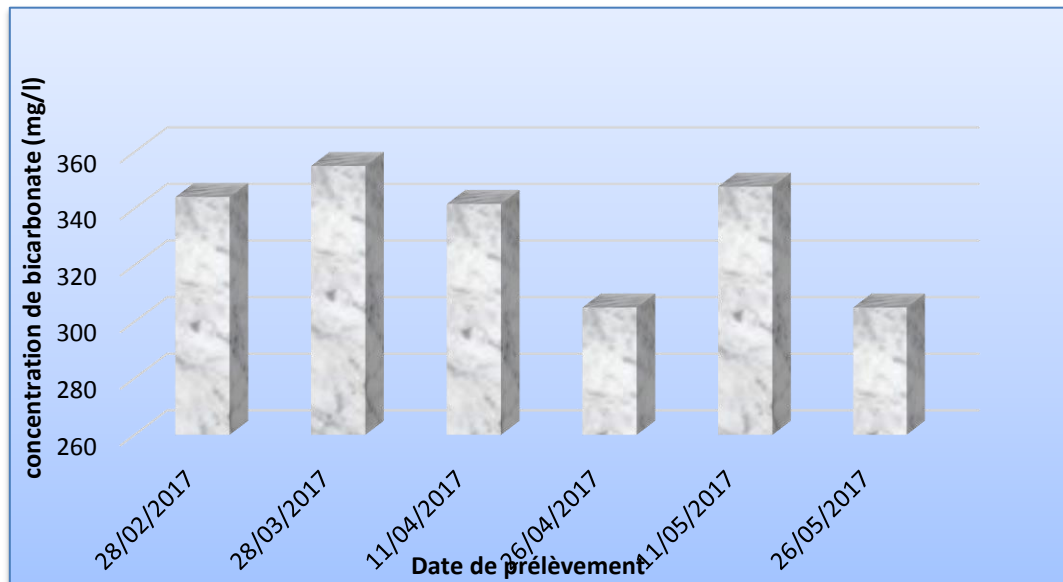


Figure.24. Variation temporelle de la concentration de bicarbonate de l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en bicarbonate enregistrées au niveau de la source étudiée (Figure.24) oscillent entre une valeur minimale de 305 mg/l et une valeur maximale de 347,5 mg/l. En effet Le (JORADP,2006) et l'OMS (2004) ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée (SARI ,2014).

La teneur en bicarbonates dans l'eau dépend essentiellement des terrains traversés (RODIER et al, 2005).

L'eau de la source « SABRA » à une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux ions considérés.

1.1.9. Titre alcalimétrique complet (TAC)

La variation du Titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau de source est représentée dans la(figure.25)

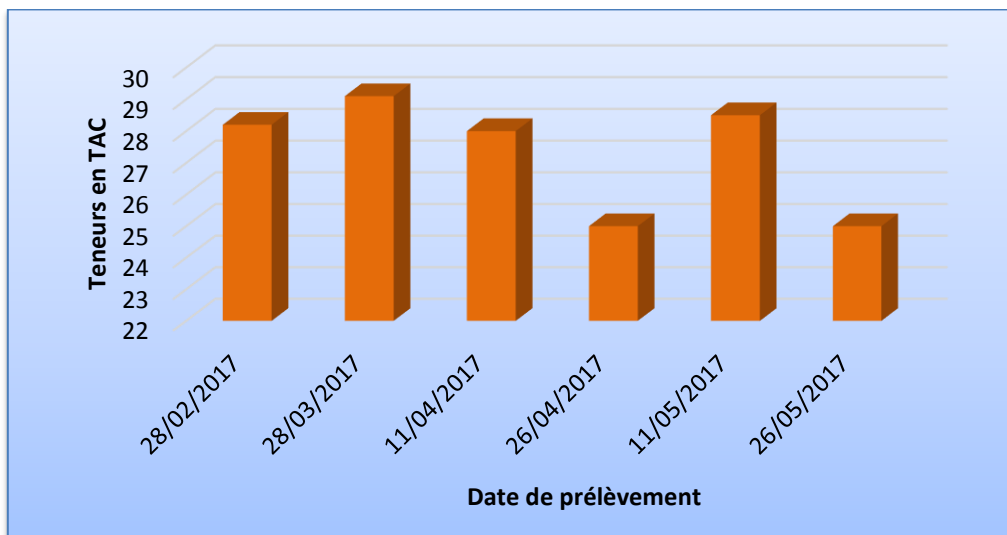


Figure.25. Variation temporelle de la TAC de l'eau de source « SABRA »

Le titre alcalimétrique complet (TAC) dans les échantillons d'eau est dû essentiellement à la présence des ions bicarbonates (HCO_3^-), les teneurs en TAC varient au cours de l'étude entre un minimum de 25(°F) et un maximum de 29,1(°F) (fig.24), sa variation suit la variation de bicarbonate. (NORME FRANÇAIS T90-036)

1.1.10. Chlorure

La variation du taux des chlorures de l'eau de source est représentée dans la(figure.26)

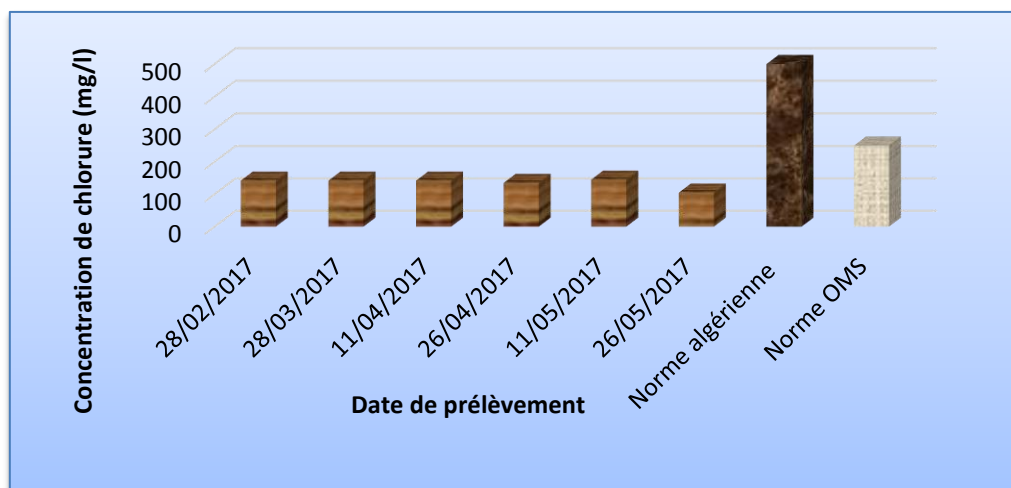


Figure.26. Variation temporelle de la concentration des chlorures de l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en chlorure enregistrées au niveau de source étudiée n'exprime pas des variations notables (**Figure.26**). Les teneurs varient entre une valeur minimale de 105mg/l et une valeur maximale de 145 mg/l, ces valeurs demeurent inférieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne (**JORADP, 2006**) de la qualité des eaux de source qui indiquent un intervalle de [200 à 500]. Il en de même pour les normes **OMS (2004)** de la potabilité des eaux qui recommandent une concentration en chlorures à 250 mg/l dans les eaux de consommation et ce pour des considérations gustatives et des risques de corrosion (**RODIER, 2009**).

Ce paramètre présent à l'état naturel dans les eaux souterraines en raison de l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution (**NECHAD et al, 2014**).

D'après **RODIER et al, (2009)** Les teneurs en chlorures de l'eau naturelle sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés, ils sont susceptibles de subir des variations provoquées : dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies ; dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées à des eaux usées ; en zone côtière par des infiltrations d'eau de mer dans les nappes, en particulier lors des pompages excessifs.

1.1.11. Sulfate

La variation des concentrations en sulfate de l'eau de source est représentée dans la(**Figure.27**)

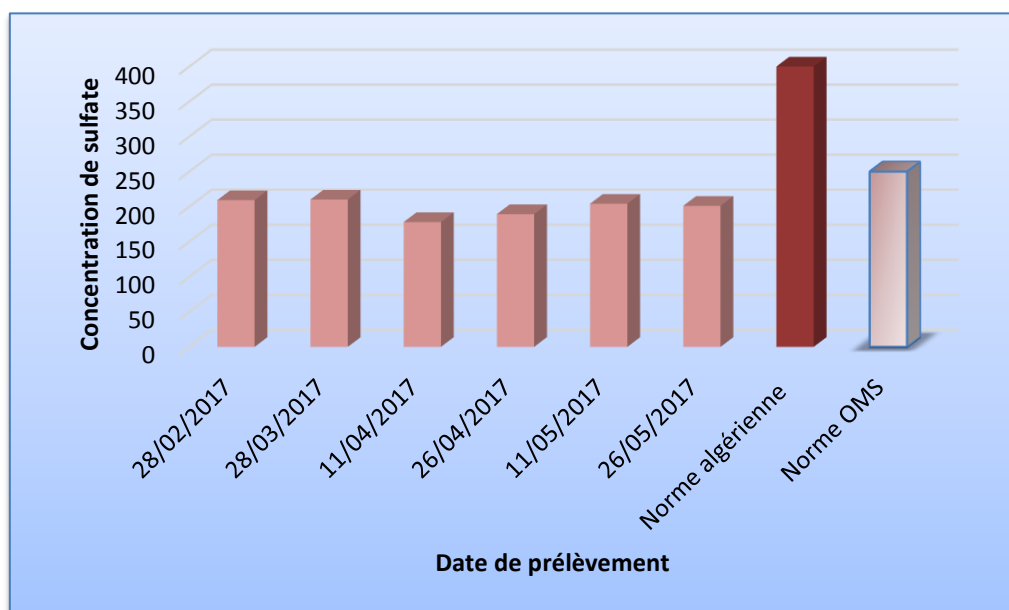


Figure.27. Variation temporelle de la concentration en sulfate dans l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en sulfate enregistrées au niveau de source étudiée n'expriment pas des variations notables (**figure.27**), Elles sont de l'ordre de 177,9mg/l pour la valeur minimale et de 210 mg/l pour la valeur maximale. Ces valeurs restent inférieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne(**JORADP,2006**) de la qualité des eaux de source qui déterminent une valeur maximale de 400 mg/l et celle aussi de l'OMS (**2004**) de la potabilité des eaux, qui recommandent une teneur inférieure à 250 mg/l dans les eaux de consommation. La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (**RODIER et al, 2009**).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion), l'OMS recommande comme valeur limite 250 mg/L(**RODIER et al, 2009**).

1.1.12. Chlore résiduel libre

La variation de la concentration en chlore libre de l'eau de source est représentée dans la(**Figure.28**)

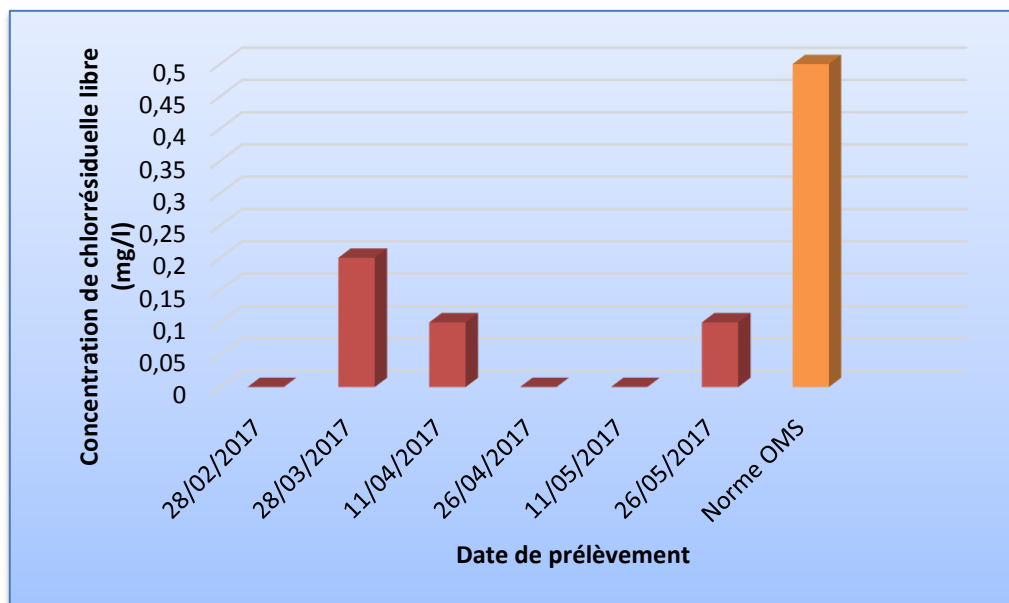


Figure.28. Variation temporelle de la concentration de chlore résiduelle libre de l'eau de source « SABRA »

Les concentrations en chlore résiduel libre enregistrées au niveau de la source étudiée varient entre une valeur minimale de 0g/l et une valeur maximale de 0,2 mg/l (**Figure.28**), ces valeurs sont inférieures aux normes d'OMS (**2004**) qui indiquent une valeur maximale de 0,5 mg/l,

cependant la réglementation algérienne ne mentionne aucune référence quant au chlore résiduel libre de la qualité de l'eau de source.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS recommande pour le chlore résiduel libre une valeur inférieure ou égale à 0,5 mg/l ; Toutefois, elle signale que des problèmes de goût et d'odeur peuvent se poser pour les consommateurs à des concentrations de 0,6 à 1 mg/l. (RODIER *et al*, 2009)

Bien que cet élément soit susceptible de paralyser des systèmes enzymatiques importants, en particulier la triosephosphodéshydrogénase nécessaire à l'oxydation du glucose, il n'a pas été signalé d'accident dû à la consommation d'eau chlorée et l'épidémiologie n'a pas mis en évidence que la chloration des eaux pouvait être dangereuse pour la santé. D'ailleurs le chlore résiduel libre disparaît très rapidement dans le tube digestif sous l'action de la salive et du liquide gastrique. Des observations font état d'anémies hémolytiques chez des sujets ayant été dialysés avec de l'eau contenant de 0,5 à 3,5 mg/l de chlore total (RODIER *et al*, 2009).

1.1.13. Nitrite

La variation des concentrations en nitrites dans l'eau de source est représentée dans la (Figure.29)

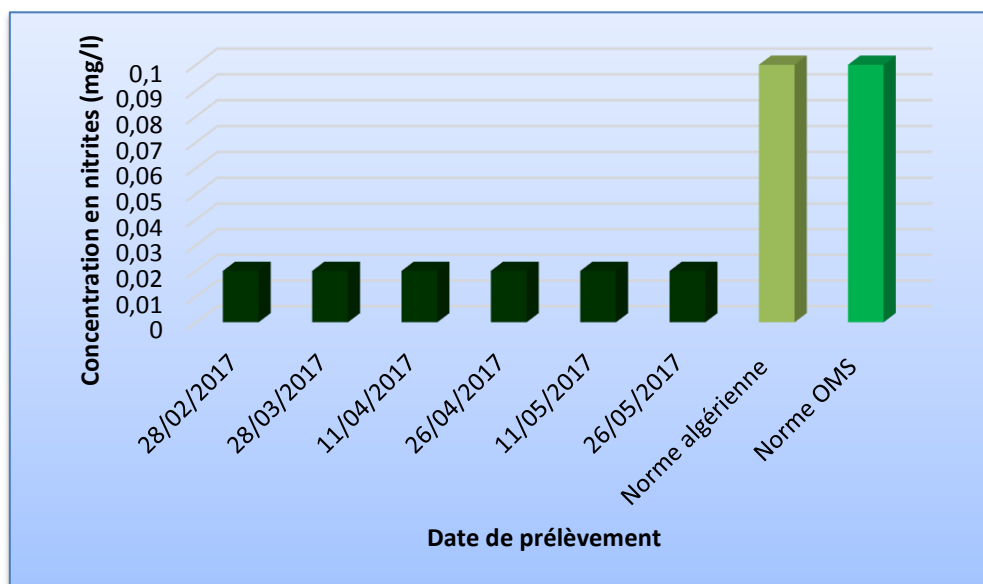


Figure.29. Variation temporelle de la concentration en nitrites dans l'eau de source « SABRA

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les valeurs de nitrites enregistrées au niveau de la source étudiée sont constantes et égales 0,02mg/l, Ces valeurs sont conformes aux normes algérienne (JORADP, 2006) et OMS (2004) qui indiquent une valeur maximale de 0,1 mg/l.

D'après RODIER *et al*, (2009) Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des

nitrites sous l'influence d'une action dénitrifiant ; sont aussi susceptibles de se former sous l'action de bactéries et à des températures élevées à partir des chloramines créées au cours de la désinfection par réaction sur l'ammoniaque.

La présence des nitrites en quantité importante témoigne d'une contamination récente résultant de l'infiltration des eaux usées et d'un déficit du milieu en oxygène (**EL HAMMOUMI et al,2012**).

D'après **RODIER et al, (2009)** ; En absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active ; les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0,01 mg/L). En dessous d'un centième, les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une autoépuration active, en présence de quelques dixièmes de mg/L la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/l.

1.1.14. Nitrates

La variation de la concentration en nitrates de l'eau de source est représentée dans la (**Figure.30**)

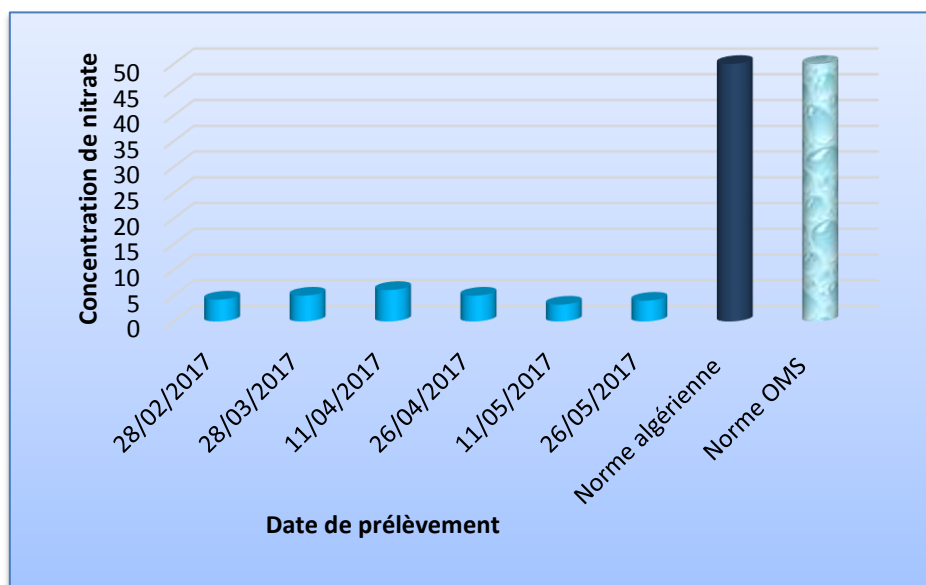


Figure.30. Variation temporelle de la concentration en nitrates de l'eau de source « **SABRA** »

Les concentrations en nitrates enregistrées au niveau de source étudiée ne montrent pas des variations notables (**Figure.30**), avec des teneurs qui varient entre une valeur minimale de 3,25 mg/l et une valeur maximale de 6,1 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes (**JORADP, 2006**) et l'OMS (**2004**) qui indiquent une valeur maximale de 50mg/l. D'après **RODIER et al, (2009)** ; Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux ; il peut varier de 1 à 15 mg/l, dans la pratique, il a été observé que 96 % des cas de méthémoglobinémie se sont produits lors de l'utilisation d'eaux contenant plus de 50 mg/l de nitrates.

1.1.15. Ortho phosphate

La variation des concentrations en orthophosphates dans l'eau de source est représentée dans la (Figure.31)

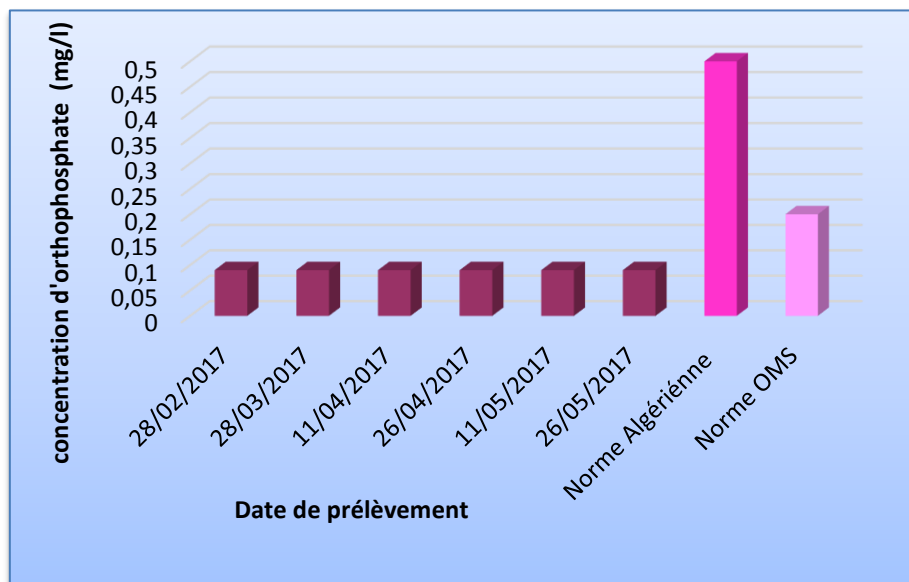


Figure.31. Variation temporelle de la concentration en orthophosphates de l'eau de source « SABRA »

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les valeurs d'orthophosphate enregistrées sont constantes et égales à 0,09mg/l ; Ces valeurs sont conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (**JORADP, 2006**) De la qualité des eaux de source qui indiquent une valeur maximale de 0,5mg/l, et celles de l'OMS (2004) qui recommandent une teneur inférieure à 0,2 mg/l dans les eaux de consommation.

D'après **RODIER et al, (2009)** Les orthophosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5 mg/L doivent constituer un indice de pollution.

Ce paramètre fait généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en orthophosphates peut indiquer une pollution agricole suite à une lixiviation des fertilisants (**NECHAD et al 2014**).

1.1.16. Ammonium

La variation de la concentration en ammonium de l'eau de source est représentée dans la (Figure.32)

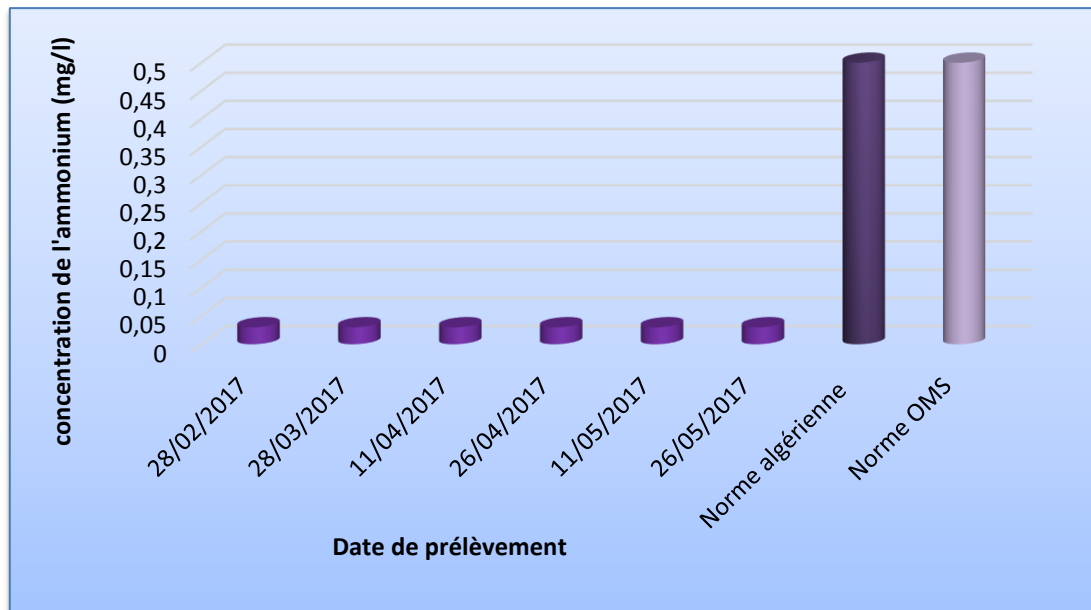


Figure.32. Variation temporelle de la concentration en ammonium dans l'eau de source « SABRA »

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les valeurs d'ammonium enregistrées sont constantes et égales à 0,05mg/l. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne (JORADP, 2006) et celle l'OMS (2004) qui indique une valeur maximale de 0,5mg/l.

D'après RODIER et al, (2009) Des eaux profondes peuvent également se charger en ammoniacale par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux.

1.1.16. Fer

La variation de la concentration en fer dans l'eau de source est représentée dans la(*Figure.33*)

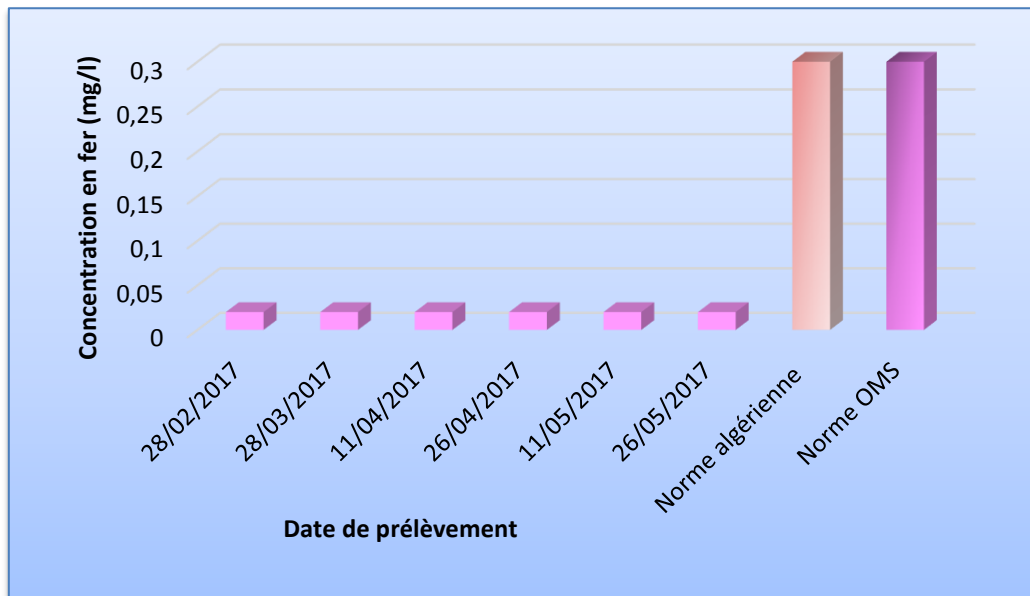


Figure.33. Variation temporelle de la concentration en fer de l'eau de source « SABRA »

D'après les résultats obtenus ; nous remarquons que les valeurs de fer enregistrées sont constantes et sont de l'ordre de 0,02mg/l, Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes (**JORADP, 2006**) et l'**OMS (2004)** qui indiquent une valeur maximale de 0,3mg/l.

D'après **RODIER et al, (2009)**, le fer se classe au 4^e rang des éléments de la croûte terrestre. Les eaux naturelles peuvent contenir quelques mg/l de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles ; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'amenées ou de l'emploi de sels de fer pour les traitements.

1.2. Résultats et discussions des analyses bactériologiques

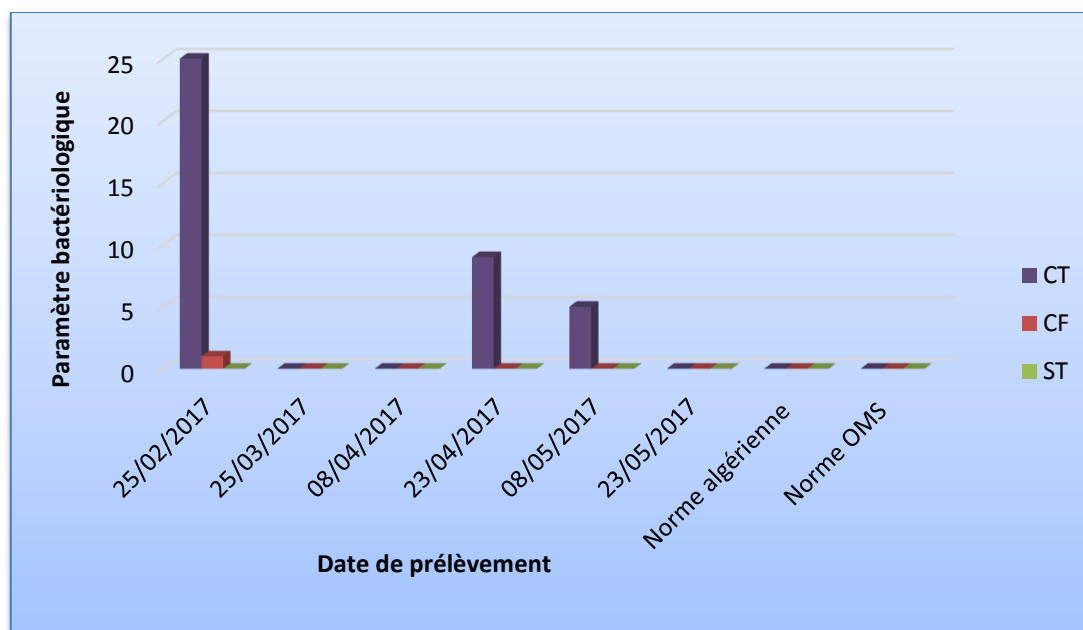


Figure.34. Représentation graphique des résultats de l'analyses bactériologique (CT/ CF/ST)

Concernant l'eau de la source « SABRA », les analyses bactériologiques ont permis d'en déduire les résultats suivants :

*Coliformes totaux

Concernant les coliformes totaux ; nous avons noté une présence respectivement au niveau de 1^{ère} et 4^{ème} et 5^{ème} prélèvement à raison de 25 ; 08 et 05 colonies /100 ml ; ces derniers dépassent les normes algériennes de la qualité des eaux de source (**JORADP,2006**) et celles de l'**OMS (2004)** qui recommandent une valeur maximale de 0 germe /100 ml d'eau.

*Coliforme fécaux

Nous constatons la présence de coliformes fécaux au niveau de 1^{ère} prélèvement à raison d'une colonie /100ml ; ces derniers dépassent les normes algériennes de la qualité des eaux de source (**JORADP,2006**) et de l'**OMS (2004)** qui recommandent une valeur maximale de 0 germes /100ml.

*Streptocoques fécaux

Nous avons remarqué une absence totale des streptocoques fécaux dans tous les échantillons prélevés, donc elle est conforme aux normes algériennes de la qualité des eaux de source (**JORADO,2006**) et de l'**OMS (2004)** qui indiquent une valeur maximale de 0 colonie/100 ml. En effet l'absence totale de tout type de microorganisme durant le 2^{ème} ; 3^{ème} et le 6^{ème} prélèvement peut être expliquée par la chloration

« Discussion générale »

1. Analyses physiques

Les résultats des analyses physiques entreprises lors de notre étude (Température ; pH ; conductivité électrique et turbidité) ne montrent pas des variations assez importantes quant à ces paramètres qui demeurent toujours conformes aux normes algériennes (**JORADP 2006** et **OMS (2004)**) :

- La température de l'eau pour l'ensemble des échantillons est comprise entre 15°C à 17,10°C ces variations thermiques sont faibles. Selon **PETIT et ERPICUM (1987)** cette zone de l'aquifère est d'origine peu profonde. Nos résultats obtenus pour ce paramètre sont très proches des résultats que ceux retrouvés par **SARI (2014)** au sein de la source « Attar » à Tlemcen 14°C à 16°C.
- Il en est de même pour les résultats du pH. Nos échantillons ont un pH compris entre 7,07 à 7,25 contre un intervalle de 7,08 à 7,25 pour la source « Attar » (**SARI, 2014**); Ce paramètre physique sert d'après **REJSEK (2002)**, à quantifier la concentration en ions H⁺ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique.
- Les valeurs de la conductivité électrique de notre source sont élevées variant entre 1170µm/cm à 1309 µm/cm contrairement aux valeurs obtenues par **SARI (2014)** au sein de la source « Attar » qui sont de 878µs/cm à 886µs/cm. Cependant l'ensemble de ces valeurs restent conformes aux normes algériennes (**JORADP, 2006**) et **OMS (2004)**. En effet, La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau (**RODIER et al ,2009**) et de ce fait les eaux de la source SABRA peuvent être classées en fonction de leur conductivité en eaux très minéralisées. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant ; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes. (**RODIER et al ,2009**)
- Les valeurs de turbidité de nos échantillons sont faibles est varient entre 0,14 NTU à 0,88 NTU tout comme ceux de la source Attar (**SARI, 2014**) présentant des résultats aussi faibles compris entre 0.42 à 0.65. En effet, les eaux souterraines qui subissent une filtration par le sol ont une turbidité faible donc la qualité de l'eau est d'autant plus bonne que sa turbidité est faible. (**REJSEK,2002**)

2. Analyses chimiques

Les résultats des paramètres chimiques obtenus au cours de notre étude sont dans l'ensemble conformes aux normes algériennes de la qualité des eaux de source **JORADP (2006)** et **OMS (2004)**. Ces résultats révèlent :

- Que l'eau de la source « SABRA » est très dure et les valeurs de la dureté totale qui varient entre 41°F et 50 °F sont aussi proches des résultats de l'analyse de la source « Attar » avec des valeurs comprises entre 43.6°F et 45.6 °F. La principale origine naturelle de la dureté de l'eau est les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement. En général, les eaux dures proviennent de régions où la couche arable est épaisse et où les roches sont calcaires. (**SAWYER et MCCARTY, 1967**).
- L'eau de la source « SABRA » à une teneur élevée en bicarbonates (305 mg/l à 347,5 mg/l) par rapport aux ions considérés. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée. Il en est de même pour la source « Attar » avec des valeurs comprises entre (409mg/l à 411mg /l).
- Il ressort également que notre source ne présente aucun signe de pollution par rapport au nitrate, nitrite, phosphate, ammonium, fer qui peut être expliqué par l'absence d'effluents agricoles et industriels au niveau de zone étudiée par contre contrairement à la source « Attar » (**SARI, 2014**) révélant des teneurs élevées en nitrate (68.2 et 74.8 mg/l) supérieure aux normes algériennes de la qualité des eaux de source (**JORADP, 2006**) et **OMS (2004)**.

3. Analyses bactériologiques

Concernant les analyses bactériologiques basées essentiellement sur la recherche des germes pathogènes « Streptocoques fécaux » et des germes de contamination « coliformes totaux et fécaux », la concentration de ces derniers dépasse les valeurs exigées par les normes algériennes de la qualité des eaux de source (**JORADP, 2006**) et celle de l'**OMS (2004)** qui recommandent une absence totale de colonies dans 100 ml d'eau.

La contamination par les coliformes totaux et fécaux dans certains échantillons provient sans doute de l'infiltration des eaux usées produites par les habitants résidant en amont de la source. Bien que cette source soit traitée par des galets de chlore, ce traitement demeure insuffisant et il n'est efficace que pendant une courte période à cause du renouvellement de l'eau. En effet l'absence de germes dans certains de nos prélèvements ne peut s'expliquer que par l'ajout de galets de chlore par les autorités durant cette période. Nos résultats sont différents de ceux de la source « Attar » qui ne mentionnent aucune contamination par les germes étudiés.

MATERIEL ET METHODES

Notre travail porte sur l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de source « Sabra » pendant la période allant du mois de février au mois de mai de l'année en cours.

*Les analyses physicochimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de la station de traitement SEAAL de Sidi Amer ;

* Les analyses bactériologiques ont été effectuées au sien du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Tipaza.

1. Matériel

Le matériel qui nous a servi pour réaliser notre travail est principalement l'eau de source « Sabra », la verrerie, les appareils, les réactifs et les milieux de culture (**ANNEXE I**).

2. Méthodes

2.1. Echantillonnage et mode de prélèvement

D'après **VILAGINES (2003)**, la valeur des résultats analytiques est directement liée à la qualité du prélèvement et de l'échantillonnage, c'est pour cette raison que les prélèvements doivent être effectués par un personnel spécialisé et qualifié.

Nous avons effectué six campagnes de prélèvement pour un total de six (06) prélèvements (**tableau II**) effectués au trop plein car il s'agit bien d'une source aménagée (**RODIER et al, 2009**).

2.1.1. Les prélèvements destinés aux analyses physicochimiques

Pour le prélèvement, nous avons utilisé une seule bouteille en P.E.L (poly Ethylène) de 1,5 L préalablement rincée 2 à 3 fois avec l'eau à analyser puis remplie et fermée hermétiquement.

2.1.2. Les prélèvements destinés aux analyses bactériologiques

Tous les échantillons destinés aux analyses bactériologiques sont prélevés aseptiquement (**tableau. II**). (Désinfection des mains à l'alcool et devant une flamme pour éviter les contaminations)

- ✓ Stériliser à l'aide d'un désinfectant (l'alcool) le bord du tuyau ;
- ✓ Laisser l'eau couler un moment pour s'assurer que l'échantillon ne subit pas d'effets résiduels désinfectants, Ensuite faire flamber rapidement le bord du flacon en verre stérilisé de 500 ml.
- ✓ Une fois rempli, le flacon doit être de nouveau flambé au niveau du goulot puis le refermer.

Tableau II : Date de prélèvement et volumes des échantillons destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques de la station « Sabra »

Analyses Physicochimiques		Analyses Bactériologiques	
Dates de prélèvement	Volume échantillonné	Dates de prélèvement	Volume échantillonné
28/02/2017	1,5 l	25/02/2017	500ml
28/03/2017	1,5 l	25/03/2017	500ml
11/04/2017	1,5 l	08/04/2017	500ml
26/04/2017	1,5 l	23/04/2017	500ml
11/05/2017	1,5 l	08/05/2017	500ml
26/05/2017	1,5 l	23/05/2017	500ml

2.1.3. Conservation et transport des échantillons

Une fois les bouteilles et les flacons remplis ; l'analyse doit être effectuée le plus vite possible en transportant les échantillons dans une glacière pour maintenir une température basse (4°C).

Chaque échantillon doit porter une étiquette sur laquelle sont inscrites toutes les indications nécessaires à l'identification du prélèvement : date et heure du prélèvement, l'origine de l'eau la température de l'eau et l'air ; le pH et la conductivité électrique. Les mesures sont faites à l'aide d'un appareil multi paramètre de marque « HACH ».

2.2. Méthode d'analyses physicochimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs (SARI, 2014).

Deux types de mesures ont été réalisés pour chaque prélèvement :

Les mesures *in situ (réalisées sur le terrain) : comprennent le pH, la conductivité et la température mesurés immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un multi-paramètre portatif.

***Les mesures au laboratoire** ; comprennent les Paramètres indicateurs d'une pollution organique et minérale (ammonium, fer, nitrite, nitrate et autres)

2.2.1. Méthodes d'analyses physiques : (Protocole SEAAL)

2.2.1.1. Détermination du pH (norme ISO 10523)

❖ Principe

La détermination de la valeur du pH est basée sur la mesure de la différence du potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide du pH-mètre relié à une électrode.

❖ Mode opératoire

- ✓ Transvaser environ 100 ml d'échantillon à analyser dans un bécher,
- ✓ Immerger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et attendre la stabilité de la valeur du pH ;

❖ Expression des résultats

La valeur du pH est affichée sur l'écran, ainsi que celle de la température (°C) de l'échantillon

2.2.1.2. Détermination de la conductivité électrique (norme ISO 7888)**❖ Principe**

La conductivité électrique découle de la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de la concentration, de la nature, de la température et la viscosité de la solution aqueuse.

❖ Mode opératoire

- ✓ Allumer le conductimètre
- ✓ Rincer plusieurs fois la sonde de conductivité avec de l'eau distillée
- ✓ Prolonger la sonde dans un bécher qui contient l'eau à analyser et attendre la stabilité de la valeur de la conductivité ;

❖ Expression des résultats

La valeur de la conductivité est affichée sur l'écran et elle est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

2.2.1.3. Détermination du Chlore résiduel libre (Norme ISO 7393/3)**❖ Principe**

Le chlore libre présent sous la forme d'acide hypochloreux, d'ion hypochlorite ou de chlore élémentaire dissous.

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

❖ Mode opératoire :

- ✓ Prendre deux tubes, l'un rempli d'eau distillée et l'autre par l'échantillon à analyser
- ✓ Rajouter l'indicateur DPD sous forme solide dans le tube qui contient l'eau à analyser, puis on agiter.
- ✓ Prendre les deux tubes et les mettre dans un comparateur portatif, puis faire défiler une série de filtres colorés jusqu'à égalité des colorations des deux côtés.

❖ Expression des résultats

La concentration de chlore libre est exprimée en mg/L d'eau à analyser.

2.2.1.4. Détermination de la turbidité (norme ISO 7072)**❖ Principe**

Son principe consiste en la mesure de la turbidité par néphélométrie en utilisant un turbidimètre optique sur une plage de mesure allant de 0 à 4000 NTU. Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes.

❖ Mode opératoire

- ✓ Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure) ;
- ✓ Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher
- ✓ Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère ;
- ✓ Fermer le capot de l'appareil et effectuer la lecture ;

❖ Expression des résultats

La valeur de la turbidité est affichée sur l'écran et elle est exprimée en NTU.

2.2.2. Méthode d'analyse chimique**2.2.2.1. Dosage par spectrophotomètre des ortho phosphate : méthode au molybdate d'ammonium (norme ISO 6878)****❖ Principe**

Les ions ortho phosphates réagissent avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate. Le complexe est réduit par l'acide ascorbique pour former un nouveau complexe de molybdène (fortement coloré en bleu).

❖ Mode opératoire

- ✓ Prélever 40ml de l'eau à analyser dans un bécher de 200ml ; auquel on ajoute :
 - *1ml d'acide ascorbique à 100 g/l.
 - *2ml de réactif mixte
- ✓ Agiter quelque seconde après un temps compris entre 10 et 30 minutes
- ✓ Si aucune couleur n'est apparue, cela indique une absence de phosphates (PO_4^{-3}) et le résultat serait 0,09mg/l.
- ✓ Si une coloration bleue est apparue, on effectue la mesure au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde de 880nm.

❖ Expression des résultats :

La concentration en ortho phosphate est affichée sur l'écran et elle est exprimée en mg/l.

2.2.2.2. Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (norme ISO 7150/1)

❖ Principe :

Son principe consiste en un mesurage du composé formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Les ions hypochlorites sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloro-isocyanurate de sodium. La réaction de la chloramine avec le salicylate de sodium se situe à pH 12,6 en présence de nitroprussiate de sodium, les chloramines présentes dans l'échantillon sont en conséquence déterminées quantitativement. Et le citrate de sodium est incorporé aux réactifs pour masquer l'inférence des cations, notamment le calcium et magnésium.

❖ Mode opératoire

- ✓ Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser puis on ajoute successivement
 - *4ml du réactif coloré
 - *4ml du réactif de dichloro-isocyanurate de sodium
- ✓ On laisse reposer au moins 60 minutes.
- ✓ Si aucune couleur n'est apparue, cela indique une absence d'ammonium et le résultat serait de 0,03 mg/l.
- ✓ Si une coloration verte est apparue, on effectue la mesure au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde de 655nm

❖ Expression des résultats

La concentration en ammonium est affichée sur l'écran et elle est exprimée en mg/l.

2.2.2.3. Dosage des nitrites : méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (norme ISO 6777)

❖ Principe

Son principe repose sur la réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2éthane (ajouter avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide).

❖ Mode opératoire

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 1ml du réactif coloré à l'aide d'une pipette
- ✓ Laisse reposer au moins 20 minutes

- ✓ Si aucune couleur n'est apparue, cela indique une absence de nitrites et le résultat serait de 0,02mg/l.
- ✓ Si une coloration rose est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde de 540 nm.

❖ **Expression des résultats**

La concentration en ammonium est affichée sur l'écran et elle exprimée en mg de nitrites par litre d'eau analysée.

2.2.2.4. Dosage spectrométrique des nitrates par la 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.

❖ **Mode opératoire**

- ✓ Introduire 10 ml d'échantillon à analyser dans une capsule de 60ml ; auquel sont rajoutés :
 - * 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de Sodium à 30%.
 - * 1ml de salicylate de sodium.
- ✓ Evaporer à l'étuve à 75-88°C. (Ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps) laisser refroidir.
- ✓ Reprendre le résidu par 2 ml de solution de l'acide sulfurique
- ✓ Attendre 10 minutes, et ajouter 15ml d'eau distillée puis 15ml de solution de tartrate double de Sodium et de Potassium. Une couleur jaune apparait ;
- ✓ Passer au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde 415nm.

❖ **Expressions des résultats :**

La concentration en ammonium est affichée sur l'écran et elle exprimée en mg de nitrates par litre d'eau analysée.

2.2.2.5. Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

❖ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum en présence de chlorure de baryum. $BaCl_2 + SO_4^{2-} \longrightarrow BaSO_4 + 2Cl^-$

❖ **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 20 ml d'eau à analyser ; auquel on rajoute :
 - * 5 ml de la solution stabilisante en agitant quelques secondes.
 - * 2 ml de chlorure de baryum 0,01N
- ✓ Compléter à 100ml d'eau distillée
- ✓ Laisser pendant 1 minute sous agitation mécanique rapide

- ✓ Effectuer la lecture à la spectrophotométrie d'absorption moléculaire à la longueur d'onde 420nm

❖ **Expression des résultats**

La concentration en sulfate est affichée sur l'écran et elle exprimée en mg de sulfate par litre d'eau analysée.

2.2.2.6. Dosage du fer par la méthode spectrométrique à la phénanthroline (norme ISO 6332)

❖ **Principe**

La solution de phénanthroline-1,10 est additionnée à une prise d'essai puis une mesure photométrique du complexe rouge –orange à une longueur d'onde de 510nm est effectuée ;

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ En mettant 100ml d'eau distillée dans un erlenmeyer de 200ml, auquel on rajoute :
 - * 1ml d'acide chlorhydrique à 10%
 - * 5 ml de peroxydisulfate de potassium 40mg/l
 - ✓ Placer l'échantillon à analyser sur la plaque chauffante à douce ébullition durant environ 40minute, en s'assurant que le volume ne descende pas en dessous de 20ml
 - ✓ Laisser refroidir puis on ajouter :
 - * 1ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine
 - * 1ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH 4,5
 - * 2ml de la solution phénanthroline
 - ✓ Mélanger soigneusement
 - ✓ Conserver le mélange pendant 15minutes à l'obscurité
 - ✓ Si aucune couleur n'est apparue, cela indique une absence de fer et le résultat serait de 0,02mg/l.
 - ✓ Si une coloration verte est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à la longueur d'onde de 510 nm
- ❖ **Expression des résultats :**
- La concentration en fer est affichée sur l'écran et elle exprimée en mg de fer par litre d'eau analysée.

2.2.2.7. Dosage des chlorures par titrage au nitrate d'argent avec du chromate de potassium comme indicateur (méthode de Mohr) ; (norme ISO9297)

❖ **Principe**

Réaction chlorures avec des ions argent pour former des chlorures d'argent insolubles qui précipitent. Ce précipité réagit avec l'indicateur de chromate de potassium pour former

du chromate d'argent, l'apparition de la coloration brun rouge (virage marque à la fin du titrage).

❖ Mode opératoire

*Préparation du témoin

- ✓ Mettre 100ml d'eau distillée dans un Erlenmeyer de 250ml, auquel on rajoute 1ml de l'indicateur de chromate de potassium
- ✓ Puis titrer par addition au goutte à goutte de nitrate d'argent avec une agitation magnétique lente jusqu'au virage de la couleur à un brun rougeâtre
- ✓ Noter à la fin le volume « VB » en ml de nitrate d'argent

*Préparation de l'eau à analyser

- ✓ Mettre 100ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250ml
- ✓ Ajouter 1ml d'indicateur de chromate de potassium
- ✓ Titrer par addition au goutte à goutte de nitrate d'argent avec une agitation lente jusqu'au virage de la couleur à un brun rougeâtre
- ✓ Noter à la fin le volume « VA » en ml du nitrate d'argent

❖ Calcule et expression des résultats

La concentration en chlorure (Cl^-) exprimée en mg /l est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = C_{\text{AgNO}_3} \cdot F \cdot (\text{VA} - \text{VB}) / V$$

- V : volume d'eau analysée (100ml)
- VA : volume d'AgNO₃ titrant pour l'eau analysée
- VB : volume d'AgNO₃ titrant pour l'eau distillée
- C_{AgNO₃} : concentration d'AgNO₃ (0,02mol/l)
- F = 35453(masse molaire du Cl⁻*1000, exprimé en mg/l)

2.2.2.8. Détermination de titre alcalimétrique (TA) ; titre alcalimétrique complet (TAC) ; carbonate (CO_3^{2-}) ; bicarbonate (HCO_3^-) par méthode titrimétrique à l'acide chlorhydrique (norme français T90-036)

❖ Principe

Consistes-en une détermination des concentrations en ions bicarbonate et carbonate par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener le pH de l'eau analysée à 8,3 et 4,5 ;

La première détermination pH=8,3 sert à calculer le titre alcalimétrique (TA) et le second pH=4,5 sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

❖ Mode opératoire

- ✓ Prendre 100ml de l'échantillon à analyser et mesurer son pH

- Si le pH est supérieur à 8,3 on verse lentement de l'acide chlorhydrique 0,01N, sous une agitation magnétique lente pour obtenir un pH de 8,3
- ✓ Noter le volume « V_1 » en (ml) d'acide chlorhydrique (HCl) lu sur la burette graduée
- ✓ Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique (HCl) jusque à obtenir un pH égal à 4,5. A ce moment noter le volume « V_2 » en ml d'acide chlorhydrique (HCl) lu sur la burette graduée
- Si le pH est inférieur à 8,3 verser lentement de l'acide chlorhydrique à 0,01N sous une agitation lente jusqu'à obtention d'un pH de 4,5. A ce moment noter le volume « V_2 » d'acide chlorhydrique lu sur burette graduée

❖ Calcul et expression des résultats

La concentration de carbonate (CO_3^{2-}) et bicarbonate (HCO_3^-) est exprimées en mg/l et Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) est exprimées en degré français (°f) sont donnés respectivement par la formule suivante :

$$[\text{CO}_3^{2-}] = (V_1 * N * 1000) * M_1 / V_0 \dots \text{mg/l}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = (V_2 * N * 1000) * M_2 / V_0 \dots \text{mg/l}$$

$$\text{TA} = V_1 * 10 \dots (\text{°F})$$

$$\text{TAC} = V_2 * 5 \dots (\text{°F})$$

- M_1 : est la masse molaire de carbonate (60g/mol)
- M_2 : est la masse molaire de bicarbonate (61g/mol)
- V_0 : est le volume en ml de la prise d'essai (100ml)
- V_1 : est le volume d'acide chlorhydrique lu sur la burette graduée pour amener le PH=8,3
- V_2 : est le volume d'acide chlorhydrique lu sur la burette graduée pour amener le PH=4,5
- N : est la normalité de la solution acide (0,01N)

2.2.2.9. Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à EDTA (norme ISO 6058)

❖ Principe

Consiste à un titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tétra acétique(EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le Murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium est utilisé comme un indicateur et le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage à

l'EDTA réagit d'abord avec les ions calciums libres, ensuite avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire de la couleur rose vers le violet.

❖ **Mode opératoire :**

***Préparation de l'échantillon**

- ✓ Prendre 5 ml d'eau à analyser et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée, afin noter le facteur de dilution « F »
- ✓ Ajouter 2ml de la solution d'hydroxyde 2N et une pincée de l'indicateur de murexide, bien mélanger pour obtenir une coloration ros.

***Titration de l'échantillon :**

- ✓ Titrer immédiatement en versant la solution d'EDTA au goutte à goutte avec une agitation magnétique lente jusqu'au virage au violet. A ce moment noter le volume d'EDTA « V₁ » en ml

❖ **Expressions des résultats :**

La concentration totale en ions calcium Ca⁺², exprimée au mg/l le plus proche, est donnée par la formule :

$$[\text{Ca}^{+2}] = (\text{C}_1 * \text{V}_1 * \text{A}) / \text{V}_0 * 1000 * \text{F} \quad \dots \text{ (mg/L)}$$

Avec :

- [Ca⁺²] : La teneur en calcium exprimé en mg/l ;
- C₁ : concentration de la solution EDTA (0.01 mol/L) ;
- V₀ : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai (50 ml) ;
- V₁ : est le volume, en millilitres de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage ;
- A : est la masse molaire du calcium (40.08 g/mol) ;
- F : facteur de dilution.

2.2.2.10. Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique à EDTA (norme ISO6059)

❖ **Principe**

Consiste à un Titrage par complexométrie du calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH10, Le noire eriochrome, qui forme un complexe rouge brun avec le calcium et le magnésium est utilisé comme un indicateur, lors du titrage à l'EDTA réagit d'abords avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions qui vire de la couleur rouge brune vers le bleu.

❖ **Mode opératoire*****Préparation de l'échantillon**

- ✓ Prendre 5 ml d'eau à analyser et ajuster à 50 ml avec l'eau distillée, afin noter le facteur de dilution « F »
- ✓ Ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et une pincée de l'indicateur, bien mélanger jusqu'à ce que la prise d'essai se colore en rouge brun.

***Titration de l'échantillon :**

- ✓ Titrer immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage au bleu. À ce moment noter le volume V_2 de l'acide EDTA

❖ **Expression des résultats :**

La dureté totale de l'eau ou Titre Hydrométrique (TH) est exprimée en °F, est donné par la formule :

$$\text{TH} = V_2 * 2 * F \dots\dots (\text{°F})$$

La concentration totale en ions magnésium, exprimée en mg/l, est donnée par la formule :

$$[\text{Mg}^{+2}] = (C_1 * (V_2 - V_1) * A) / V_0 * 1000 * F \dots\dots (\text{mg/L})$$

Avec :

- TH : dureté totale exprimé en °F ;
- Mg^{+2} : La teneur en magnésium exprimé en mg/l ;
- V_2 : est le volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour la détermination du TH ;
- V_1 : est le volume de l'EDTA (en ml), après dosage de l'échantillon pour la détermination du calcium selon le mode opératoire « Dosage du calcium par la méthode titrimétrique à l'EDTA » ;
- F : facteur de dilution ;
- A : est la masse molaire du magnésium (24.31 g/mol) ;
- V_0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai (50 ml) ;
- C_1 : concentration de la solution EDTA (0.01 mol/L).

2.3. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de rechercher et de dénombrer les germes des souches bactériennes dans l'eau.

La recherche et le dénombrement des Coliformes (fécaux et totaux) et des Streptocoques ont été effectués par la méthode de filtration sur membrane.

✓ Principe de la méthode (Norme NF EN ISO 9308 –1)

La filtration sur membrane consiste à dénombrer les bactéries présentes dans un volume d'eau en le faisant passer à travers une membrane filtrante stérile (pore 0,45µm), dont les pores du filtre ne laissent pas passer les bactéries.

2.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

L'analyse est effectuée selon les étapes suivantes :

- Allumer le bec bunsen pour créer une zone de stérilisation
- Flammer la surface supérieure de la rampe de filtration, la plaque poreuse, le fond et la surface intérieure de l'entonnoir.
- Prélever la membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile qui devrait être posée sur la plaque poreuse de la rampe de filtration
- Agiter soigneusement le flacon renfermant l'eau à analyser
- Verser stérilement 100ml d'eau à analyser
- Mettre en marche la pompe à vide pour vider l'eau
- Enlever l'entonnoir, prélever la membrane avec une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri contenant le milieu de culture (gélose lactosée au TTC et au tergitol 7) veillant à ce qu'aucune bulle d'air ne soit emprisonnée entre la membrane et le milieu
- Réaliser cette opération deux fois et incuber à 37°C pendant 24 heures une des deux boîtes de pétri, et l'autre à 44°C pendant 16 à 24 heures

❖ Lecture :

*La lecture des boîtes incubées à 37°C permet de reconnaître la présence des coliformes totaux par les caractéristiques suivantes :

- ✓ Une coloration jaune ou jaune orangées des colonies, résultat de l'absence de réduction du TTC par les coliformes.
- ✓ Un halo jaune dans le milieu, sous la membrane, autour des colonies correspondant à une fermentation du lactose par les coliformes.

*La lecture des boîtes incubées à 44°C permet de mettre en évidence les coliformes fécaux de la même façon que les boîtes incubées à 37°

❖ Calcul et expression des résultats :

On compte le nombre de colonies des coliformes totaux ou fécaux par volume d'eau analysée :

$$N=C$$

C : nombre de colonies caractéristiques dans la boîte gélose tergitol

N : nombre de coliformes totaux ou fécaux dans 100 ml d'eau analysée

2.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

- Allumer le bec Bunsen
- Flamber la surface supérieure de la rampe de filtration, la plaque poreuse, le fond et la surface intérieure de l'entonnoir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile qui devrait être posée sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon renfermant l'eau à analyser
- Verser stérilement 100ml d'eau à analyser
- Mettre en marche la pompe à vide pour vider l'eau
- Enlever l'entonnoir, Retirer le filtre et les disposer dans la boîte de Pétri contenant le milieu de culture « gélose Slanetz et Bartley» veillant à ce qu'aucune bulle d'air ne soit emprisonnée entre la membrane et le milieu
- Incubation : à (37°C) pendant (48) heures
- La lecture se fait en recherchant des colonies rouge brique ou roses

❖ Confirmation des résultats

- ✓ S'il ya apparition de colonies rouge brique ou roses ; on transfère la membrane sur le milieu gélose de BEA préchauffé pendant une heure à 44°C
- ✓ Incubation : se fait à 44°C pendant 2 heures et la lecture se fait en recherchant des colonies avec un halo noir

❖ Calcul et Expression des résultats :

On compte le nombre de colonies d'entérocoques par volume d'eau analysée

$$N=C$$

C : nombre de colonies dans la boîte BEA

N : nombre de streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau analysée

B

BERNE F. et CORDONNIER J. 1991. Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.

BOGMOLOV G. 1986.Hydrogéologie et notion de géologie d'ingénieur. Ed. La paix. Moscou.282p.

BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F. 1996. Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .P : 5- 6.

BOUZIANI M., 2006.L'eau dans tous ces états .Ed.DAR EL CHARB .Orans .260P

C

CUSTODIO, E., et LLAMAS, R. 2001. Hidrología subterránea. Tomo I. (Segunda ed.). Barcelona, España: Ediciones Omega, S. A

E

ELHAMMOUMI N, SINAN M, LEKHLIF B et EL MAHJOUB L. 2012. Evaluation de la qualité des eaux souterraines pour l'utilisation dans l'eau potable et l'agriculture : plaine de Tadla, Maroc, Afrique Science 221P

ENGALENC M. 2004.Eaux minérales : Quand le mieux est l'ennemie du bien .

G

GARTET A, GARTET J., GARCIA C.C. (2001). Hydrochimie des eaux , dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued Lbène, Papeles de géographia, 34, 146 -161

H

HAMZAOUI A et FELLAH M. 2014. Qualité de l'eau destinée à la production de lait IFKI Ben Badis (Sidi Bel Abbés). mémoire d'ingénieur. université abou bekr belkaid – tlemcen.59p.

HASLY C et LECLERC H .1993 .Microbiologie des eaux d'alimentation .Ed.Lavoisier .Paris .495P .

HAZZAB A. 2011. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie C.R Geoscience 343, 20–31

HUBERT P. et MARIN M. 2001. Quelle eau boirons-nous demain ? Ed. Fabienne Travers. P: 124.

J

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°27, (2006), Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées.27 Rabie El Aouel 1427, 26 avril 2006.

L

LANY M. 1995.L'eau de la nature et des hommes .Ed.Presse Universitaire de bordeaux.230P

LIMAS J. 1993.Hydrogéologie générale :Principe et application.Ed.Gaetan morin .2^{ème} édition .Québec.527P

M

MARGAT J. 1992. L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan. 196p.

MONIQUE T et BEAUDRY H. 1984. Chimie des eaux,1^{ère} édition. Québec. Griffon d'argile .537p.

MUSY A et HIGY C. 2004.Hydrologie : Une science de la nature. Ed. Press polytechnique et universitaire. Romandes. 314p.

MYRAND D .2008. Le captage des eaux souterraines pour des résidences isolées.Québec. 76p.

N

N

NECHAD I, ELHARCHLI E., FADIL F. (2014). Caractérisation physicochimique des eaux de la source Tataw à Imouzzer Marmoucha (Maroc), ScienceLib, Editions Mersenne., Vol. 6, n° 140103.

O

OMS. , (Organisation mondiale de santé)2004.Directive de qualité pour l'eau de boisson .3^{ème} édition , Volume 1.Genève .110P.

P

PETIT F et ERPICUM M. 1987. Variations des températures des eaux de sources et de leurs débit en fonction de leur mode d'alimentation, *Bull. Socio. Géo de liège*, n° XXII 22, 23ème année, 161-172.

R

REJSEK F. 2002. Analyse des eaux : aspects réglementaire et technique . Ed.Scrérén. Bordeaux .364p.

RODIER J., BAZIN C., BROUTON J-P., CHAMBOU P et CHAMPSEUR H. 2005. Analyse de l'eau. Ed. DUNOD. 8^{ème} Edition. Paris. 1383p.

RODIER J., LEGUBE B ., MERLET N et COLL. 2009. Analyses de l'eau. Ed. DUNOD. 9^{ème} édition. Paris. 1526p.

S

SARI H. 2014. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de source ATTAR (Tlemcen). Mémoire de Master . Université Belkaid , Tlemcen 56p.

SAWYER ,C.N. et MCCARTY P.L. 1967. Chemistry for sanitary engineers. 2^{ème} édition . McGraw-Hill Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Toronto

SHDD. 2015. Service Hydraulique de Daïra de Damous

V

VERMER J. 2001 . L'environnement. Edition. La lettre de cadre Territorial S, EPT. 86p.

VILAGINES R. 2003. Eau ,environnement et santé publique. Ed. Lavoisier. 2^{ème} édition. Paris. 198p.

Z

ZELLA L et SMADHI. 2006. L'eau : la gouvernance et l'éthique. Ed. Office des publications universitaires. Alger. 131p.